Agronomía

NUEVAS AGROBIOTECNOLOGIAS: DESAFIOS, TENDENCIAS Y CONSIDERACIONES INSTITUCIONALES PARA SU DESARROLLO Y COMERCIALIZACION EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE[A]

Enrique Alarcón[b] y Rodrigo Artunduaga[c]

1. INTRODUCCION

La producción de cultivos alimenticios en la Región de América Latina y el Caribe, ALC, ha crecido en promedio a un ritmo ligeramente superior al aumento de la población (cerca del 1% anual), aunque ello no ha ocurrido de manera igual para todas las regiones y esta por debajo de la tendencia mundial. Figura 1. Para mejorar esta situación, es necesario hacer esfuerzos significativos para transformar la agricultura tornándola mas competitiva, reduciendo los niveles de pobreza rural y conservando los recursos naturales. Así mismo, para lograr una mayor participación de la Región en el comercio mundial en términos de suplir volúmenes adecuados y también de comercializar alimentos de mejor calidad, más nutritivos e inocuos. En este ámbito, el cambio técnico agrícola, derivado de la investigación e innovaciones tecnológicas, se torna como variable estratégica de crecimiento y desarrollo agrícola (Ardila y Seixas, 2003).

Aprovechar los desafíos y afrontar los nuevos retos que brinda el nuevo entorno arriba señalados y otros, como el cambio en la percepción de calidad de productos por parte de los consumidores, la tendencia en demanda de los productos alimenticios y la transformación de la industria alimentaría, implica para lo países insertarse en la nueva revolución científica y tecnológica. Hay consenso en la comunidad científica mundial que la tecnología convencional por sí sola no permitirá que la producción de alimentos en cantidad y calidad sea aumentada para alimentar una población que casi se duplicará en los próximos 50 años. En este contexto se observa cada vez más que el desempeño agrícola y el comercio de alimentos está siendo cada vez más influenciado por el surgimiento de nuevos conocimientos, como es caso de las nuevas agrobiotecnologías.

Existe poca controversia acerca de las indudables ventajas de las nuevas biotecnologías en su aplicación a la salud humana, o para el diagnóstico y el uso de marcadores moleculares que permiten identificar genotipos con características

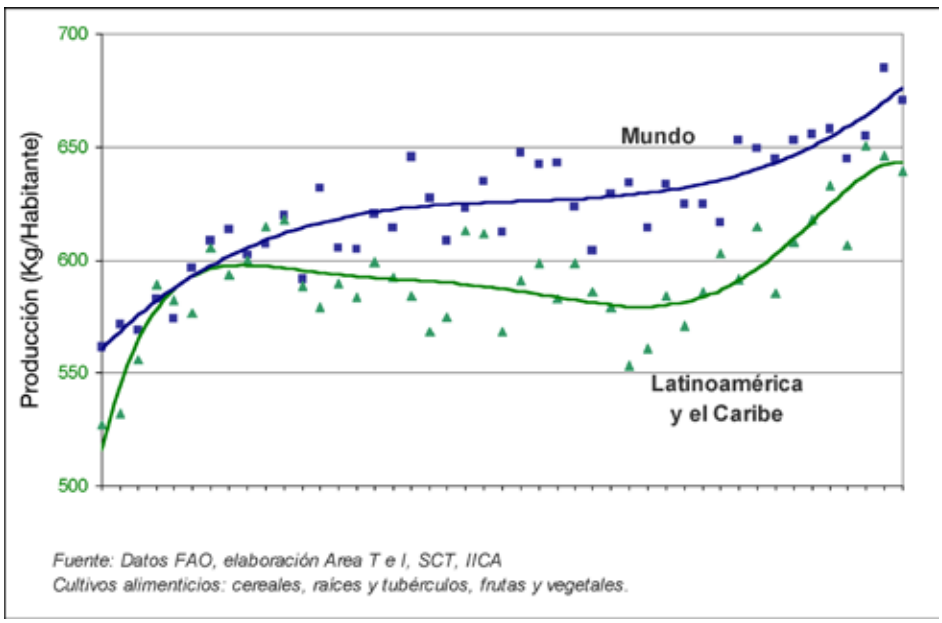


Figura 1. Producción de cultivos alimenticios per capita, 1961 al 2001.

deseadas para el mejoramiento genético. Sin embargo, en lo que respecta a su uso bajo técnicas ingeniería genética para el desarrollo y producción de organismos vivos modificados genéticamente, OVMs de uso agropecuario y para la alimentación se ha convertido en el centro de un intenso, y a veces emocional debate. Las biotecnologías contribuyen a mejorar la producción y productividad, caracterizar genéticamente especies menos conocidas, reducir la aplicación de agroquímicos contaminantes del ambiente, reducir costos de producción. También se encuentran varios ejemplos en los cuales las técnicas moleculares están ayudando a disminuir la diseminación de enfermedades a través de nuevas vacunas y recientemente se ha incorporado pro vitamina A, (beta caroteno) y hierro al arroz, como el denominado "dorado", lo cual puede mejorar la salud de muchas comunidades de bajos ingresos. Sin embargo, dichas técnicas también pueden originar productos con potenciales efectos adversos para la conservación de la diversidad genética, el ambiente y la salud humana.

En el campo pecuario, el avance en la aplicación de la biotecnología ha sido muy importante, como el caso de la tecnología transgénica en sus aplicaciones farmacéuticas para salud animal. El progreso en cuanto a la producción de animales transgénicos ha sido de menor proporción que para las plantas, por razones técnicas y económicas, entre otras. Las nuevas biotecnologías pueden acelerar el proceso de identificación de genes con efectos deseables sobre las características de crecimiento, producción y calidad de productos pecuarios. Además las técnicas moleculares están haciendo posible la utilización de pronúcleos de óvulos fertilizados y la la clonación de animales. así como permitir la identificación de paternidad en los animales. Otro avance muy importante se refiere a la aplicación de técnicas de "trazabilidad" de los productos, sobretodo los cárnicos, aspecto de gran impacto en el comercio. Por otra parte, la aplicación de la genética molecular asociada con la calidad de la leche, como es el caso de la caseína, esta teniendo impacto significativo en los precios de la leche en el mercado mundial.

Es importante destacar que con base a los avances científicos se aproxima una nueva generación de tecnologías con un enfoque diferente a la transgénesis en que se fundamentan los OVMs de actuales. Dichas tecnologías, están sustentadas en los conocimientos en torno a la caracterización y funcionamiento de los genes, de modo que se puedan activar o desactivar genes del mismo individuo o insertar genes de individuos muy relacionados taxonómicamente, que conduzcan a expresar características deseables desde el punto de vista del productor y el consumidor. Con el avance en el control de la expresión de los genes, principalmente las tecnologías de restricción genético de uso, como es el caso de aquellas a nivel de variedad o de características, "Gurts" (Genetic Use Restriction Technologies, por sus siglas en ingles) el manejo ético, equitativo y transparente de esta nueva era de tecnologías, con claros beneficios para los diferentes tipos de agricultura, será factor fundamental para su aplicación.

Este escrito cubre en forma resumida algunos aspectos del contexto agrícola en relación con las biotecnologías, las tendencias en el uso de las mismas en particular los OVMs, algunas consideraciones sobre el modelo institucional, incluyendo aspectos de bioseguridad y comercio. También se hacen algunas reflexiones sobre la gestión institucional de las nuevas agrobiotecnologías.

2. ASPECTOS RELEVANTES DEL CONTEXTO Y LAS BIOTECNOLOGIAS

En el ámbito de lo anotado es importante destacar cuatro aspectos, entre otros, relevantes al mejoramiento de la producción agrícola a través del impulso al cambio tecnológico usando las nuevas agrobiotecnologías.

El ***primer aspecto*** se relaciona con la importancia de modernizar la agricultura dado su impacto a su efecto en el crecimiento socioeconómico contribuyendo, en su concepción ampliada, con cerca del 25% del producto interno bruto, PIB total de la Región y su rol clave en la seguridad alimentaria. El aprovechar mas eficientemente la superficie agrícola, "romper" los techos de rendimientos de los cultivos actuales más tecnificados, controlar sus plagas, proveer mayor adaptabilidad de los mismos al estrés climático y biótico y mejorar su calidad nutricional son retos que se pueden afrontar más fácilmente si se utilizan las nuevas agrobiotecnologías en combinación con las convencionales. El ***segundo aspecto*** se refiere a que los impactos significativos en la producción y productividad de cultivos que se han desarrollado comercialmente mediante la aplicación de técnicas de ingeniería genética para la producción de OVMs se ha dado principalmente algunos cultivos y en gran medida para los sistemas productivos de los ecosistemas templados. El reto vigente está en términos intensificar los esfuerzos vigentes de la aplicación y beneficios de estas técnicas para los productos y condiciones socioeconómica de la agricultura de la franja tropical que concentra la mayor diversidad biológica del planeta y alberga los mayores niveles de pobreza rural. Pese a algunos trabajos existentes del sistema internacional de investigación y de algunos pocos países, el desarrollo y producción con base a nuevos genotipos de plantas y animales producidos por estas nuevas técnicas, que atiendan especificidades locales en estos ecosistemas y a la vez se conserve la diversidad genética existente, esta por materializarse de manera sistemática.

El ***tercer aspecto*** tiene que ver con el desarrollo de las nuevas agrobiotecnologías y su aplicación para aprovechar sosteniblemente los recursos genéticos de ALC – sede de cuatro de los 11 centros mundiales de origen y/o diversidad. Las nuevas técnicas traen consigo un inusitado aumento en el valor estratégico de los recursos genéticos pues permiten conocer mejor su verdadera diversidad y ampliar su utilización. El poder caracterizar mejor la riqueza de genes existente, como funcionan y lograr entender mejor su expresión, mediante los avances de la biotecnología, surge como una gran oportunidad. El ***cuarto aspecto*** es el abundante marco normativo internacional que incide en el desarrollo, uso y comercialización de las nuevas agrobiotecnologías. Se destacan el Protocolo de Cartagena sobre la Seguridad de la Biotecnología, PCB, en vigencia desde de Septiembre del 2003, en el ámbito del Convenio de la Diversidad Biológica, los acuerdos bajo la Organización Mundial del Comercio como el Acuerdo sobre los Derecho de Propiedad Intelectual Relacionados con el Comercio, ADPICS, Acuerdo sobre Medidas Sanitarias y Fitosanitarias; el acuerdo bajo la Convención Internacional para la Protección de Plantas, IPPC, y las guías bajo el Codex Alimentarius, y recientemente el Tratado Internacional de Recursos Fitogenéticos cuyo objetivo es la conservación y utilización sostenible de dichos recursos y la distribución equitativa de los beneficios derivados de su utilización en la agricultura y la seguridad alimentaria.

3. TENDENCIAS SOBRE EL DESARROLLO Y USO DE OVMS

La biotecnología en la Región ha experimentado avances importantes a nivel comercial, principalmente en el sector agrícola; sin embargo si se compara con otras regiones del mundo se puede apreciar que el desarrollo empresarial en biotecnología ha sido más lento y se inició a finales de los 80 con la aplicación de la biotecnología moderna. En los últimos años algunas empresas han desarrollado proteínas recombinantes, anticuerpos monoclonales y vacunas animales, comercializadas a nivel mundial. Sin embargo, la falta de políticas nacionales coherentes que apoyen la innovación, la transferencia de tecnología y la comercialización y algunas medidas regulatorias ha incidido en que la industria biotecnológica en la región no experimente un desarrollo sostenido. Las biotecnologías de "primera generación", son las de mayor aplicación en los países de la Región: micropropagación, uso de materiales generados en los países industrializados y biofertilizantes y bioplaguicidas. Estudios de CamBioTec en el 2002 identificaron 432 empresas biotecnológicas en la Región correspondientes a los sectores de la salud humana, salud animal, agricultura, alimentos y ambiental e industria en 14 países de la región.

En el caso de las nuevas agrobiotecnologías con base a la ingeniería genética se observa una situación cambiante en el mundo y en la Región. La comercialización de OVMs, no solo está incidiendo en la producción y productividad de algunos cultivos, sino que también está alterando las características de la misma oferta agrícola. El valor del comercio de estos cultivos pasó de US $75 millones a mediados de la década de los 90 a cerca de $4.700 millones en el 2004, representando además cerca del 15% del valor del comercio de cultivos y 16% del comercio mundial de semillas (Clives, 2004). La Región presenta una situación contrastante en términos de adopción y comercialización de OVMs de uso agrícola. Por una parte se observa una importante superficie de cultivos transgénicos, con cerca del 28% del total cultivado en el mundo y ocupando un segundo lugar después del conjunto de Estados Unidos y Canadá que representan el 65% de la superficie sembrada. De otra parte, son pocos los países que siembran comercialmente dichos cultivos. Actualmente solo se reportan siembras comerciales en Argentina, Brasil, México, Uruguay, Honduras, Colombia y Paraguay (Clives, 2004; Runge, 2004). El mayor productor es Argentina con cerca de 14 millones de hectáreas siendo la soya el cultivo predominante y en menor proporción el maíz y algodón.

En términos generales los cultivos transgénicos que se han sembrado comercialmente en la Región en los últimos cinco años, con diferencias anuales, han sido soya, algodón, maíz, claveles, papa y canola. Esencialmente se ha trabajado con cuatro características dominantes: tolerancia a herbicidas, resistencia a insectos, resistencia a virus y resistencia a hongos/bacterias. En otros países, bien se hace investigación y/o se multiplica semilla, a manera de siembra de "contraestación" para reexportarla sin que se utilice comercialmente dentro del país. Este es el caso por ejemplo de maíz en Chile o soya y algodón en Costa Rica.

Por otra parte, algunos países de ALC presentan un importante grado de desarrollo de la investigación en los procesos de ingeniería genética, transformación, desarrollo y prueba de materiales derivados de plantas transgénicas. Si bien los OVMs comercializados provienen de compañías privadas transnacionales de países desarrollados, en los países en desarrollo es la investigación pública la que empieza a mostrar avances en el campo de la ingeniería genética con base a ADN recombinante para aplicaciones en la agricultura. Dichos estudios en su mayoría no contemplan alianzas entre instituciones publico-privadas sino más bien entre instituciones públicas. Un estudio de distribución de eventos de transformación estable con base a técnicas de ADN recombinante realizado por IFPRI en 15 países del

mundo contabilizó un 40% de eventos bajo alianzas de un total de 201. (Cohen, 2005).

En la Región se observa importantes avances en investigación en agrobiotecnología en Brasil, Cuba, Argentina, México, Chile, Costa Rica, Puerto Rico, Colombia, Uruguay, Jamaica, Republica Dominicana, entre otros. Existen cerca de 700 laboratorios en ALC que trabajan en agrobiotecnologías en general, cerca de 2000 investigadores (Redbio/CATBIO, 2004) y número de ensayos de campo en cultivos transgénicos superior a los 800 para los últimos diez años siendo este numero cerca de un 20% del total mundial (Trigo, et al (2002). Dichos trabajos cubriendo cultivos como banano, café, tomate, papa, arroz, maíz, girasol, papaya, yuca, hortalizas, caña de azúcar, forestales, canola, arroz, camote, alfalfa, girasol, frutas, flores, tabaco, ayote, y algunas especies forestales, sorgo millo, entre otros. Existen además varios centros de investigación agrícolas de excelencia que están desarrollando trabajos muy avanzados en materia de las nuevas agrobiotecnologías en los países tales como Argentina, Brasil, Costa Rica, México, Cuba, Colombia, Chile, Jamaica, Republica Dominicana, Venezuela, Uruguay para citar algunos (CamBiotec, 2003). También la Región participa y se beneficia de los programas y proyectos que cubren la temática de biotecnología aplicada a especies agrícolas por parte de los Centros Internacionales del CGIAR con sede en la Región CIAT, CIMMYT, CIP, y Centres Regionales como el CATIE, entre otros.

Pese a lo anterior, el fenómeno de subinversión en ciencia y tecnología que se da en la Región también se refleja en el campo de las agrobiotecnologías. Si bien es difícil cuantificar las inversiones exactas en los países, lo datos que se reporta en algunos estudios para algunos países permiten inferir que las mismas son bajas. Un grueso estimado, integrando datos de diversas fuentes, y haciendo algunas hipótesis conllevaría a concluir que dicha inversión en investigación pública para la biotecnología agrícola en la Región no pasaría de US$ 30-40 millones anuales; o sea cerca del 5% de la inversión publica total en investigación. Esta situación amerita ser profundizada. Es decir la intensidad de la investigación agrobiotecnología en la Región es baja comparada con los países desarrollados. Estudio de ESA/FAO para algunos países en el mundo muestran intensidades de investigación muy bajas para los países en desarrollo en general. Por ejemplo, para los casos de Colombia y México dicha intensidad de inversión en investigación en agrobiotecnología está alrededor de 1,2 a 6,8% del total invertido en investigación agrícola en dichos países (Cohen et al, 2004). Por otro lado la inversión de la industria privada en los países en desarrollo es mínima comparada con los países desarrollados. Hay todo un desafío para ALC en asignar mayores recursos a estas actividades dado que la Región que invierte en promedio menos del 0,40% del PIB agrícola en investigación contrastando con las inversiones de países desarrollados que superan el 2,5%.

4. EL MODELO INSTITUCIONAL DE LAS NUEVAS AGROBIOTECNOLOGÍAS

El modelo institucional que caracteriza al desarrollo de las nuevas agrobiotecnologías, en este caso los OVMs comercializados presenta algunas diferencias en relación con aquel de las tecnologías convencionales. En esencia el desarrollo de las nuevas agrobiotecnologías se da bajo procesos de innovación tecnológica y privatización del conocimiento, vinculando la investigación con la industria y el mercado y además el modelo institucional es caracterizado por un complejo y exigente marco regulatorio.

Innovación tecnológica. Los conocimientos y productos de las tecnologías convencionales, como como las variedades de alto rendimiento producidas en el ámbito de la revolución verde se dieron bajo un modelo de cambio tecnológico sustentado en el proceso tradicional y lineal de generación y transferencia de tecnología. Tanto a nivel nacional como internacional los productos de la investigación se consideraron como bienes públicos nacionales o internacionales, respectivamente. Los Institutos Nacionales y los Centros Internacionales fueron la principal sino la única fuente tecnológica. En el caso de OVMs comercializados hasta el momento, si bien las bases fueron producto del trabajo científico y tecnológico de instituciones públicas principalmente universidades y centros de excelencia, a partir de la década de los 90 han sido producidos principalmente por el sector privado. Prácticamente dichos OVMs se han concentrado en cinco grandes firmas multinacionales y por lo tanto no son bienes del dominio público internacional. De hecho las nuevas biotecnologías, así como aquellas de la información y comunicación, son claros ejemplos de la tendencia mundial de privatización del conocimiento.

En esencia, el desarrollo de los OVMs puestos en el mercado se ha dado en el marco del nuevo paradigma para lograr el cambio técnico en la agricultura sustentado en la innovación tecnológica el cual surgió dentro del ámbito industrial, pero está siendo crecientemente aplicado en la agricultura. Bajo este paradigma las innovaciones no son únicamente el resultado de la investigación pública, sino que provienen de nuevas y variadas fuentes y alianzas entre actores institucionales publico privados con una visión de cadena agroindustrial, y bajo la premisa de que la innovación realmente ocurre cuando el conocimiento es llevado al mercado.

Desarrollo industrial. En gran parte derivado de lo anterior, el desarrollo y comercialización de los cultivos de OVMs en algunos aspectos tiene rasgos del desarrollo

de productos de la industria farmacéutica, aunque también grandes diferencias con ella. Al igual que los fármacos, en los que el paciente quiere saber sobre su forma de uso, composición, efectos y contraindicaciones, en el caso de los OVMs el consumidor y la sociedad en general esta empezando a interesarse por tener mayor información de las características, riesgos, inocuidad y efecto en la salud, entre otros aspectos. Por otra parte, el desarrollo de estos productos, desde la misma investigación, pasando por las pruebas de laboratorio, campo y validación es muy costoso para los escasos presupuestos públicos. Igualmente, la propiedad intelectual de los componentes de la construcción genética y del proceso de obtención del OVM, se rige principalmente por patentes en los países que los desarrollan y además, se protegen en varios países. Esto contrasta con las obtenciones vegetales convencionales en las cuales los derechos de propiedad se dan bajo un sistema *sui generis* como el caso de los derechos de obtentores vegetales, DOV, como el caso de la UPOV. Este sistema no parece ser suficientemente fuerte, a juicio de las compañías, para la protección del producto transgénico final ni de los componentes utilizados en los procesos de ingeniería y transformación porque se argumenta que su alcance es menos amplio. Por ejemplo, la protección específica de los nuevos genes introducidos en una variedad transformada, no se aseguraría necesariamente bajo los DOV" si además dicha variedad fuese usada para otro proceso de mejoramiento genético conducente a generar un nuevo material.

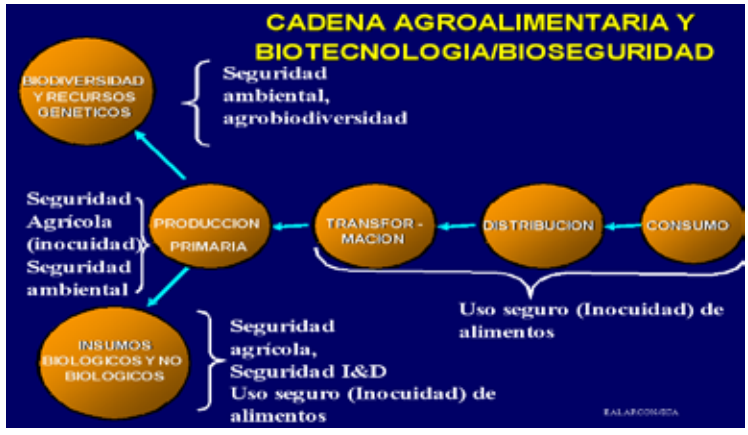


Figura 2. Bioseguridad a lo largo de la cadena agroindsutrial

Proceso regulatorio. Los productos de la investigación agrícola utilizando técnicas convencionales de mejoramiento genético se rigen por exigencias regulatorias más simples y menos costosas, en contraste con aquellos derivados de la ingeniería genética como son los OVMs por su novedad y naturaleza biológica. Entre dichos procesos están los correspondientes a la bioseguridad en sus distintas dimensiones y los de propiedad intelectual, que inclusive tienen una dimensión regulatoria propia en el ámbito de la OMC bajo los ADPICS, como ya se menciono. La bioseguridad alcanza todos los eslabones de la cadena agroalimentaria desde la base de la producción como son los recursos naturales, y en este caso la diversidad genética existente, pasando por la producción primaria, luego los procesos de procesamiento y transformación de productos, hasta llegar al consumidor de los propios alimentos. La Figura 2 muestra el alcance de la bioseguridad tanto en la producción primaria como en sus encadenamientos hacia atrás con los recursos naturales y la industria de insumos y hacia adelante con la industria y el consumo.

En materia de bioseguridad las regulaciones prevén análisis de riesgo del producto sobre los impactos posibles en la propia agricultura, el ambiente, la diversidad genética y en la salud humana. Para efectos de la investigación con OVMs, la misma debe ser autorizada por parte de las autoridades nacionales competentes en bioseguridad. Posteriormente, para la liberación y luego el lanzamiento formal comercial de un OVM también se requiere, además de los requisitos tradicionales, la evaluación de riesgo y obtención de permisos para su comercialización. También bajo el PCB se exige la identificación de los mismos. El cuadro 1 muestra una comparación entre los procesos regulatorios requeridos para un material obtenido por técnicas de mejoramiento convencional con aquellos a base de OVMs. Se postula que el proceso de regulatorio para lanzar un nuevo material transgénico podría costar de US$ 0,1 a 0,8 millones por evento por año, dependiendo del país. . (Atanassov, et al, 2004) Esto aspectos están por determinarse en el campo animal. No todas las instituciones de ALC pueden afrontar tales costos

CUADRO 1
Gestión regulatoria de los productos de OVMs

4. BIOSEGURIDAD Y EL COMERCIO

La implementación del PCB, del cual 20 países de la Región son parte, requiere un conjunto de condiciones institucionales y técnicas de los países signatarios del mismo, para que puedan garantizar la seguridad de la biotecnología dentro de su jurisdicción nacional y evitar posibles efectos adversos del transporte transfronterizo de los productos desarrollados por las nuevas biotecnologías sobre la conservación y utilización sostenible de diversidad biológica, el ambiente y teniendo en cuanta los riesgos para la salud humana.

El PCB, sin dudas en un paso muy importante que se dio a nivel global para regular los movimientos transfronterizos de OVM y proteger la biodiversidad. Como todo acuerdo global, elaborado por consenso, tiene aspectos no del todo esclarecidos y necesarios de precisar para efectos de su implementación. Los países de la Región muestran diferente grado de avance en términos del establecimiento de regulaciones nacionales para los productos derivados de las nuevas agrobiotecnologías. Un estudio del IICA indicó que el 23% de los países tenía legislaciones específicas sobre bioseguridad para OVMs, un 40% tenían regulaciones contenidas en otras leyes, por ejemplo de sanidad vegetal o de semillas y un 37% no tenía regulaciones (Alarcón, 2002) . En los últimos dos años a través de esfuerzos nacionales, el apoyo de proyectos financiados por el GEF y de la cooperación internacional, los países han avanzado en materia regulatoria como parte de la implementación del PCB.

Si bien todo el PCB es de interés desde la perspectiva del comercio, para efectos de este escrito, se destacan en particular los Artículos 18 y 24. El 18 se refiere a la manipulación, transporte, envasado e identificación de OVMs. En su numeral 18 (2a) se cubren los aspectos referidos a OVMs para consumo directo humano y animal o para procesamiento y las medidas requeridas para la documentación que acompaña a dichos OVMs objeto de movimientos transfronterizos. El Artículo 24 del PCB establece la relación comercial entre Partes y Estados No Parte. Se establece que la relación comercial para OVM entre los países que han ratificado el PCB y los que no lo han hecho, deben hacerse de manera compatible con el objetivo del PCB, "mediante acuerdos bilaterales regionales y multilaterales con los Estados que no son Partes en relación con esos movimientos transfronterizos".

En esencia bajo el marco jurídico del PCB las partes pueden decidir si aceptan o no el ingreso de "commodities" y productos derivados que puedan contener OVM's, comunicando su decisión a la comunidad internacional por medio de un mecanismo de intercambio de información vía internet. La situación se torna compleja para avanzar en los acuerdos sobre la implementación del PCB porque hay países partes y no partes en los desarrollados y también entre aquellos en desarrollo. El asunto no es solo cuestión de puntos de vista norte- sur, como algunos lo ven, sino también sur-sur. Una realidad es clara, por lo menos para dos commodities, maíz y soya, y es que los países ratificantes (partes) del PCB exportan bajas proporciones de estos cultivos mientras que los no ratificantes son los mayores exportadores y caso similar ocurre con las importaciones (Cuadro 2). Es entonces de entender que haya preocupaciones sobre las incidencias que pueda traer la implementación del PCB entre países partes y no partes. Para evitar posibles impases en el comercio algunos países han desarrollado medidas temporales como el Acuerdo trilateral firmado entre Canadá, México y Estados Unidos en el marco de las estipulaciones del artículo 18. 2.a del PCB para el movimiento transfronterizos de "commodities" que contienen o pueden contener OVM. El impacto de este acuerdo y las experiencias que se deriven de su implementación serán importantes de analizar. Así mismo, derivado de la Reunión de las partes del PBC de Malasia en el 2004 se formaron grupos de expertos para analizar aspectos específicos de la implementación del PCB y dar recomendaciones técnicas para alimentar las discusiones y decisiones de la próxima Conferencia de Canadá a mediados del 2005.

CUADRO 2
Importaciones de Maíz y Soya entre países ratificantes y no Ratificantes del PCB Américas

PRODUCION MUNDIAL (2004) Y COMERCIO (1997 -2002) DE MAIZ Y SOYA ENTRE PARTES Y NO PARTES DEL PCB DE LAS AMERICAS PROMEDIO PORCENTUAL ANUAL

	Participación producción Mundial (%)	Exportaciones (%)	Importaciones (%)
Maiz			
Ratificantes	31	1.1	66
No Ratificantes	69	98.8	33
Soya			
Ratificantes	32	31	82
No ratificantes	68	69	18

Fuente FAOSTAT. Datos elaborados por las Unidades de Políticas y Negociaciones Comerciales y Tecnología e Innovación del IICA: Oswaldo Segura y Enrique Alarcón con la colaboración de Eduardo Rojas.

En síntesis, corresponderá a los países relacionados comercialmente acotar los procedimientos para llevar a cabo sus transacciones en concordancia con los propósitos del PCB y a la vez contemplando los acuerdos bajo la OMC, en particular el AMSF y el Código de Obstáculos Técnicos al Comercio. El análisis de estos acuerdos es esencial para establecer en la mejor forma

la compatibilidad entre medidas según los acuerdos en función de impedir o restringir la entrada al país de un OVM, o por el contrario autorizar el mismo. Como señala Cabrera (2004), la contradicción o complementariedad entre las normas y la jurisprudencia que se aplique con base a las medidas a adoptarse, de modo que se prohíba la entrada y uso de los OVMs en un país está por determinarse, sobre todo si se llegase a aplicar el principio precautorio siendo este un tema de potencial conflicto.

Otro aspecto que merece especial atención en el proceso de toma de decisiones para instrumentar el PCB se refiere a las implicaciones presupuestales de los procesos de regulación. De una parte hay que prever presupuestos adecuados para la instalar y operar las actividades regulatorias y de otra, valorar los impactos de la aplicación de las medidas, no solo para la investigación como se señaló, sino para la comercialización de los OVMs. Existen algunos estudios de costos respecto a la detección de OVM en cargamentos en los puntos de exportación los cuales varían según el grado de especificidad de la detección del OVM y si se requiere también dicha detección en el punto de importación. (Kalitzandonakes, 2004). Es importante intensificar los análisis de costos y evaluación de impacto socioeconómico, integrando esfuerzos técnicos entre partes y no partes del PCB, a fin de proveer bases para la toma de decisiones. En ello es muy importante tomar en consideración quien absorbe los incrementos de costos en la cadena agroalimentaria y sobre el posible impacto que pudiera haber en un futuro sobre los precios de los alimentos.

5. ALGUNAS REFLEXIONES DE TIPO INSTITUCIONAL

Las oportunidades que ofrecen las nuevas agrobiotecnologías, al ser usadas en combinación con las tecnologías convencionales, así como prever un uso seguro de las mismas implican intensificar esfuerzos institucionales a nivel nacional y hemisférico en varios aspectos, entre los cuales se destacan los siguientes:

a. Disponer de políticas explícitas, según necesidades, análisis de impacto y equipos humanos para análisis prospectivos sobre el papel de la biotecnología en el desarrollo y el seguimiento e impacto de los acuerdos internacionales;
b. Mejorar los procesos de identificación y gestión de prioridades para aprovechar mejor los escasos recursos y lograr resultados con alto impacto en un marco de equidad;
c. Caminar hacia procesos centrados en innovación, creando las condiciones para el fomento de emprendimientos público-privados nacionales y regionales vinculando la investigación con el mercado;
d. Superar las debilidades de la institucionalidad de investigación y de regulación desarrollando capacidades institucionales para el desarrollo y uso de las agrobiotecnologías;
e. Implementar un ambiente regulatorio racional que brinde confianza a los diferentes grupos de interés, promueva el avance científico-tecnológico evaluando el impacto de las medidas;
f. Procurar la armonización de políticas y regulaciones entre países en los aspectos relacionados con las agrobiotecnologías y bioseguridad;
g. Revertir la subinversión en ciencia y tecnología en la mayoría de países y la Región incidiendo en el desarrollo de las agrobiotecnologías;
h. Crear las condiciones propicias para el desarrollo de los agronegocios y la agroindustria que incluyendo la pequeña agricultura para un mejor aprovechamiento de las agrobiotecnologías;
i. Intensificar los esfuerzos de cooperación técnica entre países aprovechando los mecanismos regionales existentes y propiciando el desarrollo una estrategia hemisférica permita integrar visiones y esfuerzos en las Américas en un contexto de competitividad global.

REFERENCIAS

1. Alarcón, E y R. Artunduaga. 2000. Algunas consideraciones para la gestión institucional sobre las nuevas biotecnologías: El caso de las plantas transgénicas en ALC. IICA. ISBN 92-9039-456-0. 19 p.
2. Alarcón, E. 2002. Panorama general de las regulaciones en bioseguridad en las Américas. IICA. Dirección de Tecnología e innovación. Documento s.p. 16 p.
3. Ardila, J. y M. Seixas, 2003. La Agricultura de América Latina y el Caribe, sus desafíos y Oportunidades desde la Optica Tecnológica. En. Memorias III Reunión Internacional de FORAGRO: Agricultura y Desarrollo Tecnológico: Hacia la Integración de las Américas. Ed: E. Alarcón y H. González. ISBN 92-9039-568-0. p.47-61.
4. Artunduaga, R y E. Alarcón. 2000. El Impacto de las Nuevas Biotecnologías en el Desarrollo Sostenible de la Agricultura de América Latina y el Caribe: El caso de Plantas Transgénicas. IICA. 2000. Serie de Documentos Técnicos. ISBN 92 9039 455. 254 p.
5. Atanassov, et al. 2004. To reach the poor. Results from the ISNAR-IFPRI Study on Genetically Modified Crops, Public Research and Policy Implications. EPTD Discussion paper 116. IFPRI. 63 p.
6. Cabrera, J 2004. Las Reglas de la OMC, el Principio Preacautorio y los Transgénicos. Notas y Comunicación personal. 5 p.
7. CamBiotec. 2003. La Biotecnología en América Latina: Panorama al año 2002. Editor: J Verastegui. ISBN 987-20494-3-2. 237 p.
8. Clives, J. 2004. Preview: Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2004 2004. Executive Summary. ISAAA. No.32. www.isaaa.org. 11.p.
9. Cohen, J. 2005. Poorer Nations turn to Public Developed GM Crops. Nature Biotechnology. Vol. 23 (1). p.27-33 p.

10. Cohen, J. J.Komen and Jose Falck. 2004. National Agricultural Biotechnology Research Capacity in Developing Countries. FAO/ESA.. Working paper. www. Fao.org/esa 18 p.

11. Jaffe, W. 1996. Armonización de la Bioseguridad en las Américas. Construyendo Capacidades Institucionales. Memoria. IICA. Serie ponencias y recomendaciones de eventos técnicos. ISSN 0253-4746. 221 p.

12. Kalaitzandonakes, N. 2004 The Potential impacts of the Biosafety Protocol on Agricultural Commodity Trade. Doc. Prepared for the International Food and Agricultural Trade Policy Council. www. agritrade.org. 26 p.

13. REDBIO-FAO. 2004.

14. Runge, F. and B Ryan 2004. The Global Diffusion of Plant Biotechnology: International Adoption and Research in 2004. USA. Counsil on Biotechnlogy Information. http://www.apec.umn.edu/faculty/frunge/globalbiotech04. pdf

15. Trigo, E. G.Traxler, C.Pray y R. Echeverría. 2002. Biotecnología Agrícola y Desarrollo Rural en America Latina y el Caribe. BID. RUR – 107. 84.p

NOTAS

a Este escrito corresponde a una actualización del preparado por los mismos autores y publicado en E-COMUIICA del IICA, 2005.

b Director de Tecnología e Innovación IICA

c Ex Director de Recursos Genéticos y Bioseguridad Agrícola del Instituto Colombiano Agropecuario y ExPresidente de la Comisión Técnica de Bioseguridad de Colombia, respectivamente IICA San José de Costa Rica. Febrero 2005. Se agradecen los valiosos comentarios y mejoras al presente escrito por parte de Agustín López, Jorge Cabrera, Marta Valdez, Viviana Palmieri, Jorge Ardila, Assefaw Tewolde, Eduardo Rojas y Tim Bryan.

POSIBILIDADES Y OPCIONES PARA ESTABLECER SINERGIAS ENTRE LA UPOV Y LAS OBLIGACIONES CONTENIDAS EN TRATADOS AMBIENTALES MULTILATERALES

Jorge Cabrera Medaglia
jacmed@racsa.co.cr

I. INTRODUCCIÓN[A]

El tema de los derechos de propiedad intelectual (DPI) se ha encontrado inmerso en intensos debates y polémicas respecto a la conveniencia y la oportunidad de vincular esta temática con los Tratados de Comercio, como componente imprescindible en las agendas y mesas de negociación comerciales. En diferentes foros nacionales e internacionales[b], se están discutiendo las transformaciones legales e institucionales provenientes de los acuerdos a ser concretados, y los efectos que tendrán en tópicos tan relevantes como la competitividad de las naciones, el desarrollo industrial, la salud pública, la educación, la seguridad alimentaria y más recientemente sobre el ambiente[c]. Con relación a este último aspecto, y debido al surgimiento de un marco legal internacional contemplado en las disposiciones del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) y Tratado de la FAO sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (TI), se ha insistido en la existencia de un conflicto entre ciertas tendencias orientadas al fortalecimiento de los derechos de propiedad intelectual y los objetivos de conservar, utilizar sosteniblemente la biodiversidad y distribuir equitativamente los beneficios derivados del uso de los recursos genéticos. En este sentido, si bien consideramos que la implementación práctica de ciertas formas de propiedad intelectual puede tener consigo efectos negativos, el presente trabajo parte de la premisa de que existe un margen de maniobra adecuado para establecer sinergias apropiadas entre las obligaciones comerciales en materia de DPI y aquellas contenidas en los tratados ambientales citados.

El debate en torno al tema de la propiedad intelectual ha sido profuso y parte de consideraciones mucho más amplias relativas al papel de estos derechos en la difusión de las innovaciones y el conocimiento, como agentes importantes para el desarrollo de los países. En gran medida las discusiones giran en torno a las consecuencias que el fortalecimiento de los DPI pueden tener sobre la posibilidades de desarrollarse mediante el uso de tecnología, el acceso a instrumentos básicos para la educación (bases de datos, software, entre otros) y para la salud (v.g. medicamentos) y sus impactos en la biodiversidad. No es de extrañar que a la vinculación del tema con las agendas de comercio (en forma reciente) y de desarrollo (desde mediados de los 60) se le agregue ahora un nuevo elemento de importancia: el ambiental.

La mayoría de los autores y organizaciones que se refieren al tópico (en el marco de las disposiciones existentes en el ADPIC), consideran especialmente los efectos que los derechos de propiedad intelectual sobre formas de vida (y en concreto lo dispuesto en el artículo 27.3.b) tendrían sobre la biodiversidad y sobre las comunidades indígenas y campesinas. Los argumentos cubren un amplio espectro, desde el fomento a la biopiratería sobre los recursos y conocimientos tradicionales, hasta la imposibilidad de los campesinos para guardar e intercambiar semillas de variedades protegidas por estos derechos, pasando por las implicaciones y consecuencias de los organismos genéticamente modificados. En definitiva, la relación entre propiedad intelectual, recursos genéticos, distribución de beneficios y conocimiento tradicional resulta compleja (Downes, 1999).

II. ANÁLISIS Y DESCRIPCIÓN DE PRINCIPALES ASPECTOS JURÍDICOS DEL SISTEMA DE UPOV 1991 Y DE LA APLICACIÓN DEL SISTEMA DE PATENTES A LAS PLANTAS Y VARIEDADES VEGETALES.[D]

A) Conceptos Básicos sobre los Sistemas de Protección de los DPI[e].

En esta sección se explica brevemente el funcionamiento de los sistemas de protección de los DPI relevantes para el estudio: el sistema de patentes y el de derechos de obtención vegetal.

1. El sistema de Patentes.

Para obtener una patente de invención se deben cumplir con una serie de requisitos:

Novedad: Se exige que la invención no se encuentre en el "*estado de la técnica*", el cual comprende todo lo que haya sido divulgado o hecho accesible al público en cualquier lugar del mundo y por cualquier medio antes de la fecha de presentación de la solicitud de patente. También es usual considerar dentro del "*estado de la técnica*" el contenido de la solicitud de patente en un registro de propiedad intelectual o industrial o la publicación de la solicitud. En algunas legislaciones, por ejemplo la estadounidense, se prevén periodos de gracia en las cuales la divulgación o publicación del invento no destruyen la novedad de la patente.

Nivel inventivo: Se considera que una invención tiene nivel inventivo, si para una persona capacitada en la técnica correspondiente la invención no resulta obvia, ni se habría derivado de manera evidente del estado de la técnica pertinente.

Ello implica que en muchos casos, el simple cruce de plantas y el resultado obtenido, no tendrán el suficiente nivel inventivo para otorgarles una patente de invención (Astudillo y Alarcón 1997). Diferente es el caso de un organismo resultante de modificaciones mediante técnicas de ingeniería genética (ADN recombinante, etc.) las cuales si pueden ser patentables. A pesar de ello, en la práctica de los Estados Unidos se han otorgado patentes a plantas modificadas por medio convencionales. Igualmente las Oficinas de Patentes han permitido el patentamiento de plantas, semillas, métodos de mejoramiento, híbridos, líneas híbridas, etc. Estas interpretaciones han considerado que las invenciones relacionadas con la materia viva (plantas en este caso) son susceptibles de protección al cumplir con el requisitos de nivel inventivo. Ello ha abierto la puerta para el otorgamiento de estos títulos de protección de manera sumamente amplia a innovaciones relacionadas con la materia viva, aún las creadas mediante mejoramiento genético convencional.

Aplicación industrial: Una invención se considerará que posee aplicación industrial cuando su objeto pueda ser producido o utilizado en cualquier tipo de industria o actividad productiva. El término "industrial" se entiende en sentido amplio, comprendiendo la artesanía, la agricultura, ganadería, pesca, servicios, etc. Como un invento se conceptúa como la solución técnica de un problema específico, meras elucubraciones sin aplicación práctica se encuentran fuera del derecho de patentes.

Asimismo, el sistema de patentes exige que el solicitante describa y haga públicos- en algunas legislaciones de la mejor manera posible-, todos los detalles de su invención de forma suficientemente clara y completa para que una persona capacitada en la técnica pueda reproducirla y ejecutarla, sin requerir una nueva actividad inventiva (enablement). De esta manera, el inventor pone a disposición del público toda la información sobre su invento, la cual vendrá a ser parte del bagaje de la tecnología. En ocasiones si la complejidad de la invención lo determina (cual es el caso de la mayoría de aquellas relativas a la materia viva), puede sustituirse o complementarse la descripción con el depósito (por ejemplo, del microorganismo o la planta).

Tampoco es posible proteger inventos contrarios al orden público, la moral y las buenas costumbres.

La patente puede conferirse a un producto, a un proceso (un método de fabricación, etc.) a un producto obtenido directamente de la utilización de un proceso, o a un nuevo uso de un producto existente. La patente se conferida otorga derechos exclusivos para: 1) Cuando se trate de un producto, impedir que terceros sin su consentimiento, realicen actos de fabricación, uso, oferta para la venta, venta o importación para esos fines del producto objeto de la patente. 2) Cuando se trate de un procedimiento, el de impedir que terceros, sin su consentimiento, realicen el acto de utilización del procedimiento y los actos de uso, oferta para la venta, importación para esos fines, del producto obtenido directamente por el procedimiento.

Generalmente, las leyes de patentes establecen excepciones a los derechos del titular relativas a los actos de investigación y enseñanza. Además en ocasiones se encuentra estipulado el llamado uso inocente[f].

El alcance de los derechos queda determinado por las reinvindicaciones, es decir las solicitudes concretas de protección que realice el inventor.

En materia agrícola son de interés las siguientes consideraciones sobre las patentes a ser otorgadas (Barton, 1998):

Genes y plantas conteniendo esos genes conteniendo esos genes. Esta constituye una de las más importantes formas de protección sobre los genes y las plantas transformadas que contengan el mismo. Un ejemplo de las reinvindicaciones de este tipo de patentes se

muestra en las siguientes: " una proteína purificada o aislada; la secuencia de ácido nucleico aislada o purificada que codifica la proteína, plásmidos y vectores de transformación conteniendo la secuencia genética, plantas o semillas de tales plantas transformadas con tales vectores y conteniendo la secuencia genética y la progenie o semillas de tales plantas" (Barton, 1998). En estos casos, bastante frecuentes en la nueva biotecnología agrícola, se protege el uso del gen por un tercero, incluyendo su utilización e inserción en otras variedades vegetales. Sin embargo, estas patentes no son permitidas en todos los países y aún en aquellos que las otorgan existen importantes discusiones sobre lo obvio de la invención y sobre la característica de descubrimiento más que de invento de tales secuencias y proteínas.

Procesos básicos e invenciones. En estos casos se trata de patentes de suma importancia desde el punto de vista del control del mercado, sobre todo las relacionadas con el uso de ingeniería genéticas y otros técnicas similares para crear plantas transgénicas. Precisamente por las amplias reinvindicaciones de estas patentes han traído consigo litigios y es difícil determinar hasta donde puede emplearse una patente de proceso sin infringir otras similares (Barton, 1997 y 1998). Ejemplos de estas patentes están constituidos métodos para la introducción de sustancias en células vivas y tejidos; métodos para regular la expresión de genes en plantas, etc (Barton, 1998).

Variedades terminadas. Por ejemplo en los Estados Unidos es posible obtener patentes para una variedad específica identificada por la descripción o el depósito, siendo los estándares para otorgar estas patentes relativamente bajos (Barton, 1998). Por ejemplo, se han otorgado patentes a variedades de maíz y de soya. Posiblemente otros países no acepten este tipo de patentes sobre variedades producidas por métodos convencionales, considerando que no poseen nivel inventivo.

En términos de la protección otorgada por patentes debe tenerse presente que El Salvador ha decidido proceder con la misma.

2. El Sistema de los Derechos de Obtención Vegetal (DOV)[g]

En la década de los 50 en Europa se comenzó a discutir sobre la necesidad de otorgar algún tipo de protección a las plantas. Inicialmente no existía consenso sobre cuál sería el sistema de protección. Se perfilaban como posibilidades tanto la modalidad de patentes o bien la creación de un nueva modalidad « *sui generis* »

Precisamente, las dificultades de tutelar estas nuevas variedades mediante las patentes de invención[h], condujeron a países como los Estados Unidos y varias naciones europeas a emitir leyes especiales destinadas a brindar a los fitomejoradores determinados derechos. Las iniciativas nacionales en estos países llevaron a la negociación y aprobación en 1961 del Convenio Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV). Firmado en París, entró en vigor el año 1968, revisado posteriormente en 1972, 1978 y 1991. Actualmente sólo es posible acceder al Acta de 1991.[i]

De esta forma, la protección de las plantas (variedades vegetales) se ha efectuado por medio de un sistema alterno, diferente al de las patentes de invención. En términos generales, aunque este esquema pretende igualmente conferir un derecho de exclusión a terceros de una serie de actos, los principios básicos que rigen el mismo son diversos.

De acuerdo con la UPOV, la variedad vegetal que se pretende proteger debe cumplir con 4 requisitos o condiciones fundamentales (artículos 5 a 9):

1) Debe ser **distinta** o claramente distinguible de cualquier otra variedad cuya existencia sea notoriamente conocida al momento de solicitar la protección. En particular, el depósito en cualquier país de una solicitud de derecho de obtentor para otra variedad o la inscripción en un registro de variedades oficiales reputará a dicha variedad notoriamente conocida (art. 7)
2) Suficientemente **homogénea**, teniendo en cuenta las particularidades que presenta su reproducción sexual o su multiplicación vegetativa. Se considerará homogénea a la variedad si es suficientemente uniforme en sus caracteres pertinentes, a reserva de su variación previsible habida cuenta de las particularidades de su reproducción sexuada o vegetativa (art 8).
3) **Estable** en sus caracteres esenciales de forma que pueda permanecer fiel a su tipo después de reproducciones o multiplicaciones sucesivas. Se considerará estable si sus caracteres pertinentes permanecen inalterados después de reproducciones o multiplicaciones sucesivas o en caso de un ciclo particular de reproducciones, al final de cada ciclo (art 9).
4) **Nueva** en el sentido de que no haya sido comercializada o entregada a terceros (el material de reproducción o multiplicación o un producto de la cosecha de la variedad), con fines de explotación de la variedad, con el consentimiento del obtentor, sus derechohabientes y causahabientes en el país en el cual se solicita protección durante un determinado plazo antes de la fecha de solicitud (un año) o en un país diferente en un el plazo de cuatro años y en de seis si se trata de árboles o vides (art 6). Como se observa en el caso de las variedades vegetales se adopta un concepto de novedad comercial (la

entrega del material o producto de la cosecha para fines de explotación).

Igualmente debe poseer una denominación (artículo 20).

El procedimiento de inscripción es usualmente más sencillo que el de las patentes y se debe realizar un examen sobre la variedad materializada o en algunos países resulta suficiente la confrontación de los datos suministrados por el solicitante con los existentes para verificar el cumplimiento de los requisitos por parte de la variedad[j].

En términos generales se requiere la autorización del titular del derecho, sujeta normalmente a condiciones como el pago de regalías, para los siguientes actos realizados respecto al material de reproducción o propagación (artículo 14):

1) La producción o reproducción (multiplicación)
2) La preparación con fines de reproducción o multiplicación
3) La oferta en venta
4) La venta o cualquier forma de comercialización
5) La exportación
6) La importación
7) La posesión para cualquiera de los fines anteriormente indicados

Esta autorización se aplica igualmente a variedades esencialmente derivadas de la variedad protegida cuando ésta no sea a su vez una variedad esencialmente derivada; a variedades que no distingan claramente de la variedad protegida y a variedades cuya producción necesite del empleo repetido de la variedad protegida.

Igualmente se requerirá la autorización del obtentor para los actos realizados respecto del producto de la cosecha, incluidas las plantas enteras y partes de plantas, obtenido por una utilización no autorizada de material de reproducción o multiplicación de la variedad protegida, a menos que el obtentor haya podido ejercer razonablemente su derecho en relación con dicho material.

De manera opcional se prevé igualmente que cada Parte pueda requerir la autorización del titular para los actos realizados respecto de productos fabricados directamente a partir de un producto de cosecha de la variedad protegida, por utilización no autorizada de dicho producto de la cosecha, a menos que el obtentor haya podido ejercer razonablemente su derecho en relación con dicho producto de la cosecha. Los países pueden requerir la autorización del titular para actos distintos a los antes indicados.

Una variedad se considerará esencialmente derivada si (artículo 14):

- se deriva principalmente de la variedad inicial o de una variedad que a su vez de deriva de la variedad inicial, conservando al mismo tiempo las expresiones de sus caracteres esenciales que resulten del genotipo o de la combinación de genotipos de la variedad inicial y se distingue claramente de la variedad inicial
- se distingue claramente de la variedad inicial
- salvo por lo que respecta a las diferencias resultantes de la derivación, es conforme a la variedad inicial en la expresión de sus caracteres esenciales.

Las variedades esencialmente derivadas podrán obtenerse por ejemplo, por la selección de un mutante natural o inducido o de un variante somaclonal, selección de un individuo variante entre las plantas de la variedad inicial, retrocruzamiento o transformaciones por ingeniería genética.

La protección actual se extiende a todos los géneros botánicos (art. 3). A la fecha de quedar obligado por las disposiciones del Convenio se deben proteger al menos 15 géneros o especies vegetales y a más tardar 10 años después todas las especies o géneros vegetales.

Se establece el trato nacional para las personas físicas o jurídicas residentes en los Estados Miembros asegurándose que se les conceda el mismo trato otorgado a los nacionales y la existencia de un derecho de prioridad de 12 meses (arts 4 y 11).

Se establece el agotamiento del derecho del obtentor respecto a los actos relativos al material de la variedad protegida que haya sido vendido o comercializado de otra manera por el titular o con su consentimiento, salvo que impliquen una nueva reproducción o multiplicación de la variedad o que implique la exportación del material a un país que no la proteja (excepto para su consumo final, de conformidad con el artículo 16).

También, la tutela por este mecanismo es menor, en el tanto no concede protección a los procesos ni a las partes de las variedades. Sólidos argumentos se han esgrimido para justificar el otorgamiento de un tutela distinta a los mejoradores de plantas que parta de consideraciones propias de la forma en como estos obtienen su invención y de la necesidad de garantizar el adecuado desarrollo de los regímenes de investigación y explotación agrícola y de las prácticas de intercambio de semillas entre los agricultores.

Adicionalmente, la UPOV contiene algunas reglas de importancia en lo tocante a su forma de funcionamiento, contenidas en el artículo 15 (excepciones al derecho del obtentor). Según la UPOV, el uso de una variedad vegetal para crear nuevas variedades y la explotación comercial de éstas permanece libre (Excepción del Mejorador, excepto que la nueva variedad sea una

variedad esencialmente derivada). También se permite a los agricultores el uso de sus propias semillas de variedades protegidas para la siembra de la siguiente cosecha en su propio campo (Privilegio del Agricultor). Se excluyen asimismo los actos realizados en un marco privado con fines no comerciales y los actos realizados a título experimental. Los derechos del obtentor no se hacen extensivos a los productos obtenidos con las semillas protegidas, los cuales pertenecen al agricultor. El artículo 17 (limitación al ejercicio del obtentor) establece que salvo disposición expresa del Convenio ninguna Parte podrá limitar el libre ejercicio de un derecho de obtentor, salvo por razones de interés público. Tal limitación deberá acompañarse de una remuneración equitativa. Esta norma usualmente se traduce en el establecimiento de sistemas de licencias obligatorias.

En términos de las modificaciones de UPOV 1991 con relación al Acta de 1978 pueden sintetizarse de la siguiente manera:

1. La excepción del mejorador se ha restringido al introducirse el concepto de "variedad esencialmente derivada". De esta forma la comercialización de una variedad creada a partir de una variedad protegida si ésta es esencialmente derivada de la primera, en los términos en que la Convención lo define ya no es libre. La investigación y el uso no comercial de la variedad, sí permanecen irrestrictos. Con ello se ha querido descartar mejoramientos cosméticos y a la vez recoger el sistema de dependencia de patentes que existe en numerosas legislaciones. A la vez, se pretende proteger los derechos del obtentor vis los del ingeniero genético. Se ha afirmado que "La introducción de genes de interés en variedades vegetales está convirtiéndose en una práctica generalizada. La extensión de la protección a las variedades esencialmente derivadas restablece el equilibrio entre la protección por la patente y la protección por un título de obtención vegetal, pues si el obtentor no puede utilizar libremente un gen de resistencia para introducirlo en su variedad sin tener que pagar derechos de patente, el ingeniero genético podría, sin protección a las variedades esencialmente derivadas, por ejemplo, introducir un gen de resistencia en una variedad protegida y comercializarla sin autorización del obtentor" (Oficina de la UPOV sin fecha).
2. El privilegio de los agricultores no se concede automáticamente, sino que resulta una cláusula facultativa. Es decir no se estipula como una excepción a los derechos del titular, aunque se dispone que las Partes podrán restringir los derechos del obtentor, lo que supone que entonces la potestad de estipular la procedencia de este privilegio. Se califica tal facultad indicando que debe realizarse dentro de límites razonables y a reserva de la salvaguarda de los intereses legítimos del obtentor. Esta cláusula ha dado pie en la Unión Europea, al establecimiento de un régimen común de obtenciones vegetales, en el cual no se confiere el derecho del agricultor. Por el contrario, con la salvedad de ciertos agricultores pequeños, se debe pagar *royalties* sobre la reutilización de las semillas provenientes de variedades protegidas. El *royalty* por pagar, no obstante, es uno menor.
3. De conformidad con el sistema de la UPOV 1978, no se permite que se concedan dos tipos de protección a las obtenciones vegetales, a saber derechos de obtención vegetal y patentes. En el Acta de 1991 se modificó esa regla en el sentido de permitir la coexistencia de los dos regímenes a quienes al momento de adherirse, manifestaran la posibilidad de conceder ambos títulos de conformidad con la legislación del país en cuestión, cláusula que sólo Estados Unidos ha reclamado. Las modificaciones de 1991, permiten la coexistencia en cualquier caso de los dos tipos de tutela jurídica.
4. En algunos casos, cuando el titular del derecho de obtención no haya podido ejercer sus derechos sobre el material de multiplicación o de reproducción, los derechos se extienden sobre el material de la cosecha e incluso sobre los productos. Con ello se pretende evitar que se realice una multiplicación no autorizada en un país que no proteja los derechos y la exportación del producto final a uno que si los proteja.
5. En términos generales se han extendido el alcance de los derechos del obtentor, las especies por proteger (todas) y término de protección (20 y 25 años).

Las modificaciones de UPOV son fruto de las manifestaciones de descontento por lo que algunos países consideraban una protección demasiado débil. Actualmente el único Convenio que estará abierto a la adhesión de los países es la versión o Acta de 1991.[k]

Debemos reiterar que las leyes nacionales de países no miembros de UPOV pueden establecer variaciones a las características antes dichas. En el tanto el sistema creado se considere efectivo (artículo 27 del ADPIC) será completamente compatible con el ADPIC.

En síntesis el Acta de la UPOV de 1991 contiene en general las siguientes disposiciones de interés:

1. Requiere a los Estados proteger al menos 15 especies de plantas al acceder a UPOV y proteger todas las variedades en el período de 10 años (artículo 3).
2. Contiene una definición de Variedad que no existía en el Convenio de 1978 (artículo 1).
3. Se permite la doble protección por la vía de las patentes y derechos de obtención a las mismas variedades (artículo 35).

4. El Acta de 1991 formula de manera explícita, el requerimiento- implícito del Acta de 1978- permitiendo la protección de las variedades descubiertas. De esta manera el artículo 1 (iv) define al mejorador como la persona que mejora o **descubre y desarrolla** una variedad.
5. Los cuatro requisitos para la elegibilidad de la variedad para ser protegida se mantienen con ligeras variantes. Por tal razón, el Acta de 1991 ha recibido las mismas críticas en el sentido de permitir la homogeneización genética y su falta de habilidad para proteger variedades de plantas más diversas, variedades tradicionales y landraces (artículos 5 a 9).
6. Se realizaron adiciones a los derechos exclusivos que poseen los mejoradores sobre el material protegido de las variedades de plantas, por ejemplo, se extienden los derechos al material cosechado y productos- bajo ciertas condiciones y supuestos-, en el último caso (productos) de forma opcional para los Estados (artículo 14).
7. Trato Nacional. Cualquier derecho que una Parte otorgue en su legislación nacional debe ser inmediatamente concedido a los nacionales de otros Estados miembros del Acta 1991. La reciprocidad no es permitida, como ocurría con el Acta de 1978 que autorizaba la reciprocidad en el supuesto del otorgamiento de mayores derechos que los establecidos en la propia Acta (artículo 4).
8. El término de protección se extiende a 20 años y 25 en el caso de árboles y vinos (artículo 19).
9. Excepciones y limitaciones. El Acta de 1991 formula de manera explícita que los actos privados sin propósitos comerciales están exentos de los derechos exclusivos atribuidos al titular de la variedad. Esta excepción, igualmente puede autorizar a los agricultores al uso de material protegido en sus propios campos. Se reconoce igualmente la excepción de investigación en los casos de actos realizados para propósitos experimentales (art 15).
10. Se introduce el concepto de Variedad Esencialmente Derivada (artículo 14).
11. Privilegio del agricultor. El Acta de la UPOV 1991 reconoce de manera explícita el privilegio del agricultor, aunque de forma más limitada que su predecesor. Por ejemplo, cada Parte puede establecer en sus leyes nacionales que los agricultores pueden utilizar sus semillas en sus propios campos. No obstante, este privilegio debe ser ejercitado dentro de los límites razonables y sujeto a la salvaguarda de los legítimos intereses del mejorador (art 15). El Acta no autoriza a los agricultores a vender o intercambiar semillas con otros agricultores. En este orden de ideas de conformidad con la industria semillera (ASSINSEL) el término "límites razonables" debe entenderse en el contexto de restringir la cantidad de semillas, hectáreas o especies que gozarán del privilegio del agricultor, mientras que la frase para "salvaguardar los intereses del mejorador" requiere de una adecuada compensación. Por ejemplo, la Regulación de la Unión Europea sobre DOV, No 2100/94 del 27 de julio del 2004, exige una remuneración reducida, excepto en el caso de pequeños agricultores, mientras que la Legislación estadounidense, la Plant Variety Protection Act de 1994, no lo requiere dicho pago.
12. Licencias obligatorias. El artículo 17 del Acta de 1991 permite a los miembros restringir los derechos del fitomejorador por razones de interés público y requiere el pago de una remuneración adecuada para el mismo.
13. El otorgamiento de la protección no puede estar sujeta a otras condiciones, siempre que la variedad posea una denominación, **cumpla con las formalidades previstas en la legislación nacional** y pague las tasas respectivas (artículo 5).
14. La nulidad variedad solo procede en los casos en que las condiciones establecidas para otorgar protección (distinción y novedad) no existan o si el solicitante no era el obtentor. Asimismo, la cancelación de la variedad se permite sólo si no se cumple con las condiciones de estabilidad y uniformidad; sí, después de ser requerido, el obtentor no presenta documentación o materiales para verificar el mantenimiento de la variedad; no paga los derechos o tasas estipuladas; o no provee una nueva denominación luego de serle cancelas la primera. No es posible anular o cancelar el derecho por razones diferentes a las establecidas anteriormente (artículos 21 y 22).
15. Cada Parte, debe adoptar las medidas necesarias para la implementación de la Convención, incluyendo: establecer medidas adecuadas para la observancia de los derechos; designar una autoridad competente para otorgarlos; asegurarse que el público es informado sobre las solicitudes y otorgamiento de derechos de obtentor y de las denominaciones de las variedades. Cada Parte deberá al momento de acceder a la Convención de estar en posición, de conformidad con sus leyes, de cumplir con las disposiciones de UPOV (art. 30).
16. 16 Finalmente, para acceder a UPOV (caso salvadoreño), el país necesita enviar su legislación al Consejo de ésta. El Consejo debe verificar y analizar si cumple con lo dispuesto en la UPOV o requiere modificaciones (artículo 34.3). De conformidad con este artículo si la respuesta del Consejo es positiva el país podrá depositar el instrumento de accesión.

III. ANÁLISIS DE LAS DISPOSICIONES PERTINENTES DEL CAPÍTULO 15 (PROPIEDAD INTELECTUAL) DEL CAFTA Y DE LAS OBLIGACIONES DIMANANTES DE LA OMC.

A) Las Normas Relevantes del ADPIC y las Discusiones de la Organización Mundial del Comercio.

El ADPIC, negociado durante la Ronda Uruguay del entonces GATT, establece en su artículo 27 la obligación de todos los Estados Miembros de conferir protección por medio de patentes en todos los campos de la tecnología, sin discriminación alguna[l].

Las patentes se podrán obtener y los derechos de patente se podrán gozar, sin discriminación por el lugar de la invención, el campo de la tecnología o el hecho de que los productos sean importados o fabricados en el país.

Los Miembros podrán excluir de la patentabilidad de las invenciones cuya explotación comercial en su territorio deba impedirse necesariamente para proteger el orden público o la moralidad, inclusive para proteger la salud o la vida de las personas o de los animales o para preservar los vegetales o para evitar daños graves al medio ambiente, siempre que esa exclusión no se haga meramente porque la explotación esté prohibida por su legislación.

Esta disposición de naturaleza genérica, sin contar con un conjunto apropiado de excepciones y limitaciones, conllevaría, por ejemplo, la necesidad de los países miembros de otorgar protección por medio del sistema de patentes a las invenciones relacionadas con la biotecnología moderna[m]. No obstante, debido a la discrepancia en cuanto al alcance de la protección de las invenciones relacionadas con plantas y animales (fundamentalmente los productos y procesos que involucran actividades de índole biotecnológica), el Acuerdo dispone en su artículo 27.3.b, lo siguiente:

Los Miembros podrán asimismo excluir de la patentabilidad:

a) …

b) las plantas y los animales excepto los microorganismos y los procedimientos esencialmente biológicos para la producción de plantas y animales, que no sean procedimientos no biológicos o microbiológicos. Sin embargo, los Miembros otorgarán protección mediante patentes a **todas las obtenciones vegetales, mediante un sistema eficaz sui generis o mediante una combinación de ambos.** Las disposiciones del presente apartado serán objeto de examen cuatro años después de la entrada en vigor del Acuerdo sobre la OMC.

Si bien es cierto, dicha disposición debió haber sido revisada en 1999 en seno del Consejo del ADPIC, los Miembros se limitaron a recopilar información sobre el estado de cumplimiento de los países con el mandato contenido en dicho artículo[n]. Cabe indicar que los países en desarrollo contaban hasta el 1 de enero del 2000 para promulgar legislación que protegiera las variedades de plantas, excepto que la alternativa escogida fuera la patentabilidad de las variedades vegetales en cuyo caso, al tratarse de materia no sujeta a patentes previamente en el país de que se trataré, podía gozar de un plazo mayor hasta el 2005.

La Declaración Ministerial de de Doha[o] que lanza la actual Ronda de Negociaciones Comerciales (párrafo 19) de la OMC específicamente encomienda al Consejo del ADPIC que al llevar adelante su programa de trabajo, incluso en el marco del examen previsto en el párrafo 3 b) del artículo 27, del examen de la aplicación del Acuerdo sobre los ADPIC previsto en el párrafo 1 del artículo 71 y de la labor prevista en cumplimiento del párrafo 12 de la Declaración, examine entre otras cosas, la relación entre el Acuerdo de los ADPIC y el Convenio sobre la Diversidad Biológica, la protección de los conocimientos tradicionales y el folklore, y otros nuevos acontecimientos pertinentes señalados por los Miembros de conformidad con el párrafo 1 del artículo 71. Al realizar dicha labor, el Consejo de los ADPIC se regirá por los objetivos y principios enunciados en los artículos 7 y 8 del Acuerdo sobre los ADPIC y tendrá plenamente en cuenta la dimensión del desarrollo.[p]

A la fecha en el Consejo del ADPIC a la luz del Mandado de Doha, una discusión profunda del contenido de dicho artículo se ha venido realizando, para lo cual diversas propuestas han sido presentadas especialmente a partir de la reunión del Consejo[q] de junio del 2003. El Anexo 1 presenta una descripción de las posiciones y discusiones existentes en esta materia de interés para la consultoría.

En general, de conformidad con el ADPIC existen tres posibilidades para proteger las variedades vegetales: mediante el sistema de patentes, por medio de un sistema sui generis o mediante una combinación de ambos. Probablemente esta última opción se redactó considerando la existencia de la legislación de Patentes de Plantas de 1930 de los Estados Unidos. El sistema sui generis más conocido consiste en UPOV. No obstante, el ADPIC no menciona a la Convención de la UPOV ni requiere que los países miembros promulguen legislación basada en los principios que ésta posee. Lo anterior es particularmente relevante en el tanto, el artículo 27.3.b fue negociado con entero conocimiento de la existencia

del sistema sui generis de la UPOV. Consecuentemente, tampoco se menciona en la lista de tratados internacionales que se contemplan en el texto del ADPIC. [r]

Tomando en consideración lo anteriormente expuesto, resulta claro que los países pueden establecer sus propios sistemas sui generis a condición de que estos sean "efectivos". Pero exactamente cuales son las implicaciones, requisitos y condiciones, si alguno, que deben tener los mismos para ser conformes con las reglas del sistema multilateral de la OMC, no posee una respuesta unívoca. De hecho, pocos estudios se han realizado para responder a dicha interrogante. En definitiva, además del reconocimiento de que un sistema sui generis implica un instrumento legal de su "propia naturaleza", no existen mayores lineamientos respecto a cuál es exactamente su contenido.

El Acuerdo regula con detalle aspectos referidos a la Observancia de los Derechos de Propiedad Intelectual, lo cual incluye normas sobre procedimientos y recursos civiles y administrativos ante la infracción de los derechos, pruebas, mandamientos judiciales, daños y perjuicios, decomisos, medidas provisionales, medidas en frontera, sanciones penales, etc.

Los países en virtud de la dimensión de algunos de los cambios gozaban plazos transitorios para la aplicación de lo dispuesto en el Acuerdo, a saber: Países desarrollados: un año a partir de la vigencia del Acuerdo de la OMC, es decir enero de 1996. Países en desarrollo: 5 años a partir de la fecha antes dicha. Los países menos adelantados gozarán de 11 años para modificar su legislación, los cuales eventualmente pueden ser prorrogados. Si se trata de ampliar la protección mediante patentes a sectores de la tecnología que antes no gozaban de tal protección, se establece un período de 10 años

1. El concepto de Sistema *sui generis*.

Como indicamos el artículo 27.3.b del ADPIC menciona la opción de proteger las variedades vegetales por medio de un sistema sui generis efectivo. Las únicas clarificaciones para tal esquema lo constituyen precisamente la referencia a la característica de especial o particular del sistema y por otra parte la necesidad de que el mismo sea efectivo. Pocos análisis se han realizado sobre los requisitos de este mecanismo sui generis a la luz del acuerdo ADPIC [s]

Por ejemplo, Leskien y Flitner (1997) establecen como cuatro condiciones del mismo:

- Debe proteger todas las variedades vegetales
- Tratarse de una forma de propiedad intelectual, es decir debe ser tal que permita excluir a terceros del uso del material protegido o al menos conceda una remuneración por ciertos usos del mismo;
- El respeto a los principios de Trato Nacional y de Nación Más Favorecida;
- La existencia de procedimientos de observancia de los derechos.

Tal sistema sui generis, puede apartarse de los requerimientos de la UPOV en cualquiera de sus Actas de 1978 o 1991e incluir disposiciones adicionales sobre:

- Protección de los derechos del agricultor, es decir, sobre las variedades tradicionales (landraces), para lo cual los requisitos exigidos deben variarse (Barton y otros 1999).
- Establecer mecanismos de distribución de beneficios por el uso del material genético, por ejemplo a través de fondos u otros esquemas.
- Contemplar instrumentos como el certificado de origen.
- Modificar los requisitos y derechos otorgados a los titulares de las variedades y por ende las acciones que requieran de su autorización.

Incluso Leskien y Flitner proponen un esquema sui generis que se separa de los requerimientos de UPOV, pero que contiene definiciones precisas sobre la materia protegible, los requisitos para la protección, la inclusión de nuevos elementos como el certificado de origen y el valor de cultivo y uso, el ámbito de la protección (los actos que requieren autorización o remuneración al titular), la duración de los derechos, el "interface" con otros derechos de propiedad intelectual y por último consideraciones sobre registros, fondos y mecanismos de distribución de beneficios.

En términos generales se han propuesto diferentes construcciones de derechos sui generis con las más variadas denominaciones, con el fin de proteger los derechos de los agricultores y los conocimientos, innovaciones y prácticas de las comunidades locales y los pueblos indígenas.

En el caso de los países miembros del ADPIC y de UPOV 1991, situación en la cual podría encontrarse El Salvador de acceder a dicha Acta, los siguientes dos cuadros muestran cuales serían las obligaciones contraídas para dar protección de las variedades vegetales.

CUADRO 2

Obligaciones requeridas en el caso de obtenciones vegetales para países que sean a la vez miembros del ADPIC y UPOV 91

Materia protegida	Todas las variedades de plantas.
Criterios de protección	Novedad, distinción, uniformidad y estabilidad.
Material protegido	Material vegetativo y reproductivo, material cosechado bajo ciertas condiciones.
Trato Nacional y Nación Más Favorecida	Aplicable a todos los miembros del ADPIC
Derechos exclusivos	Los derechos exclusivos listados en el artículo 14 del Acta de UPOV 1991.
Medidas de observancia	Requeridas.
Derecho de remuneración equitativa	No se permite, el sistema es de derechos exclusivos, excepto en el caso de licencias obligatorias, artículo 17 del Acta de 1991.
Termino de protección	20 o 25 años.
Excepciones y limitaciones	Se requieren las establecidas en el artículo 15 de UPOV como obligatorias y se permiten aquellas mencionadas en dicho numeral como facultativas (derecho del agricultor).
Otros requisitos	Aquellos impuesto por UPOV.

Fuente: Helfer, 2002.

CUADRO 3

Discrecionalidad en la Adopción de Decisiones Prevista por el Acuerdo ADPIC y la UPOV Acta de 1991.

Países miembros de UPOV y ADPIC. Requisitos obligatorios: deben extender protección a todas las variedades de plantas; cumplir con los principios de Trato Nacional y Nación Más Favorecida y adoptar medidas efectivas de observancia. Deben otorgar los derechos contenidos en el artículo 14 de UPOV. Igualmente deben cumplir con los términos de protección; el privilegio del agricultor y la excepción del fitomejorador. Si el Estado es parte de la UPOV para cumplir con el ADPIC únicamente requeriría extender la protección a todas las variedades; otorgar el Trato Nacional y la Nación Más Favorecida a todos los miembros del ADPIC y poseer mecanismos de observancia que pueden ser los mismos adoptados para otras categorías de DPI.
n el caso de países solo miembros de ADPIC: únicamente deben de seguir los siguientes lineamientos: protección de todas las variedades, no existen requisitos de protección específicos pero se deben de adoptar algunos estándares de protección para identificar las variedades, se debe otorgar suficiente protección para dar a los mejoradores un DPI, debe ser aplicable a todos los miembros del ADPIC, no se requiere conferir derechos exclusivos si se otorga una derecho de remuneración; no se establece un término particular de protección, se requieren mecanismos efectivos de protección, no se requieren excepciones pero se pueden establecer si son consistentes con el art. 27.3.b, no hay otros requisitos. Estos países solo miembros del ADPIC pueden al establecer su sistema sui generis de conformidad con el artículo 27.3.b: – Revisar los requisitos de elegibilidad y proteger material que resulta más heterogéneo, pero a la vez suficientemente distinto para permitir su identificación. De esta forma se permitiría la protección de variedades tradicionales, realizando al mismo tiempo el derecho del agricultor y la protección del conocimiento tradicional. Pueden estipular estándares de distinción e identificación únicamente. Podrían utilizarse los estándares de UPOV para efectos comerciales y los de distinción e identificación para variedades tradicionales. – Podrían incluirse variedades descubiertas, sin estar obligado a ello. A la vez se podrían excluir sin embargo, las variedades silvestres y exigir que las variedades deban ser propagadas y evaluadas antes de ser registradas. – Establecer condiciones adicionales, tales como: la declaración del origen del material genético, el país de origen o las comunidades locales o pueblos indígenas (o todos ellos) de donde las variedades fueron derivadas de forma que se evite la biopiratería y se facilite la distribución de beneficios del uso de recursos genéticos. No obstante, esta declaración en el caso de variedades vegetales puede representar dificultades importantes como se indicará. En algunos casos, los efectos buscados mediante estas disposiciones pueden alcanzarse por medio de leyes de acceso a recursos genéticos. – Requerir el consentimiento informado previo (CIP o PIC) en el caso de uso del material genético del país/ comunidades de origen del mismo. En algunos casos, los efectos buscados mediante estas disposiciones pueden alcanzarse por medio de leyes de acceso a recursos genéticos. – Estipular derechos exclusivos diferentes a los establecidos en UPOV o en el sistema de patentes; prever un término de duración del derecho; y las excepciones y limitaciones a los mismos. – Reconocer el derecho del agricultor. Lo anterior mediante la implementación de un derecho irrestricto al reuso de semilla, considerando a las características de cada tipo de agricultor en función del número de hectáreas, tipo de cultivos, etc.

Fuente: Helfer, 2002.

B) Breve Descripción de las Principales Obligaciones del CAFTA en Materia de Obtenciones Vegetales y Patentes.

El Capítulo 15 del Tratado de Libre Comercio entre Centroamérica, República Dominicana y Estados Unidos en materia de DPI, contiene diversas normas de interés en materia de propiedad intelectual, las cuales pueden ser resumidas de la siguiente forma:

1. Cada Parte, como mínimo, dará vigencia al Capítulo de propiedad intelectual. Una Parte, aunque no esta obligada a ello, puede implementar en su legislación nacional una protección y observancia de los derechos de propiedad intelectual más amplia que la requerida en dicho Capítulo, a condición de que dicha protección y observancia no infrinjan el mismo (artículo 15.1).
2. Cada Parte deberá ratificar o acceder una serie de acuerdos internacionales: (artículo 15.5.a), entre ellos:

El Convenio Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (Acta de 1991). Excepto Nicaragua y Costa Rica, todas las Partes lo harán el 1 de enero del 2006.

En el anterior párrafo no se aplicará a ninguna Parte que otorgue protección efectiva mediante patentes a las plantas a la fecha de entrada en vigor de este Tratado. Dichas Partes realizarán los esfuerzos razonables para ratificar o acceder al Convenio UPOV 91. De conversaciones sostenidas con funcionarios y negociadores se desprende que esta es la situación existente para El Salvador.[t]

Asimismo, en una nota al pie de página del Capítulo se lee: "Las Partes reconocen que el Convenio de la UPOV 1991, contiene excepciones a los derechos de obtentor, incluyendo los actos realizados en el marco privado y con fines no comerciales, como por ejemplo, actos privados y no comerciales de los agricultores. Además, las Partes reconocen que el Convenio UPOV 1991 establece restricciones al ejercicio de los derechos del obtentor por razones de interés público, siempre que se tomen todas las medidas necesarias para asegurar que el obtentor reciba una remuneración equitativa. Las Partes también entienden que cada Parte puede valerse de las excepciones y restricciones. Finalmente, las Partes entienden que no existe ninguna contradicción entre el Convenio de la UPOV 1991 y la capacidad de cada Parte de proteger y conservar sus recursos genéticos.

Sin discutir el valor jurídico de dicha nota, la cual al menos sirve de guía a la interpretación del Tratado, sea por los órganos establecidos en éste o por un eventual Panel de Solución de Controversias, dicha norma parece tener como propósito aliviar las presiones existentes a lo interior de algunos países por la ratificación de un sistema sui generis basado en la UPOV (especialmente Costa Rica), dejando claro las flexibilidades y opciones que la UPOV presenta y la ausencia de cualquier contradicción entre esta normativa y conservar los recursos genéticos. No obstante, esta declaración general depende de cuales medidas se tomen para la conservación de la biodiversidad que puedan tener un impacto en materia de DPI.

8. Con relación a las patentes se establece que nada en el Capítulo se interpretará en el sentido de impedir a una Parte excluir de la patentabilidad invenciones según se establece en los artículos 27.2 y 27.3 del Acuerdo ADPIC. No obstante lo anterior, cualquier Parte que no otorgue protección mediante patentes a las plantas a la fecha de entrada en vigor de este Tratado, realizará **todos los esfuerzos razonables**, para otorgar dicha protección mediante patentes. Cualquier Parte que **otorgue protección mediante patentes a plantas** o animales a la fecha o después de la entrada en vigor de este Tratado, **deberá mantener dicha protección** (art 15.9.2).[u]

IV. ANÁLISIS DE ALGUNOS IMPACTOS IDENTIFICADOS EN LA IMPLEMENTACIÓN DE LEYES DE VARIEDADES VEGETALES.

Hasta el momento es difícil predecir el impacto de la introducción de derechos del obtentor o patentes sobre variedades de plantas en general. Sin embargo, existen algunos estudios y evidencias relacionados con los siguientes aspectos:

- **Intercambio de Germoplasma**. Por ejemplo, algunos estudios de Estados Unidos han mostrado una tendencia hacia el incremento del intercambio de germoplasma desde las Universidades hacia la empresa privada (Butler y Marion, 1985, Butler 1996 y Jaffée y otros, 1995). Existe alguna evidencia de que las empresas transnacionales se encuentran más dispuestas transferir información y materiales a aquellos países donde se protejan adecuadamente los derechos de propiedad intelectual sobre materiales e información.

Una de las causas que condujeron a la implementación de DPI sobre variedades vegetales esta constituida por la presión de subsidiarias de empresas foráneas de semillas o de empresa nacionales que han recibido presiones para proteger las variedades vegetales y mejorar la transferencia y acceso de líneas mejoradas y variedades (Van Wijk, 1996 b). En este orden de ideas un estudio

de Juma y Ojwang (1989) encontró que las mayores restricciones al intercambio de germoplasma fueron con países no miembros del sistema de UPOV.

- **Incremento en Cantidad de Dinero para Investigación y Desarrollo (I & D).** Existe alguna evidencia relacionada con el incremento en la cantidad de dinero que se invierte en investigación y desarrollo, debido a la introducción de derechos de obtención vegetal. No obstante, la afirmación no es absolutamente concluyente. En Argentina luego de la introducción y la efectiva aplicación de derechos de esta naturaleza se ha podido determinar que no ha habido una reducción en los montos destinados a la investigación y el desarrollo en ciertos cultivos como el maíz y la soya. A pesar de que el monto de royalties colectado por las empresas titulares de derechos de obtención ha aumentado, no es posible concluir que ello ha producido un incremento en la cantidad invertida en investigación y desarrollo. Butler en la actualización de un estudio realizado en 1983, concluye que los resultados son de carácter similar para los Estado Unidos, país en el cual si bien se ha registrado un importante elevación de la cantidad de títulos conferidos, no se ha producido ese incremento en cultivos diferentes del maíz y la soya. Otros afirman que la implementación de estos derechos ha producido un incremento en la inversión en fitomejoramiento pero que dicho incremento ha sido modesto y limitado a un número pequeño de especies (UNCTAD, 2003 y Dhar, 2002)[v].

- **Cuestionamiento de los efectos de los DPI sobre prácticas tradicionales de reuso e intercambio de semillas.** Por ejemplo, el artículo 10 del CDB específicamente se refiere a la necesidad de promover las prácticas consuetudinarias de uso de los recursos biológicos, una de las cuales es la de guardar semillas para su reuso y eventualmente la venta. Cuando no ha sido posible proteger esta práctica por medios técnicos se ha buscado su limitación por medio jurídicos, fundamentalmente mediante la protección por la vía de las patentes, derechos de obtención vegetal e incluso contratos. Esta protección implica la imposibilidad de reutilizar la semilla de la variedad. Esta práctica tradicional es considerada por algunos como imprescindible para la conservación de la biodiversidad y por ende su restricción por las vías indicadas debe ser vista como una violación al artículo 10 inciso c del CDB y en general a los objetivos del Convenio (Leskien y Flitner 1997).

Debemos indicar que Informes y Decisiones han enfatizado las posibles implicaciones de estas tendencias en materia de propiedad intelectual sobre el desarrollo (Informe sobre Desarrollo Humano del PNUD de 1999) y sobre los derechos humanos (Subcomisión para la Protección de las Minorías de la Comisión de Derechos Humanos). Ambos textos señalan riesgos e impactos en los derechos humanos y el desarrollo.

- **DPI y erosión genética.** Una de las preocupaciones constantes para quienes se relacionan con el mejoramiento genético, la producción agrícola y la seguridad alimentaria, ha sido la conservación de recursos genéticos vegetales y animales como reserva para la creación de nuevas variedades, semillas y cultivos. Por ende, la pérdida de estos recursos, es decir el fenómeno de la erosión genética, ha sido denunciada como una amenaza para la seguridad alimentaria misma. Recientes tendencias en materia de protección de plantas y animales mediante el sistema de patentes y de derechos de obtención vegetal cuestionan el papel de los mismos en la pérdida de diversidad genética.

Ello ocurriría en tanto variedades modernas y homogéneas (recuérdese que uno de los requisitos para obtener la protección de las variedades vegetales consiste en su homogeneidad y estabilidad) al ser utilizadas masivamente por los campesinos y agricultores, desplazan a las variedades locales (mucho más diversas) y producen la dependencia de una estrecha base genética (Cooper y otros, 1994). Esta dependencia y homogeneidad conlleva un riesgo importante para los cultivos, debido a la susceptibilidad de los mismos al ataque de plagas y enfermedades, situación que en el pasado ha generado consecuencias desastrosas.

Sin duda la erosión genética constituye una amenaza importante para la producción agropecuaria. Pero es difícil atribuirla a los requisitos existentes para otorgar DPI porque tal asociación no ha sido demostrada. Las causas de la pérdida de la diversidad genética y las amenazas a la diversidad agrícola en general, son variadas y complejas, y resulta difícil poder aislar el comportamiento de un factor tan específico como el apuntado y trasladarlo a una consecuencia general. Incluso diversos estudios sobre las actividades y procesos que afectan la diversidad en general y la diversidad agrícola en particular no mencionan a los DPI en absoluto (Dutfield 2000 y Downes, 1999).

A pesar de lo anterior, es importante considerar las afirmaciones de Reid (citado por Dutfield, 2000) quien identifica una fuerte conexión entre los DPI y la dirección de la investigación científica agrícola que en última instancia repercute sobre la agrobiodiversidad. Piensa ese autor que en tanto los DPI sobre variedades y plantas fomentan el desarrollo de una investigación agrícola

dirigida hacia cultivos uniformes y homogéneos, desincentiva la investigación más favorable a las condiciones agroecológicas o más adaptada a las necesidades y condiciones locales.

V. OTROS ACUERDOS INTERNACIONALES AMBIENTALES APLICABLES PARA ESTABLECER UN SISTEMA DE DOV

Existen disposiciones que deben ser obligatoriamente consideradas para formular un sistema de protección de las obtenciones vegetales de forma que se asegure una implementación coherente de los diferentes instrumentos internacionales aplicables. En este sentido se deben destacar: a) la **Convención sobre la Diversidad Biológica** y las implicaciones que podría tener la negociación en curso de un régimen internacional de acceso a recursos genéticos y distribución de beneficios en lo relativo a los derechos de propiedad intelectual (obtenciones vegetales); b) las disposiciones del **Tratado de la Organización de la Agricultura y la Alimentación (FAO) sobre Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura**, C) Adicionalmente, se indicarán, en la medida en que son pertinentes para la consultoría, los aspectos técnicos relacionados estudiados en el **Comité Intergubernamental** sobre Recursos Genéticos, Conocimientos

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con fundamento en lo anteriormente indicado, se presentarán: a) **una identificación de las opciones y espacios** para desarrollar una legislación que cumpla con la UPOV 1991; b) **una identificación de las obligaciones derivadas del Convenio de Biodiversidad y el Tratado de la FAO** que deben ser incorporadas en la legislación nacional para que ésta resulte coherente con todas disposiciones del orden jurídico internacional; c) r**ecomendaciones** puntuales sobre los grandes lineamientos de una futura propuesta nacional. De conformidad con el derecho internacional un Estado se encuentra obligado a cumplir con todos los tratados de los cuales sea parte, en el tanto las disposiciones de estos no sean contradictorias (principio de acumulación de las obligaciones internacionales). Mucho menos desarrollado ha sido el supuesto de previsiones que se contradicen. En general la recomendaciones siguientes pretende basarse en el principio de integración contenido en la Declaración de Río sobre Ambiente y Desarrollo (Principio 4) y en la consideración de que los tratados ambientales y los objetivos comerciales deben apoyarse de manera recíproca, tal y como sostiene el Plan de Acción de Johannersburgo (párrafo 92) En este sentido, se pretende realizar una interpretación armoniosa que evite los conflictos entre ambos cuerpos legales.

CUADRO 4
Opciones y posibilidades normativas para un proyecto de ley de obtenciones vegetales

OBJETIVOS	**UPOV-CAFTA-ADPIC**	**CBD Y TI**
Pueden combinarse ambos	No se mencionan específicamente. Los objetivos pueden ser variados, proteger los derechos del fitomejorador, fomentar la investigación y el desarrollo de nuevas variedades de plantas, etc.	No existe incompatibilidad en la estipulación de objetivos acordes con la CBD y el TI, por ejemplo, la conservación de la biodiversidad, la realización del derecho del agricultor, la seguridad alimentaria, etc**.**
AMBITO		
No existe, en la teoría, incompatibilidad para que el mismo sistema cubra los dos ámbitos (variedades comerciales y tradicionales), a condición de que en el caso del primero se sigan las reglas básicas de la UPOV.	Variedades comerciales descubiertas y puestas a punto. No protege, por las dificultades para cumplir los requisitos de protección a las variedades tradicionales más heterogéneas.	Se puede proteger las variedades tradicionales como un subsector del conocimiento tradicional (CBD) o bien como un forma de realizar nacionalmente los derechos del agricultor (Tratado de la FAO). El establecimiento de requisitos más generales de identificación y distinción puede implicar considerables problemas técnicos.

EXCEPCIONES AL AMBITO DE PROTECCION	No se prevén específicamente al ámbito de protección, aunque sí a los derechos conferidos (UPOV). En el caso del ADPIC, se requiere proteger todas las variedades, excepto que se encuentre en el supuesto de contravenir el orden público, la moral, etc (art 27). Aunque la protección gradual parece violentar el ADPIC, en general se aceptan las reglas de la UPOV como sistema sui generis que cumple con el artículo 27.3.b	Se puede pensar en excepciones al ámbito para conservar la biodiversidad. Tal sería el caso de las tecnologías de restricción genética (GURTS o terminator o traitor), siempre que se considere que afectan la biodiversidad. En caso de realizarse tal exclusión debe justificarse a tenor del art 27 del ADPIC o XX del GATT. Considerar que UPOV ha manifestado que una variedad que contenga estas tecnologías aún debería protegerse si satisface los requisitos establecidos.
CONDICIONES DE PROTECCION Puede establecerse un sistema para proteger las variedades comerciales y otro para las tradicionales. En principio no parece existir incompatibilidad con la UPOV, pero el criterio del Consejo puede ser distinto.	Las variedades deben ser: - homogéneas - estables - distintas - nuevas - Poseer una denominación.	Podría establecerse un sistema para proteger las variedades tradicionales que sean solo distintas e identificables, a pesar de las dificultades para hacer operativo tal sistema**.**
OTROS REQUISITOS No puede denegarse la protección si se cumplen los requisitos del artículo 6, pero sujeto a formalidades y pago de tasas. El certificado/revelación del origen puede considerarse una formalidad compatible con la UPOV y el ADPIC, pero el criterio de los Estados Unidos y la propia UPOV ha sido contrarios.	Sujeto a las formalidades del caso y al pago de las tasas no pueden exigirse requisitos adicionales a los establecidos en el artículo 6 para otorgar la protección. El ADPIC permite que se exijan formalidades razonables para el mantenimiento y adquisición de los derechos (art 62)	Si se requiere la demostración de la legalidad de la adquisición del material genético (certificado de origen), debe establecerse como un requisito formal de otorgamiento y no como un requisito sustantivo. En todo caso debe tenerse presente si tal certificado se refiere al uso de material genético doméstico o foráneo, las dificultades en el caso de variedades vegetales y la ausencia de legislación que exija dicho instrumento en otros países y en el propio Salvador.
DERECHO DEL AGRICULTOR-EXCEPCIONES A LOS DERECHOS. La nota del CAFTA reitera la facultad de implementar el derecho del agricultor. La UPOV ha mencionado reiteradamente que al establecerse excepciones a la resiembra deben considerarse los derechos del fitomejorador.	Según UPOV 1991 solo para resiembra en su propio campo y sujeto a considerar los legítimos intereses de terceros. Igualmente se permiten Actos con fines privados y no comerciales. Según ADPIC las excepciones no pueden derogar el derecho del titular (artículo 30 e interpretación de los Paneles de Solución de Controversias)	La restricción del intercambio de material genético puede contravenir el CBD (art 10 inciso C). No obstante, la estipulación del Tratado de la FAO lo remite a la legislación nacional e internacional aplicable. Es factible: no limitar el reuso de semillas debido a consideraciones de tipo de cultivo, dimensión, No. de hectáreas, etc. El intercambio de material, en el tanto se califique de un acto con fines privados no comerciales. La justificación de la venta resulta difícil, pero debe considerarse lo previsto anteriormente en la legislación de los Estados Unidos al respecto.
LICENCIAS OBLIGATORIAS No se prevén problemas en permitir la procedencia de licencias obligatorias, sujeta la determinación de la causal en cada caso concreto. En la práctica rara vez se ha hecho uso de ellas.	Son posibles por casos de interés público, sujetas compensación del titular	No se aborda el tema de forma directa, pero la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad, pueden ser motivos de interés público para limitar los derechos del fitomejorador, sujeto a la justificación de cada caso concreto.

NULIDAD Y CANCELACION DEL DERECHO Debe explorarse la nulidad del título en el caso de falsedad en la declaración del origen, prueba del PIC, etc.	La UPOV permite la nulidad del derecho otorgado en situaciones específicas numeradas en el artículo 21, pero fundamentalmente se orientan a la falta de requisitos para otorgar el título o si el solicitante-titular no era el verdadero obtentor.	La sanción en el caso de falsedad en el certificado/revelación del origen puede considerarse una medida para coadyuvar con el cumplimiento del PIC y la distribución de beneficios y esta sujetas a negociaciones en el CBD (el Régimen Internacional) y en la misma OMPI (Comité del Folklore y el Tratado de Cooperación de Patentes o PCT, fundamentalmente). No obstante, lo más factible es sancionar penal y civilmente la falta (ejemplo de leyes europeas de patentes) y no requerir la nulidad del título. En caso afirmativo, debe procederse a establecer claramente la descripción de la conducta penal.
DERECHOS CONFERIDOS-AGOTAMIENTO DE LOS DERECHOS	Claramente establecidos en el artículo 14 deben seguirse para cumplir con la UPOV. Resulta opcional únicamente en el caso de los productos hechos a partir de una variedad protegida.	Si se desean proteger las variedades tradicionales pueden otorgarse los mismos derechos que en el caso de las variedades comerciales y seguir el sistema de la UPOV.
DURACION DEL DERECHO	Expresamente previstos mínimos en la Convención, artículo 19.	No aplica. Los derechos sobre variedades tradicionales pueden gozar de los mismos plazos de protección.
AUTORIDAD COMPETENTE Debe designarse una autoridad a cargo de las evaluaciones y el otorgamiento y cancelación de los títulos.	Usualmente se trata de entidades relacionadas con la certificación de semillas o ministerios o secretarías de agricultura	Se puede establecer la necesidad de consultar previamente al otorgamiento de los derechos a las autoridades ambientales a cargo del tema del acceso a recursos genéticos y recabar su opinión. No obstante, cualquier oposición debe considerar las limitaciones impuestas para denegar o revocar los derechos.
FONDO AMBIENTAL	No se prevé	Puede establecer que parte del fee o tasa a ser pagado vaya a un fondo, cuya operación y estructura deberán ser definidas posteriormente, con el propósito de fomentar proyectos de conservación y uso sostenible de los recursos filogenéticos**.** En el tanto, el monto no convierta en nugatorio el derecho no existen inconveniente en su estipulación.
DEFINICIONES	Varias se encuentran definidas en el propio texto, incluyendo variedad, variedad esencialmente derivada y otras.	Si se incorporan otros elementos para hacer realidad nacional el derecho del agricultor (sentido amplio), pueden ser consideradas necesarias definiciones adicionales, por ejemplo, de variedades tradicionales, identificación, pequeño agricultor, etc.

NOTAS

a Algunos aspectos de la introducción han sido tomados de Cabrera y Sánchez, 2003.

b Por ejemplo, el Consejo del Acuerdo sobre los Derechos de Propiedad Intelectual Relacionados con el Comercio (ADPIC) de la Organización Mundial del Comercio (OMC), el Comité de Comercio y Medio Ambiente de dicha Organización, el Convenio sobre la Diversidad Biológica, la Organización Mundial para la Propiedad Industrial (OMPI), entre otros.

c Sobre las implicaciones de los derechos de propiedad intelectual sobre el desarrollo en general y en particular en el caso de la biodiversidad y la seguridad alimentaria, se recomienda ver el trabajo de ICTSD-UNCTAD, Intellectual Property Rights: implications for development. Policy Discussion Paper, Geneva, 2003 y el Reporte de la Comisión sobre Derechos de Propiedad Intelectual, " Integrating intellectual property rights and development policy", Londres, Setiembre del 2002, disponible en www.iprcomission.org. Ambos documentos proveen un detallado y objetivo análisis de las implicaciones de ciertas tendencias en materia de propiedad intelectual sobre el desarrollo, incluyendo: agricultura y recursos genéticos, conocimiento tradicional, acceso a recursos genéticos y distribución de beneficios.

d Sobre la situación en América Latina, véase Astudillo, Salazar y Cabrera, 2002 y en general sobre el uso de patentes, derechos de obtención y otros en materia agrícola cfr. a Bernard Le Buanec, Protection of Plant Related Innovations: evolution and current discussions, y Jean Donnenwirth et al., Intellectual Property Rights, Patents, Plan Variety and Contract Protection, en IP Strategy Today, Biodevelopments, No 9, 2004.

e Este trabajo se refiere únicamente a los mecanismos de patentes y derechos de obtención vegetal y no a otros mecanismos que pueden ser utilizados, como por ejemplo los secretos comerciales, fundamentalmente para la protección de las líneas parentales de híbridos.

f Se trata de aquellos actos realizados de buena fe antes de la solicitud u otorgamiento de la patente, que hacen uso del procedimiento o del producto o tenía planes serios de hacerlo.

g Véase igualmente Sain, Cabrera y Quemé, 1999. La descripción que sigue se basa en los contenidos del Acta de 1991, excepto que se indique lo contrario.

h Por ejemplo, el Convenio Europeo de Patentes, excluye en el artículo 53 expresamente la patentabilidad de las variedades vegetales y las razas de animales. No obstante, la Oficina Europea de Patentes ha interpretado esta norma restrictivamente en el sentido de permitir patentes para plantas o animales que no constituyan una variedad, en los términos del Convenio de UPOV. Con ello, en el caso europeo al igual que en los Estados Unidos, es perfectamente posible patentar plantas, sus partes, secuencias genéticas, células , proteínas, etc., siempre y cuando se cumplan los requisitos básicos de la patentabilidad.

i Cfr el sitio de la UPOV para obtener información sobre los países miembros de las diferentes Actas y otros datos de interés sobre el funcionamiento de la misma. www.upov.int

j La prueba para determinar el cumplimiento de los requisitos por parte de la variedad sobre la cual se solicita protección se conoce como DUS por sus siglas en inglés o DHE (distinción, homogeneidad y estabilidad) en español. La UPOV ha elaborado diversos documentos que brindan orientación y directrices para el examen del DHE. Incluso existe un Comité Técnico y Grupos de Trabajo en la materia.

k Nuevas regulaciones y jurisprudencia de la Unión Europea y los Estados Unidos, con excepciones y diferencias en su aplicación, han limitado el derecho del agricultor a reutilizar las semillas sin pagar una suma de dinero al titular de los derechos. Véase un resumen de las disposiciones existentes en diferentes sistemas jurídicos que restringen el derecho del agricultor a la resiembra en GRAIN, Farmers privilege under attack, 2003.

l El Foro para tratar los temas relacionados con la propiedad intelectual había sido tradicionalmente la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual. No obstante, debido a la ausencia de mecanismos eficaces de solución de controversias ante los casos de incumplimientos de la legislación, el entonces GATT se considero la alternativa más viable para cambiar de foro las negociaciones y establecer estándares mínimos en el GATT, así como mecanismos de observancia de los derechos conferidos Cfr Reichman, 1998. No obstante, parece que recientemente se busca otorgar a la OMPI un rol como regulador principal de los temas de propiedad intelectual, especialmente si consideramos la propuesta de negociar un Tratado Sustantivo en Materia de Patentes (conocido por sus siglas en inglés como el SPLT), cfr Correa y Musungu, 2002.

m Usualmente se considera biotecnología moderna a las técnicas de ADN recombinante, las cuales permiten transferir el ADN de, por ejemplo, bacterias, a plantas con el fin de otorgarle a éstas una características deseada. Así se han creado plantas genéticamente modificadas a las cuales se les ha alterado su genoma mediante la introducción de genes de la bacteria Bacilus Turingensis (o BT) que le permite que las plantas produzcan sustancias que resultan tóxicas para cierta clase de insectos, limitando el uso de químicos de síntesis externos.

n Debe destacarse que en dicho momento existían importantes divergencias respecto al alcance de la revisión. Para algunos, especialmente países desarrollados, la misma debía centrarse en aspectos de implementación. Por su parte, mayoritariamente los países en desarrollo abogaban por una revisión sustantiva, que incluso pudiera concluir con una modificación del texto. Véase los documentos y resúmenes presentados por los países y elaborados por el Consejo del ADPIC en www.wto.org y en el sitio del Centro Internacional de Comercio y Desarrollo Sostenible www.ictsd.org

o Declaración Ministerial de Doha, 14 de noviembre del 2001, documento de la OMC WT/MIN(01)/DEC/W/1 disponible en www.wto.org

p En el párrafo 32.2 relativo al tema de comercio y ambiente, se instruye al Consejo a continuar su agenda de trabajo con particular énfasis en las disposiciones del ADPIC. Igualmente, el párrafo 31.1 también se contemplan negociaciones sobre la relación entre la OMC y los Acuerdos Ambientales Multilaterales.

q Una descripción completa de las diferentes propuestas y posiciones de los países en lo tocante a este punto puede verse en la página web de la Organización No Gubernamental GRAIN, www.grain.org. Son especialmente relevantes las posiciones del Grupo Africano, India a nombre de un conjunto de países en desarrollo (incluído Brasil), Suiza, la Unión Europea y los Estados Unidos, cfr además , Trips, Biodversity and traditional knowledge in Bridges, June 2003.

r No obstante, en general se considera que la UPOV no es necesaria ni suficiente para cumplir con tal disposición por las razones siguientes: 1. No es necesaria pues no es requerida por el artículo 27.3.b; 2. No es suficiente pues el mandato del ADPIC requieren un sistema que debe diferir del de UPOV 91. Por ejemplo, el otorgamiento del Trato Nacional solo a los miembros de UPOV (con base en el principio de reciprocidad) sería violatorio del ADPIC. Asimismo, la UPOV permite la protección inicial de una cantidad reducida de variedades, mientras que el artículo 27.3.b se refiere a todas las variedades vegetales.

s Aunque el ADPIC no menciona a los derechos del obtentor expresamente, en un caso ante la OMC el Organo de Apelación manifestó al analizar la sección 211 de Ley Ómnibus de 1998 de los Estados Unidos que los derechos sui generis indicados en el artículo 27.3.b constituyen una forma de propiedad intelectual cubierta por el ADPIC.

t Inclusive se indica que esta cláusula fue introducida a petición de dicho país. Por tal motivo, ante el otorgamiento de patentes para plantas, El Salvador solo debe realizar su mejor esfuerzo para ratificar la UPOV 1991, sin estar jurídicamente obligado a realizarlo, como si ocurre con los otros países de la región.

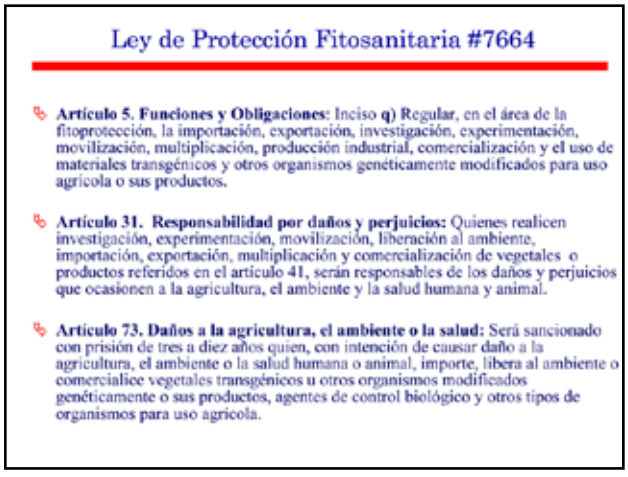
u Este artículo prevé una obligación de mejor esfuerzo para patentar plantas, la cual podría honrarse, por ejemplo, mediante la presentación de un proyecto de ley en esa dirección, aunque el

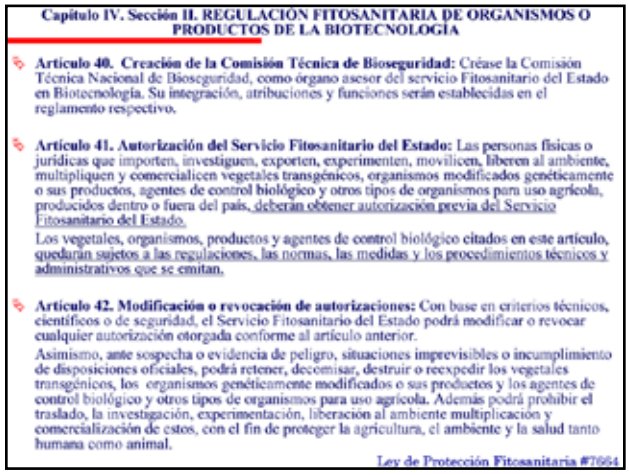
mismo no fuere finalmente aprobado**. Igualmente, los países que otorguen actualmente protección a las plantas mediante el sistema de patentes, deben mantener el status quo. Tal sería, nuevamente el caso de El Salvador**.

v Por ejemplo, Kenia ha sido uno de los primeros países en desarrollo en otorgar protección a las variedades vegetales por la vía de los DOV, aunque estas disposiciones tuvieron implementación real a partir de 1994. No obstante, hasta el 2000 la mayoría de las solicitudes provenían de extranjeros y fundamentalmente variedades hortícolas, especialmente rosas. Algunos centros de investigación comienzan a interesarse en solicitar dicha tutela. Se considera que uno de los beneficios más tangibles de la existencia de un régimen de DOV radica en la transferencia de materiales extranjeros al país (cfr UNCTAD, 2003).

SITUACIÓN ACTUAL Y PERSPECTIVAS DEL MARCO REGULATORIO DE LA BIOTECNOLOGÍA AGRÍCOLA MODERNA EN COSTA RICA

Alex May Montero
MAG-PROTECNET





Reglamento a la Ley Protección Fitosanitaria

Título VIII

De la Regulación Fitosanitaria de Organismos o Productos de la Biotecnología Vegetal

Capítulo Único

Artículos 111-134

Formatos tipo BIO
Procedimientos Técnico-Administrativos

Artículo 111. De las funciones de la Comisión Técnica Nacional de Bioseguridad.

1. **Asesorar** a las instituciones públicas en el campo de la Bioseguridad
2. **Asesorar** al Servicio y a la Oficina Nacional de Semillas en el establecimiento y ejecución de medidas y procedimientos técnicos, así como loa elaboración de proyectos de decretos ejecutivos y reglamentos necesarios para regular la importación, movilización, experimentación liberación al ambiente, multiplicación, comercialización de plantas transgénicas y otros organismos modificados por técnicas de ingeniería genética.
3. **Asesorar** a las instituciones oficiales encargadas de emitir las autorizaciones para importar, movilizar, experimentar, liberar al ambiente, multiplicar y comercializar plantas u otros organismos modificados genéticamente por técnicas de ingeniería genética.
4. **Asesorar** al estado en la definición de políticas y estrategias en Bioseguridad dentro del marco de la Convención de Diversidad Biológica.
5. **Promover** la divulgación, **capacitación** y **entrenamiento** en aspectos de **bioseguridad**.

Artículo 112. De la integración de la Comisión.

Artículo 113. De la operación de la Comisión. La Comisión nombrará en su seno a un presidente quien deberá ser el representante de la Dirección para que coordine y dirija las reuniones, un vicepresidente para que sustituya al presidente en sus ausencias y un secretario para que tome y lleve el acta de las reuniones.

Artículo 114. Del ejercicio de las funciones. Los miembros de la Comisión ejercerán sus funciones, en forma ad honores, por un período de dos años pudiendo ser reelectos por períodos sucesivos. De igual manera podrán ser removidos en forma libre por la institución que los haya designado.

Artículo 115. De las Sesiones. El Presidente convocará a sesión por iniciativa propia o a solicitud de cualquiera de los miembros de la Comisión. Las sesiones se llevarán a cabo con al menos cinco miembros presentes, de los cuales dos deberán ser los funcionarios gubernamentales. Las decisiones se tomarán por mayoría simple de votos presentes y en caso de empate el Presidente tendrá la facultad de ejercer el doble voto.

Artículo 116. De las invitaciones a las sesiones. A las sesiones de la Comisión podrá ser invitada con derecho a voz pero no a voto, a cualquier persona que la Comisión considere conveniente invitar.

Artículo 117. De la importación y liberación de material transgénico de uso en la agricultura. Toda persona física y jurídica desee liberar al medio ambiente y/o importar materiales transgénicos o sus productos, requiere de un certificado fitosanitario de liberación al ambiente y cumplir con los requisitos fitosanitarios de importación. (...)El Departamento de Servicios Fitosanitarios Internacionales, en coordinación con la Comisión de Bioseguridad expedirá los requisitos fitosanitarios de importación y los métodos de los materiales transgénicos.

Artículo 118. Del Certificado para Liberación al Medio ambiente de productos transgénicos. Para obtener el certificado de liberación al medio ambiente, el interesado deberá presentar la solicitud en formato BIO-02 a la Dirección, en original y dos copias. (...) La Dirección someterá la solicitud a revisión de la Comisión Técnica de Bioseguridad y una vez obtenido el dictamen favorable, la Dirección será la responsable de conceder el certificado de liberación al medio ambiente de productos manipulados mediante ingeniería genética, conforme al formato BIO-03.

El certificado fitosanitario de liberación al ambiente y permiso fitosanitario de importación emitido, son válidos únicamente para la liberación en campo y/o movilización, investigación o reproducción del material, este certificado y permiso no incluyen la comercialización en el país de productos transgénicos como alimentos. Por lo cual **todos los ensayos y movilizaciones que se hagan del material transgénicos en territorio nacional, son objeto de solicitud, seguimiento y vigilancia por parte de la Dirección.**

Artículo 119. De los registros en el campo de los vegetales transgénicos, organismos modificados genéticamente o sus productos.

a) Toda persona física o jurídica que desee importar, investigar, exportar, experimentar movilizar, liberar al ambiente, multiplicar y comercializar materiales transgénicos, organismos modificados genéticamente o sus productos, agentes de control biológicos y otros tipos de organismos para uso agrícola , productos dentro o fuera del país, **debe estar inscrito ante la Dirección.**

b) Toda persona física o jurídica que desee manipular genéticamente en el país un material transgénico u otro organismo de uso agrícola, **debe estar inscrito en la Dirección.**

c) Todo proyecto que incluya la manipulación genética de materiales transgénicos u otros organismos de uso en la agricultura, **debe registrarse ante la Dirección.**

Artículo 120. De la carta de compromiso de productos transgénicos. El solicitante elaborará una carta compromiso ante la Dirección mediante la que se responsabilizará del manejo o destrucción del producto en forma tal que evite su escape al medio ambiente, una vez que concluyan los ensayos.

Artículo 121. De la ubicación o almacenamiento de productos transgénicos. El producto transgénico liberado, movilizado y/o importado debe mantenerse en las áreas y locales especificados en la solicitud.

Artículo 122. De la identificación de productos transgénicos. El producto transgénico a liberarse, movilizarse y/o importarse debe identificarse con una etiqueta que contenga la información del formato BIO-04.

Artículo 123. De la supervisión de productos transgénicos. La persona autorizada por la Dirección para llevar a cabo la(s) inspección(es) y seguimiento del producto transgénico liberado, debe informar periódicamente al Programa de Biotecnología de la Dirección sobre el comportamiento de este producto, con base en los requisitos que se debieron cumplir en el certificado de liberación correspondiente.

El personal autorizado por la Dirección puede inspeccionar el lugar donde los productos manipulados van a ser liberados al medio ambiente, los recintos cerrados antes y después de la movilización y los registros de dicho productos cuantas veces se considere necesario.

Los proyectos que contenga un componente de incremento o manejo de semilla transgénica deberán ser supervisados por la Oficina Nacional de Semillas, la que, para tal fin, mantendrán una estrecha relación con la Dirección.

Artículo 124. De la información de campo de productos transgénicos. La persona física o jurídica a la que se haya extendido el certificado fitosanitario de liberación deberá enviar al Programa de Biotecnología los reportes mensuales y el reporte final sobre las características el comportamiento del producto transgénico de acuerdo a lo especificado, así como cualquier situación extraordinaria que se haya dado en el transcurso de todo el proceso.

Artículo 125. De la liberación accidental de productos transgénicos. En caso de una liberación accidental del producto transgénico, el responsable del material y el funcionario oficial encargado de la supervisión, deberá informar inmediatamente, posterior al imprevisto, al Programa de Biotecnología de la Dirección quien tomará en forma inmediata las acciones pertinentes.

Artículo 126. Del comportamiento de los productos transgénicos. Si el producto manipulado o el organismo hospedero asociado presentan características substancialmente diferentes a las enlistadas en la solicitud y si presenta signos de plaga, o bien se presenta muerte o cualquier efecto no previsto, en organismos para los cuales no estaba dirigido se debe informar inmediatamente dentro de las 24 horas siguientes del imprevisto a la Dirección, quien tomará de inmediato las medidas de mitigación correspondientes.

Artículo 127. De la movilización de productos transgénicos. El interesado para la movilización dentro del país de un producto transgénico deberá contar con la autorización de la Dirección, anexando la respectiva solicitud en el formato BIO-01.

Artículo 128. Del empaque de productos transgénicos. El material de empaque, los envases y cualquier otro material que acompañe al producto transgénico importado o movilizado deberá ser manejado en una forma tal que se prevenga la diseminación y el establecimiento del mismo.

Artículo 129. Del arribo del material transgénico al país. La persona física o jurídica a la que se le haya otorgado la autorización para la importación del producto transgénico deberá informar al Programa de Biotecnología de la Dirección, la fecha de llegada del producto a su destino final, o si por alguna razón no se realizó la importación.

Artículo 130. De la cancelación del certificado fitosanitario de liberación al medio ambiente. La Dirección puede cancelar en cualquier momento, el certificado de liberación al medio ambiente si no cumplen con una o más de las condiciones establecidas en el certificado, en cuyo caso procederá a ordenar las medidas de mitigación correspondientes, notificando al interesado las razones de la cancelación.

Artículo 131. De la comercialización de productos transgénicos. Para introducir y/o comercializar en Costa Rica productos vegetales u otros organismos modificados genéticamente de uso en la agricultura, deberán ser identificados como tales en una etiqueta en donde el consumidor reconozca las características del producto.

Artículo 132. De la confidencialidad de la información técnica y científica sobre productos transgénicos. Toda la información técnica y científica que aporten las personas físicas y jurídicas para los respectivos registros tendrá carácter confidencial.

Artículo 133. De las publicaciones. Las solicitudes de proyecto de modificación genética, utilización de organismos genéticamente modificados presentadas ante la Dirección deberán ser publicadas en un diario de circulación nacional, a costa de interesado, con una descripción accesible del proceso que se va a llevar a cabo y sus posibles impactos, esta información que contendrá el aviso estará establecida en el formato BIO-05.

Las aprobaciones de proyectos de modificación genética, utilización de organismos genéticamente modificados dictaminas por la dirección deberán ser publicados en el Diario Oficial La Gaceta, a costa del interesado, con una descripción accesible del proceso que se va a llevar a cabo y sus posibles impactos.

Artículo 134. De la declaración de materiales u organismos genéticamente modificados. Toda persona física o jurídica que pretenda introducir al país, materiales genéticamente modificados de uso en la agricultura, está obligado a informar previamente al Programa de Biotecnología de la Dirección.

So pena de la aplicación de los extremos del artículo 73 de la Ley de Protección Fitosanitaria.

Formularios Tipo

BIOs

www.protecnet.go.cr\bioseguridad

BIO 01: Movilización dentro del país.

El interesado para la movilización dentro del país, de un producto transgénico deberá contar con la autorización de la dirección, anexando la respectiva solicitud en el formato BIO-01 (ARTÍCULO 127).

BIO 02: Información para obtener certificado de liberación al ambiente.

Para obtener el certificado de liberación al ambiente el interesado deberá presentar una solicitud en el formato BIO-02 a la Dirección (ARTÍCULO 118).

- Formato más importante para la presentación de una solicitud de permiso para OGMs en Costa Rica
- Requisitos de Información a presentar para solicitar un permiso para OGMs

DIRECTRICES TÉCNICAS UTILIZADAS PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO DE ORGANISMOS GENÉTICAMENTE MODIFICADOS

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA
SERVICIOS DE PROTECCION FITOSANITARIA
SOLICITUD DE PERMISO DE IMPORTACION, LIBERACION Y/O MOVILIZACION ORGANISMOS MODIFICADOS GENETICAMENTE (O.V.M.)

BIO-02

PARTE A: DATOS GENERALES DEL SOLICITANTE

PARTE B: MOVILIZACION

PARTE C: INFORMACION ESPECIFICA DEL ORGANISMO VIVO MODIFICADO

BIO 03: Certificado de liberación al ambiente.

…La Dirección será la responsable de conceder el certificado de liberación al medio ambiente de productos manipulados mediante ingeniería genética, conforme al formato BIO-03 (ARTÍCULO 118).

Ministerio de Agricultura y Ganadería
Servicio Fitosanitario del Estado
Gerencia de Biotecnología

MAG

Con el aval respectivo de la Comisión Técnica Nacional de Bioseguridad (CTNB) y con fundamento en los artículos números 41 y 42 de la Ley de Protección Fitosanitaria número 7664, y el Artículo 118 del Reglamento a la Ley de Protección Fitosanitaria, Decreto Ejecutivo número 26921, otorgan el siguiente Certificado de Liberación al Ambiente a:

Siglas-00

Nombre de la Entidad

Para trabajar con:

Organismo Genéticamente Modificado

Características / Rasgos / Modificaciones

Con el objetivo de:

Características del Permiso.

Nombre
Director Ejecutivo
Servicio Fitosanitario del Estado

Nombre
Gerente Técnico
Gerencia de Biotecnología

San José, Costa Rica. Fecha del Año.

BIO 04: Identificación por medio de etiquetas.

El producto transgénico a liberarse, movilizarse. y/o importarse, debe identificarse con una etiqueta que contenga la información del formato BIO-04 (ARTÍCULO 122).

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA
REQUISITOS FITOSANITARIOS Y MEDIDAS DE BIOSEGURIDAD PARA IMPORTACION
ORGANISMOS MODIFICADOS GENETICAMENTE
(O.V.M.)
BIO-04

Con fundamento en los artículos de la Ley de Protección Fitosanitaria número 7664, se establece el siguiente requisito fitosanitario y medida de bioseguridad para la identificación de organismos o productos transgénicos de uso agrícola

ORGANISMO VIVO MODIFICADO DE USO AGRÍCOLA

PRODUCTO TRANSGÉNICO

Nombre: Común: Científico: Comercial:	Número de Identificación: Lote:
Gen insertado:	Característica conferida:
Lugar de procedencia: Producido por:	Lugar de destino: Entidad: Nombre del Responsable Legal:
MANEJAR BAJO PROTOCOLOS DE BIOSEGURIDAD ADVERTENCIA: en caso de accidente o extravío favor notificar a la Gerencia de Biotecnología del Servicio Fitosanitario del Estado del Ministerio de Agricultura y Ganadería al teléfono 260-8300.	

BIO 05: De la información que contendrá el aviso a publicar.

Las solicitudes de proyecto de modificación genética, utilización de organismos genéticamente modificados dictaminadas por la Dirección, deberán ser publicadas en un diario de circulación nacional, a costa del interesado, con una descripción accesible del proceso que se va a llevar a cabo y sus posibles impactos, esta información que contendrá el aviso, estará establecida en el formato BIO-05... (ARTÍCULO 133).

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA
REQUISITOS FITOSANITARIOS Y MEDIDAS DE BIOSEGURIDAD ORGANISMOS GENÉTICAMENTE MODIFICADOS
(O.G.M.)
BIO-05 (A)

Con fundamento en los artículos de la Ley de Protección Fitosanitaria número 7664 y su respectivo Reglamento, se da el siguiente formato para la comunicación al público en general de la intención de la liberación al ambiente de Organismos Genéticamente Modificados.

EDICTO

En el edicto a publicar en un diario de circulación nacional para inscribir un evento por primera vez deberá llevar como mínimo:

1. Nombre del responsable legal
2. Cédula de identidad del responsable legal
3. Nombre de la entidad
4. Cédula Jurídica
5. Tipo de Material
6. Rasgos nuevos introducidos en el material: genes, fenotipo expresado, entre otros.
7. Objetivo de la solicitud
8. Variables a contemplar: Cantidad y Sitio(s) en el que se llevará a cabo el proyecto: Provincia, Cantón, Distrito(s), coordenadas geográficas.
9. Sitio de origen del material

+ Ejemplo Anexo

REGLAMENTO DE AUDITORÍAS EN BIOSEGURIDAD AGRÍCOLA

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA
COSTA RICA

OBJETIVO

Regular las relaciones y obligaciones entre el Ministerio de Agricultura y Ganadería a través del Servicio Fitosanitario del Estado, encargado de la regulación y control de las actividades relacionadas con Organismos Vivos Modificados (OVMs), y las entidades que realizan actividades con OVMs, por medio de una empresa que ejerza auditorías para cualquiera de las actividades estipuladas.

Regulación Nacional Futura

- ✓Formatos, Normativas, Registros, Auditorías e Informes. Coordinación con Auditores en Bioseguridad Agrícola.
- ✓Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología
- ✓Propuesta: Ley de Bioseguridad de Organismos Vivos Modificados y sus derivados

Propuesta: Ley de Bioseguridad de Organismos Vivos Modificados y sus derivados

Artículo 1. Objetivo.

Regular las actividades como: uso confinado, contenido, liberación al ambiente, investigación, comercialización, fomento, multiplicación, reproducción, transporte, destrucción, importación, exportación y tránsito de organismos vivos modificados y sus productos derivados; con el fin de prevenir, evitar y reducir los posibles riesgos adversos.

Artículo 16. Clasificación de OVMs y sus Derivados
Para el cumplimiento de esta Ley, los OVMs y sus derivados serán clasificados por el Consejo considerando las recomendaciones de las Dependencias y los criterios y recomendaciones provenientes de organismos internacionales relevantes, en las siguientes modalidades:
• Sin restricción: aquellos a los que no se les establece ninguna limitación en las actividades que regula esta ley.
• Regulados: aquellos a los que se les establecen limitaciones y procedimientos en las actividades que regula esta ley.
• Prohibidos: aquellos a los que no se les permite ninguna de las actividades que regula esta ley.
En caso de nueva evidencia científica y técnica el Consejo procederá a reclasificarlo siguiendo el proceso de consulta respectivo.

Proyecto UNEP-GEF
Preparación para la ratificación del
Protocolo de Cartagena sobre la Seguridad de la Biotecnología Moderna
Actualmente el documento se encuentra en la Asamblea Legislativa (Archivo 14800)
Avalado por la Comisión de Asuntos Internacionales el 26 de Abril del presente año, llevado a Plenario Legislativo para someterse a primer y segundo debate la Ratificación

¿PARA QUÉ CULTIVOS TRANSGÉNICOS?[A]

Jaime E. García G. Dr.sc.agr.
Centro de Educación Ambiental (CEA) de la Universidad Estatal a Distancia
y Escuela de Biología de la Universidad de Costa Rica.
jgarcia@uned.ac.cr Telefax 224-68-49.

RESUMEN

En este trabajo se cuestiona a los cultivos y los alimentos transgénicos por medio de la presentación resumida de diversos razonamientos, con la finalidad última de ofrecer elementos que sirvan para continuar con la discusión de este importante tema.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con Mora (2004), basado en los resultados de diversas encuestas realizadas por la Universidad de Costa Rica y la Universidad Nacional, se encontró que el 75% del público costarricense en general no conoce lo que es una planta o alimento transgénico. Del restante 25% de la población que respondió afirmativamente a la pregunta, es muy probable que la mayor parte de ésta solo haya recibido conocimientos superficiales y mayoritariamente parcializados a favor de los cultivos transgénicos por medio de artículos de prensa y revistas de corte comercial e incluso universitarias, basados primordialmente en los contenidos de los panfletos que reciben los autores de estos artículos de los promotores de esta tecnología, como los del International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications (ISAAA), la corporación Monsanto, la Asociación Americana de Soya y la Federación de Sociedades en Ciencias Pecuarias (FSCP), los cuales se han venido distribuyendo abundantemente en nuestro medio en distintas actividades organizadas por los promotores de este tipo de cultivos.

De lo anterior se desprende la necesidad urgente de ofrecer información crítica y confiable a la ciudadanía costarricense para lograr su concientización en esta temática, así como su participación responsable en la toma de decisiones como actor en el medio agropecuario y como consumidor.

En este contexto el objetivo principal de este trabajo es presentar algunos de los principales razonamientos por los que se cuestiona la siembra y el consumo de organismos genéticamente modificados (transgénicos), tanto en Costa Rica como en diferentes lugares del mundo, dando a las personas interesadas en este temática elementos de discusión que le permitan ir definiendo su posición razonada sobre este particular.

RAZONAMIENTOS QUE CUESTIONAN L A ACEPTACIÓN ACTUAL DE LOS CULTIVOS TRANSGÉNICOS

1. Porque su aceptación implicará una limitación para su comercialización, tanto nacional como internacional, como lo han vivido y lo siguen experimentando los agricultores de cultivos transgénicos en otros países, como Canadá y los EE.UU .(Kilman, 2001). Lo anterior aumentaría la vulnerabilidad de este grupo de población, ya de por sí afectado por otras medidas, como los denominados ajustes estructurales y los tratados de libre comercio.
2. Porque los agricultores se expondrían a una mayor dependencia para poder producir (tanto de semillas como de agroquímicos específicos), así como a denuncias legales por parte de los dueños de esta tecnología, como está sucediendo con agricultores

de los países precitados, aún por el solo hecho de que sus cultivos se contaminen con cultivos transgénicos vecinos, sin haber intención de que ello sucediera.

3. Porque podría tener un efecto negativo sobre el valor de la tierra al contaminarse con este tipo de cultivos. Un campo que haya sido sembrado con transgénicos difícilmente podrá "limpiarse", especialmente si se trata de cultivos cuyas semillas caen o permanecen en el suelo, como es el caso de los cereales.
4. Porque no pareciera lógico empezar a "inventar" una "nueva vida", como lo pretenden sus creadores, al autodenominarse como "empresas abocadas a las ciencias de la **nueva vida**" (énfasis agregado). Con esto estas corporaciones se están arrogando el derecho de intentar cambiar la vida a su antojo, con fines de lucro para unos cuantos y en detrimento de la vida misma en el planeta.
5. Porque conociendo las historias de negligencia de varias de las corporaciones involucradas en este tipo de tecnología y similares, no se puede depositar confianza en ellas y mucho menos aceptar ser sus "conejillos de indias".
6. Porque tenemos que reconocer que Costa Rica no posee una capacidad regulatoria suficiente para implementar las directrices y protocolos sobre bioseguridad que hemos copiado de otros países.
7. Porque no estamos tratando con una tecnología "inofensiva", donde si algo sale mal, se puede retirar con facilidad, o donde los daños causados puedan revertirse o indemnizarse a satisfacción, como con frecuencia se nos quiere hacer ver por parte de sus promotores.
8. Porque no es necesario acudir a los cultivos transgénicos, y aceptar los riesgos potenciales y sus peligros ya comprobados, cuando existen otros tipos de producción realmente amigables y sostenibles con el ambiente, como la agricultura orgánica. Esto se ha probado tanto en Costa Rica como en muchos otros lugares del mundo.
9. Porque estaríamos poniendo en peligro ecológico y genético uno de los recursos más valiosos que tiene nuestro país, su biodiversidad, no solo desde el punto de vista económico, sino también de supervivencia para las generaciones actuales y futuras.
10. Porque aún los promotores de los cultivos transgénicos aceptan que es una tecnología que conlleva riesgos de diversa naturaleza, aunque por otro lado los minimizan y tratan de justificar, haciendo caso omiso de las evidencias reales negativas que se vienen presentando.
11. Porque la afirmación de que "*no hay riesgos para la salud de los consumidores*", carece de sustento científico, ya que está basado en la falsa premisa de que la ausencia de evidencias debe interpretarse como ausencia de eventuales riesgos, ignorando las limitaciones de conocimientos que tenemos con respecto a los genes y sus interacciones en los organismos transgénicos.
12. Porque el principio de "equivalencia sustancial" con el cual se pretende cubrir la seguridad de los alimentos transgénicos es, en gran medida, acientífico, arbitrario e insuficiente. Lo mismo se ha afirmado con respecto a las pruebas de bioseguridad, tanto de tipo ambiental como toxicológico, que dicen aplicar sobre estos productos.
13. Porque con la aceptación de los cultivos transgénicos se estarían violentando el *Principio de Precaución* y el *Convenio sobre la Diversidad Biológica,* firmados por Costa Rica en la Cumbre de Río en 1992, así como la *Ley de Biodiversidad*, la *Ley Orgánica del Ambiente*, y el artículo 50 de la *Constitución Política* del país.
14. Porque las empresas y organizaciones involucradas directa o indirectamente con la comercialización y distribución de productos genéticamente modificados intentan negarle al consumidor el derecho básico y fundamental de información, al tratar de impedir que se de el etiquetado obligatorio de sus mercancías.
15. Porque los inventores y promotores de los cultivos transgénicos obvian las leyes naturales más elementales, como el que todo está relacionado con lo demás. Los problemas de "plagas" y de "competencia" con las plantas adventicias (mal llamadas "malezas") no se van a resolver con ingeniería genética, sino que por el contrario, aumentarán con el tiempo.
16. Porque la aceptación de los cultivos transgénicos mantendrá, y profundizará en algunos casos, los problemas causados por la agricultura industrializada, al seguir enfatizando en un modelo reduccionista e insostenible: el monocultivo intensivo, en áreas de extensión cada vez mayores. Este sistema termina esclavizando aún más a los agricultores con paquetes tecnológicos compuestos de semillas patentadas y agroquímicos.
17. Porque las afirmaciones de que es una tecnología que eliminará el hambre y la pobreza del mundo, así como que resolverá los problemas de desnutrición, e incluso de que puede llegar a salvar a la humanidad, no tienen un asidero real.
18. Porque es una tecnología en la que no tienen cabida los pequeños agricultores, como lo intentan hacer creer sus promotores, al afirmar que aumentarán las

oportunidades para éstos, sin mencionar nada sobre los contratos que éstas los obligan a firmar, ni sobre los derechos monopólicos que poseen a través de mecanismos de propiedad intelectual sobre las semillas.

19. Porque el potencial lucrativo de los cultivos transgénicos desvía la inversión en investigación y aplicación, tanto en el sector público como privado, de los sistemas de gestión de manejo integrado de los cultivos hacia una mayor producción de monocultivos.
20. Porque comprometería aún más nuestra seguridad y autosuficiencia alimentaria.
21. Porque es una tecnología que da la impresión de estar imponiéndose "a golpe de tambor", al "sí o sí", sin mayor consulta, o a lo sumo, por medio de una consulta disfrazada o tardía, haciendo promesas irreales, como la siguiente: "Los países en desarrollo como Costa Rica, **deberán** hacer uso de la biotecnología vegetal **para lograr una mayor seguridad alimentaria, equidad social y desarrollo económico**" (énfasis agregado) (Valdez et al., s.f.).
22. Porque se parte de la afirmación o insinuación errónea de que las consideraciones sobre seguridad en relación con los organismos producidos mediante técnicas que cambian los rasgos hereditarios de un organismo, como la tecnología de ADN, son básicamente de la misma naturaleza que las relacionadas con otros métodos de alteración del genoma de un organismo, como la mejora tradicional.
23. Porque la política y los intereses comerciales de las corporaciones que tratan esta materia se han involucrado de tal manera en los asuntos científicos, que están desvirtuando los hechos. Se conoce de casos en otros países, como en los EE. UU. y el Reino Unido de la Gran Bretaña, donde se han denunciado presiones de diversa índole que atentan abierta o disimuladamente contra la libertad y la objetividad que se supone debe tener la ciencia; en especial en las universidades públicas e instituciones gubernamentales, que ante todo deben velar por el interés de las sociedades que los sostienen.
24. Porque no es cierta la afirmación generalizada de que estos cultivos producen más. Así, por ejemplo, se ha determinado que el cultivo transgénico más extendido en los EE. UU., que es la soya tolerante a herbicidas, produce de 6 a 11% menos que la soya no transgénica (Benbrook, 2001; Soil Association, 2002).
25. Porque tampoco es cierta la afirmación generalizada de que la rentabilidad de los cultivos transgénicos sea mayor, como se ha demostrado en un estudio realizado con agricultores de los EE.UU. y Canadá. Por ejemplo, un estudio independiente determinó que la rentabilidad de los cultivos de soya y maíz transgénicos fue menor que en cultivos convencionales, debido al costo adicional de las semillas transgénicas (hasta 40% más cara) y a los precios bajos que tenían estos productos en el mercado.
26. Porque su introducción implicaría una reacción negativa dirigida a las instancias políticas involucradas, principalmente por parte de los consumidores concientes, asociaciones ambientalistas, y organizaciones de agricultores, en especial las ligadas al Movimiento de Agricultura Orgánica Costarricense (MAOCO), como ha venido sucediendo en otros países (p.ej. Unión Europea, Japón, EE. UU., Canadá, Australia y la India).
27. Porque su introducción al país sería una aceptación al patentamiento inmoral de la biodiversidad y de la vida misma.
28. Porque la tecnología de los cultivos transgénicos ignora el papel fundamental que han venido realizando las comunidades campesinas e indígenas en el mantenimiento y la evolución de la diversidad genética, amenazando el derecho de los agricultores sobre el germoplasma que poseen por medio de los derechos de propiedad intelectual que utilizan las transnacionales para acrecentar y mantener sus monopolios.
29. Porque con su introducción se estaría atentando además contra aspectos sociales, culturales y culinarios ligados a la producción agropecuaria del país, como lo está experimentando México con la contaminación de sus maíces criollos.
30. Porque Costa Rica perdería parte de uno de sus mayores atractivos para el turismo ecológico y de salud, como es el de ser considerado como "un país natural" de "*no artificial ingredients*".

Los razonamientos aquí planteados están sustentados, principalmente, en el contenido de las más de setenta publicaciones compiladas en el trabajo de García (2006), así como en el contenido de diversos documentales audiovisuales procedentes de varios países que pongo a disposición de las personas interesadas. La antología puede adquirirse en la Fotocopiadora del Este, ubicada contiguo al Comedor Estudiantil de la sede central de la Universidad de Costa Rica.

COMENTARIOS ADICIONALES

Con base en los razonamientos expuestos, los conocimientos científicos obtenidos a la fecha, las experiencias ocurridas en los pocos países que tienen cultivos transgénicos, y apelando al sentido común, es claro que la introducción al país de los cultivos transgénicos y sus productos lo estaría enfrentando a desafíos, peligros y riesgos innecesarios que, además, nos imposibilitaría

avanzar hacia una agricultura socialmente más justa, económicamente viable y ecológicamente apropiada.

Por otra parte, como lo señala Rojas (2002), y ante el desconocimiento sobre este tema por parte de los costarricenses en general, es necesario emprender una discusión nacional que permita a la población conocer los posibles impactos económicos, ambientales y sociales de la eventual utilización de semillas y productos transgénicos en nuestro país, dando a conocer las opciones existentes, como la de agricultura orgánica, que se ha venido experimentando comercialmente con éxito en el país desde hace poco más de tres lustros, a pesar del insignificante apoyo gubernamental, con respecto al que continúa recibiendo la agricultura basada en semillas mejoradas dependientes de agroquímicos sintéticos contaminantes.

En todo caso, la decisión final de la conveniencia o no del establecimiento de cultivos transgénicos en Costa Rica debe evaluarse a la luz de la realidad de los hechos y las evidencias existentes, así como de los riesgos conocidos y desconocidos, y no en función de las promesas que suelen hacer los promotores de estos cultivos, las cuales se vienen repitiendo en nuestro medio por aquellos que, por ignorancia, ingenuidad o intereses creados, se refieren a este tema, estando o no directa o indirectamente involucrados.

Una reflexión final que nos podría ayudar a discernir sobre la conveniencia o no de la utilización de productos transgénicos en nuestro medio es aquella que se expuso en su momento en la Cumbre de Río 92: "La humanidad enfrenta una crisis ambiental global sin precedentes, producto de su propio ingenio, afán económico e ignorancia ecológica; amenaza la supervivencia de la vida en el planeta y exige que aprendamos de nuestros errores y que adoptemos un modo sostenible de vivir en que se reconozca nuestra dependencia del ecosistema del que formamos parte. La sostenibilidad es un concepto ético: significa la obligación moral de usar los recursos del planeta de manera que las generaciones futuras disfruten de la misma calidad ambiental y de vida" (citado por Smith, s.f.).

AGRADECIMIENTOS

El autor desea dejar constancia de su agradecimiento al Ph. D. Luis Gómez, de la Facultad de Ciencias Agroalimentarias y del Laboratorio de Biotecnología del Centro de Investigaciones Agronómicas, y a la Licda. Marcela Dumani E., nutricionista de la Escuela de Nutrición, ambos de la Universidad de Costa Rica (UCR), así como al *M. Sc.* Julián Monge-Nájera, Investigador de la Universidad Estatal a Distancia (UNED) y Miembro Correspondiente de la Sociedad Biogeográfica de París, por la revisión y las sugerencias críticas que hicieron a la versión preliminar de este trabajo.

LITERATURA CITADA

1. BENBROOK, C. 2001. Tiempos problemáticos en medio del éxito comercial de la soja Roundup Ready. Northwest Science and Environmental Policy Center Sandpoint Idaho AgBioTech InfoNet Technical Paper Number 4. Biodiversidad en América Latina. Resumen ejecutivo. Consultado el 14 de junio 2006. El resumen ejecutivo en español está disponible en http://www.biodiversidadla.org/content/view/full/4783. La publicación original de esta publicación está disponible en http://www.biotech-info.net/troubledtimesfinal-exsum.pdf

2. GARCÍA G., J.E. 2006. 30 razones por las que Costa Rica no debe aceptar los cultivos transgénicos. Antología. Centro de Educación Ambiental, Universidad Estatal a Distancia (UNED). San José, Costa Rica. 587 p.

3. KILMAN, S. 2001. Varias firmas alimenticias rechazan azúcar transgénico. The Wall Street Journal Americas. Suplemento del periódico La Nación (Costa Rica) 1 de mayo 2001, p. 31 A.

4. MORA C., M. 2004. Informe del grupo: Participación pública e información. Desarrollo de un Marco Nacional de Bioseguridad para Costa Rica. Proyecto UNEP-GEF. San José, Costa Rica. 23 p.

5. ROJAS, I. 2002. Transgénicos, nueva cara de la revolución verde: privatización y uniformidad. Ambientico 11 (noviembre): 4-5.

6. SMITH, W. s.f. El contexto ético-social de la tecnología genética. Eco portal.net. Consultado el 14 de junio 2006. Disponible en http://www.ecoportal.net/articulos/tecnologia.htm

7. SOIL ASSOCIATION 2002. Seeds of doubts. North American farmers' experiences of GM crops. Bristol, United Kingdom. 68 p. Consultado el 14 de junio 2006. Disponible en http://www.greenpeace.net.nz/pdf/ge/SoD.pdf

8. VALDEZ, M.; MADRIZ, K.; MARÍN, W.; SÁNCHEZ, E.; RAMÍREZ, P. s.f. Biotecnología de plantas y agricultura sostenible en maíz. Escuela de Biología, Centro de Investigación en Biología Celular y Molecular y Unidad de Microscopía Electrónica de la Universidad de Costa Rica. Afiche colocado en uno de los pasillos de la Escuela de Biología.

EL USO POTENCIAL DEL AISLAMIENTO, CULTIVO Y FUSIÓN DE PROTOPLASTOS EN EL MEJORAMIENTO GENÉTICO DE LA CAÑA DE AZÚCAR

Dr. Arturo Brenes
Laboratorio de Biotecnología de Plantas
Centro de Investigaciones Agronómicas
Universidad de Costa Rica
jabrenes@cariari.ucr.ac.cr

INTRODUCCIÓN

Durante aproximadamente 10.000 años los agricultores han venido mejorando las especies silvestres mediante la selección y multiplicación de los individuos con características superiores. Este proceso ha resultado en plantas y animales domesticados que se utilizan hoy día en la agricultura y la ganadería. Durante el siglo XX, la reproducción se ha refinado, a medida que las características escogidas por los criadores y genetistas incluyen mayor rendimiento, resistencia a plagas y enfermedades, resistencia a las sequías y mejor sabor (FAO,2003). Existe hoy día una serie de técnicas nuevas de gran potencial, capaces de complementar las prácticas de mejoramiento tradicionales. Algunas de ellas por ejemplo, permiten propagar el material vegetativo en tubos de ensayo para protegerlo, liberarlo de enfermedades o utilizarlo como semilla élite, así como producir reactivos más sensibles y específicos para diagnosticar las enfermedades de las plantas, el ganado y los peces, a través del cultivo de tejidos y células. Gracias a otros métodos, llamados moleculares, se puede conocer la distribución del genoma completo de cualquier organismo, "lectura" molecular que permite seleccionar las plantas y los animales que presentan las características más convenientes, permitiendo así ahorrar tiempo y recursos valiosos (FAO,2003).

La biotecnología ofrece una posible solución a muchos problemas que afectan a la producción agropecuaria de los países en desarrollo. Por ejemplo, las soluciones derivadas de la biotecnología para las condiciones adversas bióticas y abióticas que se incorporen al genotipo de las plantas, pueden reducir la utilización de productos agroquímicos y de agua, y promover así un rendimiento sostenible (FAO, 1999).

La biotecnología agrícola moderna es una colección de técnicas científicas utilizadas para mejorar las plantas, los animales y los microorganismos. Basados en el conocimiento del ADN los científicos han diseñado soluciones para aumentar la productividad agrícola. Partiendo de la capacidad de identificar los genes que confieren ventajas a determinados cultivos y la capacidad de trabajar con tales características en forma muy precisa, la biotecnología aumenta la capacidad de los genetistas y los reproductores de mejorar los cultivos y los animales. Permite además, mejoras que no son posibles sólo con el cruce tradicional de especies afines. Para ello se sirve de herramientas como el cultivo de tejidos, los marcadores moleculares, el diagnóstico molecular, el cultivo y la fusión de protoplastos, la producción de plantas haploides, la mutagénesis y la manipulación genética (USAID,2004). Dentro de las herramientas biotecnológicas más utilizadas en las últimas tres décadas para el mejoramiento genético de los cultivos esta el aislamiento, cultivo y fusión de protoplastos. Esta técnica permite llevar a cabo cruces a nivel somático que no pueden ser llevados a cabo por medios convencionales o sexuales, debido muchas veces a problemas de incompatibilidad genética. De esta forma se puede introducir en variedades cultivadas, características deseables ya sea de otras variedades incompatibles sexualmente o de especies o géneros distantes, de manera tal que se superan las barreras existentes en el mejoramiento convencional.

QUÉ ES UN PROTOPLASTO?

Un protoplasto es una célula a la cual se le ha removido la pared. En otras palabras el término "protoplastos" se refiere a componentes vivos de las células vegetales

que están rodeadas sólo por la membrana plasmática; en realidad, constituyen células desnudas de una planta (Roca y Mroginsky, 1993). La remoción de la pared celular puede ser llevada a cabo por la acción mecánica o por digestión enzimática.

La tecnología los protoplastos constituye una herramienta de aplicación potencial muy importante como método no tradicional para mejoramiento de los cultivos complementaria al mejoramiento convencional (Bengochea y Dodds, 1986). Su aplicación a la variación somaclonal, transformación genética e hibridación somática muestra un gran potencial (Haïcour et al. 2004). Debido a la ausencia de la pared celular, los protoplastos son adecuados para diversas manipulaciones genéticas que no serían posibles con plantas o con células intactas. Sirven además, como herramientas experimentales únicas para muchas investigaciones fisiológicas, biofísicas y bioquímicas (Roca y Mroginsky, 1993).

Una característica única de los protoplastos de las plantas superiores, es su capacidad para producir un organismo altamente diferenciado a partir de una sola célula somática, por lo que muchos protoplastos pueden resintetizar la pared celular, dividirse, formar colonias e incluso regenerar plantas.

Desde el primer reporte de regeneración de plantas completas a partir de protoplastos aislados, en 1971, ha habido un tremendo progreso en esta área y numerosos cultivos de importancia comercial como la papa, el tomate, tabaco, arroz, leguminosas, pepino, lechuga y otros, han sido regenerados en forma rutinaria (Bajaj, 1989). Los protoplastos son también utilizados como componentes en otros programas de mejoramiento no convencional de cultivos; por ejemplo la transformación genética de plantas.

POR QUÉ EL USO DE PROTOPLASTOS?

En los últimos años la hibridación somática ha llegado ser una técnica aplicada a muchos cultivos. La lista de las especies vegetales regeneradas a partir de protoplastos aislados se ha incrementado considerablemente y las plantas pueden, en efecto, ser regeneradas a partir de protoplastos de un gran número de especies pertenecientes a diversos géneros, incluyendo cereales, los cuales se pensó alguna vez, eran recalcitrantes. El refinamiento de esta técnica ha ayudado a crear nuevos somaclones derivados de protoplastos, especialmente en cultivos como la papa, cereales y leguminosas que han sido evaluados en el campo. Esta tecnología ha facilitado también la obtención de híbridos somáticos a nivel interespecífico e intergenérico. Estas implicaciones en mejoramiento de los cultivos, ha permitido que se amplíe su base genética. Otro punto de considerable interés es el almacenamiento de protoplastos a través de la inmovilización y crioconservación, ambos aspectos son de gran importancia, especialmente para la industria farmacéutica.

El éxito del cultivo de protoplastos y su subsecuente regeneración en plantas completas depende de un gran número de factores, siendo los más importantes el genotipo, el tejido del cual se han aislado, las condiciones fisiológicas bajo las cuales las plantas han sido crecidas, la pureza de las enzimas, el periodo incubación, el medio cultivo y reguladores de crecimiento, el ambiente de cultivo, en método de cultivo, las condiciones de incubación etc. (Bajaj, 1989).

La hibridación somática provee los medios por medio de los cuales características de especies silvestres o taxonómicamente distantes pueden ser incorporadas en los cultivos. La fusión y la regeneración han sido llevadas a cabo en un gran número de combinaciones tanto intra como interespecíficas. Desde los primeros trabajos llevados a cabo utilizando esta técnica, se abrió una gran posibilidad a mejoramiento de cultivos como la papa, lo cual llevó a un mejor entendimiento de su genética (Ehlenfeldt y Helgeson 1987; Sundberg y Glimelius, 1991; Valkonen 1994; Schilde-Rentschler et al., 1995; Cardi et al., 1999, y Lössl et al., 1999) facilitando la combinación de mejores características comerciales o la introgresión de resistencia a enfermedades en los nuevos materiales mejorados, lo cual no pudo haber sido posible a través de cruces sexuales debido a barreras de incompatibilidad, o a la utilización de "especies puente", lo cual resulta por general una tarea muy engorrosa.

Más recientemente se ha desarrollado trabajos en cultivos como el banano (Matsumoto et al, 2002; Haïcour et al. 2004), el arroz, donde incluso se ha llevado a cabo trabajos de transformación a partir de protoplastos (Toriyama et al. 1998; Mori et al, 2001), orquídeas (Kanchanapoon et al. 2001), girasol(Binsfeld, 1999; Özdemir et al. 2002), Café (Fernández y Menéndez, 2003) y palma aceitera (Srisawat y Kanchanapoom, 2005), entre otros.

TÉCNICAS EN EL AISLAMIENTO, FUSIÓN Y CULTIVO DE PROTOPLASTOS

Para llevar a cabo el aislamiento de protoplastos se puede partir de material fuente como las suspensiones celulares, tejido foliar de plantas crecidas en condiciones *in Vitro*, pecíolos o secciones de tallo y raíz de esas mismas plantas. También se puede utilizar cualquier otro tejido u órgano que pueda ser obtenido en forma aséptica. El explante seleccionado es incubado para digerirse con enzimas de origen fúngico (macerozima, pectinasa, celulasa, driselasa etc.) bajo diferentes condiciones de temperatura, pH y períodos de incubación. Una vez que el material está digerido, este se filtra y el filtrado se centrifuga varias veces con una solución isotónica para

obtener protoplastos libres y limpios. Los protoplastos limpios se pueden utilizar ya sea para llevar a cabo fusiones o para ser cultivados sin fusionar. Cuando los protoplastos se cultivan sin fusionar, normalmente lo que se busca es obtener variantes somaclonales (líneas) que pueden ser evaluadas bajo condiciones controladas para determinar diferencias feno- y genotípicas con respecto al material madre o fuente. En caso que se lleven a cabo fusiones, se debe utilizar dos fuentes diferentes de material, una que normalmente representa la variedad a mejorar y otra, el material que contiene las características complementarias buscadas. Ambos materiales se procesan en forma paralela y una vez que los protoplastos de cada uno están listos, se mezclan en una relación adecuada y se fusionan utilizando técnicas como la electrofusión. Esta técnica consiste en dar choques eléctricos a las células desnudas para obtener dipolos que se atraen, con lo cual se pueden llevar a cabo la combinación de ambos materiales genéticos por medio de un resquebrajamiento reversible de la membrana citoplasmática. Un vez que los protoplastos están fusionados se cultivan para regenerar plántulas híbridas, a las cuales se les debe determinar su nivel de ploidia, carácter híbrido y evaluar bajo condiciones de invernadero y campo la transferencia de las características buscadas en los híbridos somáticos. Tanto el nivel de ploidía como el carácter híbrido de las plántulas regeneradas se pueden evaluar por diferentes metodologías que van desde el análisis morfológico y citológico hasta el uso de marcadores moleculares.

APLICACIONES DE LOS PROTOPLASTOS EN EL MEJORAMIENTO DE LA CAÑA DE AZÚCAR

La caña de azúcar comercial, perteneciente al género *Saccharum* (Poaceae), es un cultivo industrial importante con el que se produce casi el 70% del azúcar producido en todo el mundo. Comparado con otros cultivos importantes, los esfuerzos por mejorar genéticamente la caña de azúcar son limitados y relativamente recientes, con la primera introducción de híbridos interespecíficos hace aproximadamente 80 años. El progreso en el mejoramiento tradicional de la caña de azúcar, el cual es un cultivo altamente poliploide y con frecuencia aneuploide, es impedido por su estrecha base genética, su complejo genoma, su pobre fertilidad, y por los largos ciclos de mejoramiento y selección (Prakash et al, 2005). Estos obstáculos hacen de la caña de azúcar un buen candidato para el mejoramiento no convencional. Sin embargo, cuando se cruza la especie *S. officinarum*, y se emplea como progenitor femenino, no presenta la reducción de cromosomas a la mitad del proceso de meiosis como sucede en las demás especies, lo que origina progenies con un número de cromosomas mayor de lo normal. Esta característica se ha utilizado para generar variabilidad genética, cuya ventaja es la de obtener progenies con constitución cromosómica diferente a la esperada. La caña de azúcar ofrece además, la ventaja de poder cruzarse con otras especies y géneros relacionados debido a su compatibilidad con géneros tales como Sclerostachya, Sorghum, Narenga, Ripidium, Miscanthus, Erianthus y Zea. Los cruces intergenéricos han sido una excelente forma de obtener variaciones mediante la introducción de nuevos genes para alcanzar características deseables como aumentar el vigor híbrido y ampliar la base genética. Los géneros Erianthus y Miscanthus por ejemplo, se encuentran entre los más afines para se utilizados en los cruces intergenéricos por su amplia adapatación, debido a su alto número de tallos, características de macollamieto, resistencia a enfermedades y factores abióticos (sequía, exceso de humedad, heladas, etc.). Sin embargo, se ha tenido poco éxito con los cruces (Subirós, 1975).

El cultivo de tejidos ha sido en las últimas 4 décadas, una herramienta muy útil en la propagación clonal en caña de azúcar a partir del cultivo de meristemas (Nickell y Torrey, 1969; Liu y Chen 1974; Ho y Vasil, 1983), generación de variación genética a través de la producción de subclones (Krishnamurti y Tlaskal, 1974; Lat y Lantin, 1976; Larkin, 1982), variación somaclonal para la búsqueda de clones resistentes a patógenos (Ramos et al, 1996), estudios con suspensiones celulares (Falco et al, 1996), la mutagénesis (Sha Jehan Khan et al, 2000), la transformación (Arencibia et al, 1997,1998, 1999; Castillo, 2003) y la embriogénesis somática (Fitch y Moore, 1993). Cenicaña en Colombia por ejemplo, ha venido incorporando progresivamente los avances de la biotecnología aplicada al cultivo de la caña de azúcar para la caracterización y el mejoramiento genético de variedades, y para la detección de patrones de variabilidad genética para la resistencia a patógenos e insectos de importancia económica (Castillo, 2003).

El cultivo de protoplastos es una herramienta que ha sido poco utilizada en el cultivo de la caña. Sin embargo, ya desde 1973 se reporta su utilización para la generación de cultivos de líneas celulares (Maretzky y Nickell, 1973; Matsuoka et al, 1998; Taylor et al, 1988; Faheem e Iqbal, 1999), el aislamiento cultivo y fusión (Liu y Chen, 1976;Krishnamurti, 1976) hibridación somática con otros géneros (Tabaeizadeh et al, 1986), para llevar a cabo estudios sobre regeneración de pared celular y división (Khan et al, 2001), embriogénesis somática (Qiushen et al, 1987; Zhao-zhou et al, 1994), organogénesis directa (Raman et al, 2006), mutagénesis (Shah et al, 2000; Fuchs et al, 2002) transformación por medio de diferentes metodologías (Chen et al, 1987; Franks y Birch, 1991; Bower y Birch, 1992), y para estudiar también los

efectos fisiológicos de diferentes sustancias sobre estas estructuras (Taylor et al, 1994).

OTRAS APLICACIONES BIOTECNOLÓGICAS EN EL MEJORAMIENTO DE LA CAÑA DE AZÚCAR

En la última década, se ha hecho considerables progresos en el entendimiento y la manipulación del genoma de la caña de azúcar utilizando herramientas de la biología celular y la biotecnología. Sobresalen entre ellos la creación de plantas transgénicas con características agronómicas importantes, avances en genómica y marcadores moleculares, y el progreso en el entendimiento de los aspectos moleculares del transporte y la acumulación de la sacarosa (Prakash et al, 2005). El esfuerzo substancial más reciente se ha dirigido hacia el desarrollo de la caña de azúcar como biofábrica para productos de alto valor. Mientras que estos logros son encomiables, una mayor comprensión del genoma de este cultivo, y la fisiología de la célula y de planta entera, acelerará la implementación de los resultados biotecnológicos comercialmente significativos. Los rápidos adelantos en la biología molecular e innovaciones emergentes de la biotecnología jugarán un papel muy importante en los programas de mejoramiento de la caña de azúcar y ofrecerán muchas nuevas oportunidades en el desarrollo de éste cultivo como una nueva generación de cultivo industrial (Prakash et al, 2005).

En Costa Rica ha habido hasta la fecha solamente trabajos muy incipientes que involucran la utilización de protoplastos como herramienta de mejoramiento de cultivos, por lo que su uso potencial es aún inexplorado. Existen cultivos, como la caña de azúcar, donde su aplicación contribuiría a acelerar los procesos de mejoramiento convencional y facilitaría la obtención de nuevas variedades con características deseables para su utilización.

LITERATURA CITADA

1. Arencibia A;Vázquez R; Prieto D; Téllez P: Carmona E; Coego A; Hernández L; De la Riva G; Selman-Housein G. 1997. Transgenic sugarcane plants resistant to stem borer attack. Molecular Breeding (3) 4: 1380-3743.

2. Arencibia A; CarmonaE; Cornide M; Castiglione S; O"Relly J; Chinea A; Oramas P; Sala F.1999. Somaclonal variation in insectresistant transgenic sugarcane (Saccharum hybrid) plants produced by cell electroporation Transgenic Research.8(5): 349 - 360

3. Bajaj Y. P. S. 1989. Recent advances in the isolation and culture of protoplasts and their implications in crop improvement. In: Biotechnology in Agriculture and Forestry, Vol. 8. Plant protoplasts and genetic engineering I (ed. By Y.P.S. Bajaj). Springer- Verlag Berlin Heidelberg. 335 p.

4. Bengochea T; Dodds J. 1986. Plant protoplasts: a biotechnological tool for plant improvement. Chapman and Hall London New York. 90 p.

5. Binsfeld C, Schnabl H. 2002.Molecular and cytogenetic constitution of plantas obtained via two different somatic hybridization methods. Plant Cell Rep 21:58-62.

6. Bower R; Birch R. 1992. Transgenic sugarcane plantas via microprojectile bombardment. The Plant Journal, 2(3):409-416.

7. Cardi T., T. Bastia, L. Monti and E.D. Earle. 1999. Organelle DNA and male fertility variation in *Solanum* spp. and interspecific somatic hybrids. Theor. Appl. Genet. 99: 819-828.

8. Castillo M. 2003. Biotecnología en la caña de azúcar. < http://www.infoaserca.gob.mx/claridades/revistas/124/ca124.pdf#page=(Junio 12.2006)>

9. Chen W; Gartland K; Davey M; Sotak R; Gartland J; Mulligan B; Power J; Cocking E. 1987. Transformation of sugarcane protoplasts by direct uptake of a selectable chimaeric gene. Plant Cell Reports, 6: 297-301.

10. Ehlenfeldt M.K. and J.P. Helgeson. 1987. Fertility of somatic hybrids from protoplast fusions of *Solanum brevidens* and *S. tuberosum*. Theor. Appl. Genet. 73: 395-402.

11. Faheen A; Iqbal J. 1999. Plant regeneration from protoplasts derived from cell suspension of adventive somatic embryos in sugarcane (Saccharum spp. hybrid cv. CoL-54 and cv. CP-43/33). Plant Cell Tissue and Organ Culture. 56: 155-162.

12. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2003. Biotecnología agrícola: ¿servirá de algo?. <http://www.fao.org/spanish/newsroom/focus/2003/gmo1.htm (enero 12.2006)>

13. Falco M; Januzzi B; Tulmann A. 1996. Cell suspensión culture of sugarcane: growth, management and planta regeneration. R. Bras. Fisiol.Veg., 8 (1):1-6.

14. Fitch M; Moore P. 1993. Long-term culture of embryonic sugarcane callus. Plant Cell Tissue and Organ Culture. 32: 335-343.

15. Fernández R; Menéndez A. 2003. Transient gene expression in secondary somatic embryos from coffee tissues electroporated with genes *gus* and *bar*. Electronic Journal of Biotechnology. Vol. 6 No. 1.

16. Franks T; Birch R. 1991. Gene transfer into intact sugarcane cells using microprojectile bombardment. Australian Journal of Plant Physiology, 18(5):471-480.

17. Fuchs M; González V; Castrón S; Díaz E; Castro L. 2002. Efecto de la radiación gamma sobre la diferenciación de plantas de caña de azúcar a partir de callos. Agronomía Tropical. 52(3): 311-324.

18. Haïcour, R., A. Assani, K. Matsumoto, A. Guedira.2004. Banana Protoplasts. In: Banana Improvement:Cellular, Molecular Biology, and Induced Mutations. Editors S. Mohan Jain FAO/IAEA Joint Division, Plant Breeding and Genetics Section, International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria

19. Ho W; Vasil I..1983. Somatic Embryogenesis in Sugarcane (Saccharum officinarum L.): Growth and Plant Regeneration from Embryogenic Cell Suspension Cultures. *Annals of Botany* 51: 719-726, 1983

20. Kanchanapoon K; Jantaro S; Rakchad D. 2001. Isolation and fusion of protoplasts from mesophyll cells of *Dendrobium pompadour*. Science Asia 27: 29-34.

21. Khan I ; Khatri A ; Javed M ; Siddiqui S ; Ahmad M ; Dahar N ; Khanzada M ; Khan R. 2001. Protoplast isolation in sugarcane. Pak. J. Bot., 33(2) : 125-132.

22. Krishnamurthi M. 1976. Isolation, fusion and multiplication of sugarcane protoplasts and comparison of sexual and parasexual hybridization. Euphytica 25 (1): 145 - 150

23. Krishnamurthi, M; Tlaskal J. 1974. Fiji disease resistant *Saccharum officinarum* var Pindar subclones from tissue culture. Proc. Inter. Soc. Sugar Cane Technol. 15:130-137.

24. Larkin, P.1982. Sugarcane tissue and protoplast culture .Plant Cell, Tissue and Organ Culture.1:149-164.

25. Lat J; Lantin M. 1976. Agronomic performance of sugarcane clones derived from callus tissue. Philipp J Crop Sci 1:117-123.

26. Liu M; Chen W.1974. Tissue and cell culture as aid to sugarcane breeding. 1. Creation of genetic variation through callus culture. Euphytica, 25:393-403.

27. Liu M-C; Chen W-H. 1976. Fusion and cell clump formation in sugarcane protoplasts. Sugarcane Breed Newslett 37: 39-46.

28. Lössl A., N. Adler, R. Horn, U. Frei and G. Wenzel. 1999. Chondrione-type characterization of potato: mt α, β, γ, δ, ε and novel plastid-mitochondrial configurations in somatic hybrids. Theor. Appl. Genet. 98: 1-10.

29. Maretzky A; Nickell L. 1973. Formation of protoplasts from sugarcane cell suspensions and the regeneration of cell cultures from protoplasts. Colloques internationaux CNRS, no.212: Protoplastes et fusion de cellules somatiques végétales, pp 51-63.

30. Matsuoka M; Fukuoka H; Ogawa T; Yano H; Ujihara K; Sugimoto A. 1998. Efficient plant regeneration from protoplasts of sugarcane. Plant Biotechnology. 15(3):135-137.

31. Matsumoto K; Duarte A; Oka S. 2002. Somatic hybridization by electrofusion of banana protoplasts. Euphytica 125: 317-324.

32. Mori K; Oka N; Kinoshita T. 2001 Isolation of protoplasts from Oryza sativa L. and its wild relatives<http://www.gramene.org/newsletters/rice_genetics/rgn3/v3IX56.html (noviembre11.2005)>.

33. Nickell L; Torrey, J. 1969. Crop improvement through plant cell and tissue culture, Science 166:1068.

34. Nyman M. and S. Waara. 1997. Characterization of somatic hybrids between *Solanum tuberosum* and its frost-tolerant relative *Solanum commersonii*. Theor. Appl. Genet. 95: 1127-1132.

35. Özdemir N; Horn R; Friedt W. 2002. Isolation of HMW DNA from sunflower (Helianthus annuus L.) for BAC cloning. Plant Molecular Biology Reporter 20: 239-250.

36. Prakash L; Geijskes R; Aitken K; Grof C; Bonnett G; Smith R. 2005. Sugarcane Biotechnology: The Challenges and Opportunities, In Vitro Cellular and Developmental Biology - Plant, pp 41:345 – 363.

37. Qiu-sheng Y; Xue-qin Z;Ming-guang G.1987. Somatic embryogenesis from sugarcane protoplasts. Journal of Integrative Plant Biology (Acta Botanica Sinica), 29(3): 242-246.

38. Raman R; Malhotra, P; Gosal. 2006. Direct plant regeneration from cultured young leaf segments of sugarcane. Plant Cell, Tissue and Organ Culture. 84 (2): 100205-100209

39. Roca, W. M; Mroginski, L. 1993. Cultivo de Tejidos en la Agricultura. Fundamentos y Aplicación. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 969 p.

40. Schilde-Rentschler L., K. Kugler-Busch, A. Schweis and H. Ninnemann. 1995. Somatic hybrids for the study of nuclear cytoplasmic interaction in Solanum tuberosum. In: Advances in Plant Breeding 18: Genetic Mechanisms for Hybrid Breeding. Kück U. and Wricke G. (eds). pp 37-48.

41. Shah J; Hamid U; Rahim D; Malik a Z. 2000. Development of sugarcane mutants through in vitro mutagenesis. Pakistan Journal of Biological Sciences. 3(7):1123-1125.

42. Srisawat T; Kanchanapoom K. 2005. The influence of physical conditions on embryo and protoplast culture in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). Science Asia 31 (1) 23-28.

43. Subirós F. 1975. El cultivo de la caña de azúcar. EUNED. San José, Costa Rica. 448 P.

44. Sundberg E. and K. Glimelius. 1991. Effects of parental ploidy level and genetic divergence on chromosome elimination and chloroplast segregation in somatic hybrids within *Brassicaceae*. Theor. Appl. Genet. 83: 81-88.

45. Tabaeizadeh Z; Ferl R; Vasil I. 1986. Somatic hybridization in the gramineae: Saccharum officinarumL. (sugarcane) and Pennisetum americanum (L.) K. Schum. (pearl millet). Proc. Natl. Acad. Sci. Vol.83, pp. 5616-5619.

46. Taylor P; Ko H; Adkins S. 1988. Factors affecting protoplast isolation and the regeneration of shoot-like structures from protoplast-derived callus of sugarcane (*Saccharum Spp*. hybrids). Australian Journal of Botany. 40 (6) 863-876.

47. Taylor P; Ko H; Fraser T; Masel N; Adkins S. 1994. Effect of silver nitrate on sugarcane cell suspension growth, protoplast isolation, ethylene production and shoot regeneration from cell suspension cultures. Journal of Experimental Botany, 45(8):1163-1168.

48. Toriyama K; Arimoto Y; Uchimiya H; Hinata K. 1988. Transgenic rice plants alter direct gene transfer into protoplasts. Bio/Technology 6, 1072-1074.

49. Valkonen J.P.T. 1994. Nuclear DNA content of the *Solanum* spp. in the series Etuberosa as determined by laser flow cytometry. Ann. Appl. Biol. 125: 589-600.

50. Yean-Chang Chen and Young-Meng Chiang.<http://ind.ntou.edu.tw/~b0232/monostro.html. (noviembre 11.2005)

51. Zhao-zhou L; Ming-zhou C; Qiao-xia L; Qiu-sheng Y; Zhang Xue-qin Z.1994. Plant regeneration from protoplasts of sugarcane.Journal of Integrative Plant Biology (Acta Botanica Sinica), No.5.

APLICACIONES PRÁCTICAS DE LA EMBRIOGÉNESIS SOMÁTICA EN LA PROPAGACIÓN *IN VITRO*: POTENCIAL EN LA CAÑA DE AZÚCAR

María Elena Aguilar Vega
Laboratorios de Biotecnología
CATIE 7170, Turrialba, Costa Rica C.A.
Tel. (506) 558 2386, Fax (506) 558 2626
aguilarm@catie.ac.cr
www.catie.ac.cr

RESUMEN

En plantas la embriogénesis no está restringida a la fertilización de la célula huevo, también puede ser inducida natural o artificialmente en las células somáticas, mediante la adquisición del estado embriogénico. El proceso por el cual las células somáticas cultivadas *in vitro* desarrollan embriones a partir de diferentes estados morfológicos característicos del estado embriogénico, recibe el nombre de embriogénesis somática o asexual. Si bien es cierto, el potencial embriogénico de las especies está regulado genéticamente; la expresión de la competencia embriogénica de células somáticas también tiene influencia fisiológica y de otros factores del desarrollo *in vitro*. La embriogénesis somática puede ser inducida mediante dos vías, la regeneración directa a partir de células somáticas del explante, las cuales son orientadas hacia la formación de los embriones, llamada embriogénesis de baja frecuencia; y la regeneración indirecta o de alta frecuencia donde los embriones son originados por rediferenciación de células de callo, formadas de tejido del explante durante la fase de inducción embriogénica.

Esta técnica constituye una opción interesante para la propagación clonal a gran escala de plantas élite producidas por hibridación o selección en los programas de mejoramiento genético y de [a]genotipos que manifiestan una baja respuesta a la propagación vegetativa clásica. Asimismo es una herramienta para el almacenamiento y conservación a largo plazo de líneas celulares de interés genético y comercial; y constituye una técnica de base para la regeneración celular en el mejoramiento genético no convencional, principalmente en cultivos genéticamente complejos y con fertilidad reducida, los cuales requieren de largos ciclos de mejoramiento y selección.

La embriogénesis somática debido al elevado potencial de multiplicación, friabilidad y vigor del material embriogénico, presenta muchas ventajas para el uso de cultivos en medio líquido y para la automatización del sistema de cultivo. Esto permite aumentar la escala de producción, reducir el uso de insumos de costo elevado, como los gelificantes tipo agar; acortar el tiempo de labor y la superficie de cultivo en ambientes controlados. Por consiguiente los costos de producción son menores una vez que la metodología ha sido establecida.

Aunque la embriogénesis somática se ha desarrollado en numerosas especies tropicales como café, musáceas, cacao, cítricos, yuca, papaya, arroz y caña de azúcar, entre otras; pocos ejemplos han sido exitosos en la aplicación práctica. Esto se debe principalmente, a factores técnicos en el establecimiento de protocolos repetibles y a la laboriosa manipulación que involucra el desarrollo de los mismos. Entre los problemas asociados a la embriogénesis somática se pueden citar la baja respuesta de la mayoría de células somáticas hacia la competencia embriogénica en la fase de inducción, la falta de sincronización del desarrollo embriogénico, la calidad de los embriones somáticos con respecto a anormalidades morfológicas y heterogeneidad en el tamaño de los embriones, además de la dificultad de lograr la conversión de embriones a plantas completas en algunas especies.

El CATIE, ha desarrollado una amplia experiencia en la embriogénesis somática de café, bananos, plátanos y

en menor grado de cacao. La optimización alcanzada en estos cultivos se debe a que se ha combinado el alto potencial de multiplicación de la embriogénesis somática de alta frecuencia, con la utilización de los sistemas de cultivo en medio líquido y en inmersión temporal automatizada; además de la constante mejora y ajuste de protocolos, a los diferentes genotipos de cada cultivo.

En café, el desarrollo alcanzado ha permitido la propagación semi-comercial de los mejores híbridos F1 del Programa Regional Centroamericano de Mejoramiento Genético de *Coffea arabica* – PROMECAFE, obtenidos a partir de cruces entre las mejores variedades locales con las de orígenes silvestres de Etiopía y Sudán, disponibles en el Banco de Germoplasma del CATIE. La identidad genética heterocigótica de estos materiales sólo puede ser garantizada mediante la multiplicación clonal de plantas madre. Por lo tanto, la embriogénesis somática de alta frecuencia constituye la técnica ideal para producir grandes cantidades de embriones, que permitan la distribución de plantas élite a los países productores de la región. Ensayos semi-comerciales han sido realizados con éxito para evaluar la calidad de taza de los híbridos y la selección de los mejores de ellos.

En bananos y plátanos, la embriogénesis somática aumenta las expectativas de los fitomejoradores, no sólo como técnica de propagación vegetativa; sino como una opción muy importante para el mejoramiento genético de cultivares estériles y de gran complejidad genética, caracterizados por tener diferentes niveles de ploidía. Por lo tanto, la combinación de ésta técnica con herramientas de la biología molecular, la fusión de protoplastos y la inserción de genes permitirá acortar de manera considerable los ciclos de mejoramiento genético de estos cultivares. Evaluaciones en campo de la calidad agronómica de plantas producidas por embriogénesis somática se han realizado con la colaboración de CORBANA, con resultados exitosos en la mayoría de los cultivares.

En cacao, una de las mayores limitaciones que tienen los fitomejoradores es la dificultad de propagar e intercambiar genotipos élite, debido principalmente a la recalcitrancia de las semillas y a la limitada tasa de multiplicación de las técnicas de propagación hortícola. La embriogénesis somática permitirá solventar estas limitaciones en la medida que se logre aplicar a la gran diversidad genotípica de los cacaos cultivados. Actualmente, estamos trabajando en colaboración con el Centro de Investigación para el Desarrollo, de la Nestlé en Francia, para el establecimiento de la embriogénesis somática a partir del cultivo de pétalos de los mejores genotipos con resistencia a enfermedades; los cuales han sido seleccionados en el Programa de Mejoramiento Genético de Cacao del CATIE. Uno de los objetivos de esta alianza estratégica es el desarrollo de la embriogénesis somática en medio líquido y en inmersión temporal, para la multiplicación semicomercial y distribución de los clones seleccionados.

La caña de azúcar es una buena candidata para el uso de la embriogénesis somática, principalmente en apoyo a los programas de mejoramiento genético. Razón por la cual esta técnica ha sido ampliamente estudiada, principalmente en países líderes del comercio de azúcar a nivel mundial. Existen resultados exitosos en gran número de clones comerciales, donde la embriogénesis somática ha sido obtenida directa o indirectamente a partir de meristemos, tejido foliar y segmentos de inflorescencias inmaduras. La técnica ha sido utilizada con diferentes objetivos; como método de micropropagación para aumentar las tasas de multiplicación, principalmente de cultivares de difícil propagación; para el desarrollo de la tecnología de semillas sintéticas, a través de la encapsulación de embriones, lo cual permitirá aumentar su viabilidad y capacidad de germinación, así como, la manipulación y transporte de los mismos. No obstante, según la literatura la embriogénesis somática en caña de azúcar es actualmente muy utilizada como parte integral de los sistemas de transformación genética para la inserción de nuevos genes dentro de cultivares comerciales, principalmente para resistencia a plagas y enfermedades. Las razones que orientan a los fitomejoradores hacia esta tendencia es la dificultad del mejoramiento genético por la vía de la hibridación clásica, debido a la complejidad genómica de la caña de azúcar, la pobre fertilidad de los clones comerciales y los largos ciclos (12 – 15 años) requeridos para la creación y selección de nuevos cultivares por mejoramiento genético convencional.

En conclusión, la embriogénesis somática es una herramienta de la biotecnología de punta, muy poderosa y con diversas aplicaciones de gran relevancia en el desarrollo de los cultivos. No obstante, su establecimiento se fundamenta en la visión técnica de mediano o largo plazo proyectada para el desarrollo de un cultivo en particular.

LITERATURA CONSULTADA

1. AGUILAR, M.E., ENGELMANN, F., MICHAUX-FERRIERE, N. 1993. Cryopreservation of cells suspensions of *Citrus deliciosa* Tan. and histological study.*Cryo-Letters*.14:217- 228.

2. AGUILAR, M.E., VILLALOBOS, V.M., VASQUEZ, N. 1992. Production of cocoa plants (*Theobroma cacao* L) via micrografting of somatic embryos. *In Vitro Cell. Dev. Biol.* 28: 15 - 18.

3. AHLOOWALIA, B.S.; MARETZKI, A. 1983. Plant regeneration via somatic embryogenesis in sugarcane. Plant Cell Reports 2: 21-25.

4. ASSANI , R. HAICOUR , G. WENZEL , F. CÔTE , F. BAKRY , B. FOROUGHI-WEHR , G. DUCREUX , M.E. AGUILAR , A. GRAPIN . 2001 Plant regeneration from protoplasts of dessert banana cv. Grande Naine

(*Musa* spp., Cavendish sub-group AAA) via somatic embryogenesis. Plant Cell Reports 20(6): 482 – 488.

5. DESAI, N.; SUPRASANNA, P.; BAPAT, V.; 2004. Simple and reproducible protocol for direct somatic embryogenesis from cultured immature inflorescence segments of sugarcane (*Saccharum* spp.). Current Science 87(6): 764-768.

6. ENGELMANN, F., AGUILAR, M.E., DAMBIER, D., CABASSON, C., MICHAUX - FERRIERE, N., OLLITRAULT, P. 1994. Advantages of cryopreservation of cell suspensions and embryogenic calli for *Citrus* breeding programmes. *Fruits*: 49(1):23-30.

7. ETIENNE-BARRY, D.; BERTRAND, B.; VASQUEZ,N. 1999. Direct sowing of Coffee Arabica somatic embryos mass-produced in a bioreactor and regeneration of plants. Plant Cell Reports 19: 111 – 117.

8. GILL, R.; MALHOTRA, P.K.;GOSAL,S. 2006. Direct plant regeneration from cultured young leaf segments of sugarcane. Plant Cell Tissue and Organ Culture 84(2):100205-100209.

9. GÓMEZ-LIM, MA; GONZALEZ-RODRIGUEZ, J.A.; ORTIZ-VARGAS, J.L.; SANDOVAL, J.A.; AGUILAR, M.E. 2004. Genetic transformation of cv. "Grand naine". In: 1st. International Congress on *Musa*. Penang, Malaysia. Abstract.

10. GRAPIN, A.; ORTIZ-VARGAS, J.L; LESCOT, T.; MICHAUX - FERRIERE, N., COTE, F. 2000. Recovery and regeneration of embryogenic cultures from female flowers of False Horn Plantain. Plant Cell Tissue and Organ Culture 61: 237-244.

11. HOY, J.; BISCHOFF, K.P.; MILLIGAN, S.; GRAVOIS, K. 2003. Effect of tissue culture explant source on sugarcane yield components. Euphytica 129: 237-240.

12. JANE-HO, W.; VASIL, I. 1983. Somatic embryogenesis in sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) I. The morphology and physiology of callus formation and the ontogeny of somatic embryos. Protoplasma 118(3): 169-180.

13. LAKSMANAN, P.; GEIJSKES, J.; AITKEN, K.; GROF, C.; BONNETT, G.; SMITH, G. 2005. Invited Review: Sugarcane Biotechnology: The Challenges and Opportunities. *In Vitro Cell. Dev. Biol.* Plant 41: 345 – 363.

14. LIU, M.C. 1993. Factors affecting induction, somatic embryogenesis and plant regeneration of callus from cultured immature inflorescence of sugarcane.J. Plant Physiol., 141: 714-720.

15. ORTIZ, J.L. ; GÓMEZ LIM, M.; VÁSQUEZ, N.; AGUILAR, M.E. 2002 Transformación Genética De Banano (*Cv* Gran Enano) Y Platano (*Cv* Curraré) Para Introducir Resistencia A Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis*). In: XV Reunión Internacional ACORBAT. Cartagena, Colombia, .pp: 49-53.

16. SNYMAN, S.J.; MEYER, G.M.; RICHARDS, J.M.; HARICHARAN,N.; RAMGAREEB, S.; HUCKETT; B.I. 2006. Refining the application of direct embryogenesis in sugarcane: effect of the developmental phase of leaf disc explants and the timing of DNA transfer on transformation efficiency. Plant Cell Reports.

MARCADORES MOLECULARES Y EL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN CUBA

María Teresa Cornide Hernández
Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA),
Carr. Mrtínez Prieto Km 2.5, Marianao 19390,
Ciudad de La Habana, Cuba, cornidemt@inica.edu.cu
Orlando Coto Arbelo
Instituto de Investigaciones de Fruticultura Tropical (IIFT). 7ma e/ 30 y 32,
Playa 11 300, Ciudad de La Habana, Cuba,
mejoramiento@iift.cu, orlandocoto@inica.edu.cu

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivos: i) estudiar la diversidad molecular (RFLP y cebadores específicos) y el posible origen de un grupo de clones silvestres del complejo *Saccharum* (clones ECL) y asistir su elección como material genético novedoso al programa de introgresión; ii) asistir mediante RFLP la elección de 45 progenitores de amplio uso en el mejoramiento actual; iii) determinar marcadores RFLP asociados a los componentes del rendimiento en una progenie no replicada de progenitores cubanos. La diversidad nuclear evidenció que los clones ECL representaron un fondo genético independiente de al menos tres grupos diferentes. La diversidad citoplasmática dividió a los genotipos en dos tipos fundamentales que comprendieron a cinco grupos. Los clones ECL se separaron en dos grupos, uno cercano a *Erianthus* y el otro cercano a *Saccharum*. Se detectó amplificación específica de *Erianthus* para siete de los clones ECL. La diversidad genética revelada y la detección de fragmentos exclusivos de los clones ECL apuntan hacia una población evolutivamente activa y la ocurrencia de recombinación genética entre ellos. Los 45 progenitores evaluados fueron caracterizados mediante 35 combinaciones enzima-sonda (CES) mostrando un alto nivel de polimorfismo, detectándose la presencia de siete fondos de diversidad diferentes, resultado que permite complementar la selección de progenitores basados en el fenotipo. El estudio de la progenie (n=106) obtenida de variedades comerciales cubanas (C323-68 x Ja 60-5) y los loci controladores (QTLs) de cuatro componentes del rendimiento reveló, 101 fragmentos en dosis simple (SDRFs) pertenecientes a nueve grupos de cosegregación que se ubican en ocho segmentos homólogos (I-III,V,VII,VIII, X-XI) del mapa de referencia del cultivo y en segmentos homeólogos de siete grupos de ligamiento del sorgo (A, B, C1, C2, D, F y G) y de más de 5 cromosomas del maíz. Cincuenta y seis SDRFs (55.4%) mostraron asociación con alguno de los caracteres evaluados en las cepas estudiadas, de ellos 18 mostraron efectos pleiotrópicos. Se detectaron 80 asociaciones para: brix (22); diámetro (19), altura (19) y el número de tallos (20). Aunque los marcadores no mostraron asociación estable entre cepas en correspondencia con la ausencia de correlaciones fenotípicas para los caracteres evaluados entre éstas.

RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DEL MÉTODO DE INMERSIÓN TEMPORAL PARA LA REPRODUCCIÓN IN VITRO DE LA CAÑA DE AZÚCAR

Erick Chavarría Soto[a]; Javier Alfaro Porras[b];
María Elena Aguilar Vega[c]; Juan Luis Ortiz Vargas[d]

RESUMEN

Con el objetivo de optimizar la técnica de cultivo *in vitro* por inmersión temporal automatizada al proceso de micropropagación de variedades de caña de azúcar de difícil reproducción, se estableció un ensayo en el Laboratorio de Biotecnología del Centro de Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Se utilizaron biorreactores automatizados RITA® desarrollados por el Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agronómica para el Desarrollo de Francia (CIRAD) para determinar su funcionalidad en la reproducción de la caña de azúcar. El sistema RITA® logró demostrar que posee una mejor eficiencia con respecto al sistema tradicional de reproducción, incrementando la tasa de multiplicación de los explantes y mejorando su calidad. También se logró obtener un mejor aprovechamiento del medio de cultivo y mano de obra en la manipulación de las vitro plantas.

INTRODUCCIÓN

El proceso de cultivo de tejidos *in vitro* para la producción de almácigo de caña de azúcar fue implementado desde hace cinco años por la Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), como un complemento al proceso de producción de semilleros en las diferentes regiones cañeras de Costa Rica. El objetivo principal desde el inicio de este programa es el de proveer a los usuarios del material necesario para el establecimiento de semilleros básicos, a partir de los cuales se podrá obtener el material necesario para el establecimiento de semilleros semicomerciales y comerciales, utilizando adicionalmente el proceso de hidrotermo terapia de la semilla como una práctica adicional en el proceso de producción de semilla.

El proceso de reproducción *in vitro* del Laboratorio de Cultivo de Tejidos de DIECA sigue un protocolo establecido en 1998 en el cual se utilizan medios de cultivo formulados utilizando como base el medio de Murashige y Skoog (Chavarría *et al*, 1998).

Durante los cinco periodos que el laboratorio ha estado en producción se han procesado una cantidad de 66 variedades distintas con resultados muy diversos. El manejo de una cantidad tan diversa de material dificulta mantener un proceso de producción homogéneo, debido a las diferencias que existen en la respuesta de cada variedad a la reproducción *in vitro*. El cuadro 1 muestra las diferentes variedades que se han trabajado por el Laboratorio de Cultivo de Tejidos de DIECA y sus tasas de multiplicación.

Como lo muestra el cuadro 1, una de las variedades con tasa de multiplicación promedio más baja ha sido la CP72-2086, con el agravante de que ésta junto a la CP72-1210 es la variedad que más se siembra en Costa Rica, de acuerdo al último censo cañero realizado (Chaves *et al*, 2004), esta situación implica una alta demanda de semilla de esta variedad, lo que resulta en una alta demanda de material *in vitro* para el establecimiento de semilleros básicos.

La dificultad que impone la reproducción de la CP72-2086 utilizando la técnica *in vitro* compromete por mucho la satisfacción de la demanda, lo que obliga a buscar técnicas complementarias que permitan elevar los rendimientos de esta variedad en el laboratorio. Una de las alternativas existentes es el proceso de inmersión temporal, el cual consiste en desarrollar vitroplantas utilizando medios de cultivo líquido en contenedores adap-

CUADRO 1
Variedades de caña de azúcar y tasas de multiplicación obtenidas por el Laboratorio de Cultivo de Tejidos de DIECA desde 1999 hasta el 2005.

Variedad	*Tasa de Multiplicación	Variedad	*Tasa de Multiplicación	Variedad	*Tasa de Multiplicación
B60-125	1: 3	H78-3567	1: 3	Q117	1: 3
B74-132	1: 3	H78-4153	1: 3	Q124	1: 4
B76-259	1: 4	H78-7750	1: 2	Q132	1: 3
B77-95	1: 3	H82-7318	1: 3	Q135	1: 5
B79-360	1: 3	H83-7206	1: 2	Q138	1: 2
B80-689	1: 3	H87-4094	1: 4	RB72-1012	1: 3
B82-333	1: 3	H87-5794	1: 2	RB73-9735	1: 3
C120-78	1: 3	H93-4398	1: 2	RB77-3703	1: 3
C226-70	1: 2	H95-4655	1: 2	RD75-10	1: 4
CP02-1821	1: 3	HOCP95-988	1: 2	RD75-11	1: 5
CP72-1210	1: 2	HOCP96-540	1: 2	SABORIANA	1: 3
CP72-2086	1: 2	LAICA04-303	1: 4	SP70-1284	1: 3
CP80-1557	1: 4	LAICA82-135	1: 0	SP71-3149	1: 3
CP80-1743	1: 3	MEX57-473	1: 4	SP71-5574	1: 3
CP80-1827	1: 3	MEX70-485	1: 2	SP71-6180	1: 3
CP88-1834	1: 2	MEX79-431	1: 3	SP78-4764	1: 2
H74-1715	1: 3	NA56-42	1: 3	SP79-2233	1: 3
H74-1715	1: 4	NCO310	1: 2	SP80-1816	1: 1
H75-6208	1: 2	PINDAR	1: 3	SP80-1842	1: 2
H77-2545	1: 4	PR87-2080	1: 0	SP81-2068	1: 3
H77-4643	1: 3	Q96	1: 4	SP81-3250	1: 3
H78-2313	1: 4	Q99	1: 5	SP82-1176	1: 2

**Corresponde al promedio de explantes obtenidos por cada explante sembrado durante el proceso de multiplicación in vitro.*

tados para que los explantes mantengan un contacto intermitente con el medio, lo que difiere con los sistemas convencionales en donde los explantes permanecen en un sistema estático en contacto permanente con el medio de cultivo. Como parte de la dinámica del sistema de inmersión temporal, hay una renovación completa de la atmósfera dentro de los contenedores de cultivo, lo cual constituye una ventaja debido a que hay oxigenación sistemática de los explantes. Esta técnica ha sido aplicada a la reproducción de caña de azúcar en Cuba con bastante éxito (Bernal et al,2002; De Feria, 2002).

En Costa Rica el Centro Agronómico Tropical para la Investigación y Enseñanza (CATIE) ha sido pionera en la utilización de este sistema en diversas aplicaciones del cultivo de tejidos vegetales *in vitro*. Uno de los sistemas más prácticos existentes hasta ahora, ha sido el que fue desarrollado por el Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agronómica para el Desarrollo de Francia (CIRAD por sus siglas en francés). Este sistema ha sido implementado por el CATIE con mucho éxito y tiene muchas ventajas para el manejo con respecto a otros sistemas más complejos.

Algunas de las características del sistema desarrollado por el CIRAD son (Vitropic S. A., 2006):

1. Utiliza biorreactores conocidos como recipientes de inmersión temporal automática o RITA® (por su abreviatura en francés Récipient à Immersion Temporaire Automatique).

2. El RITA® consta de 3 partes que son: a) El contenedor, b) La canasta interna, y c) La tapa del sistema.

3. La canasta interna por su parte se compone de varios componentes que son: a) la campana, b) la canasta, c) el tubo central y d) la rejilla.

4. El sistema posee 2 fases y cuatro etapas o tiempos (Figura 1):
   a. Fase emergida: Esta fase es la de mayor duración.
   1. Los explantes están colocados sobre una malla o rejilla de polipropileno
   a. Fase sumergida: La duración de esta fase se define por experimentación, puede variar según los requerimientos de la especie.
   2. El aire estéril entra a presión dentro del biorreactor, lo que permite que el medio de cultivo se desplace a la parte alta donde se encuentran los explantes.
   3. El aire inyectado permite la oxigenación del medio.
   4. Pasado el tiempo de inmersión, la bomba de aire se apaga. Las presiones se equilibran, y el medio vuelve a bajar por gravedad a la parte inferior. Por capilaridad una fina película de medio se mantiene en contacto sobre los explantes.

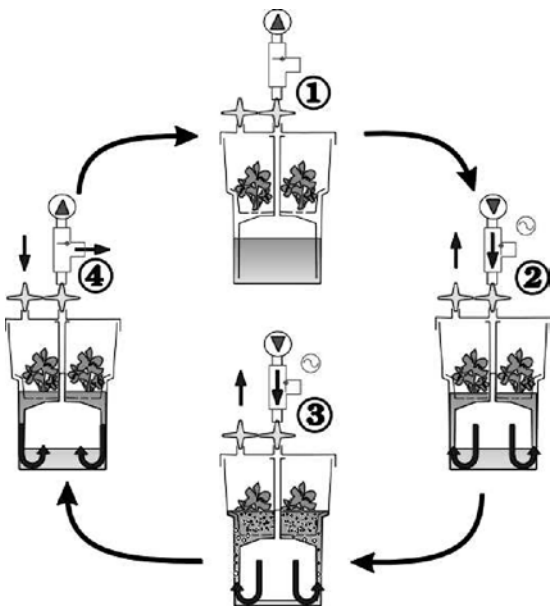


Figura 1.
Diagrama de las diferentes etapas del ciclo de inmersión temporal en los RITA's®. 1) Posición de reposo, 2) admisión de aire y desplazamiento del medio de cultivo, 3) inmersión y oxigenación de los explantes, y 4) despresurización del sistema y retorno del medio de cultivo a la recámara inferior (Vitropic S.A., 2006). Fuente: http://perso.wanadoo.fr/vitropic/rita/en/fonction.htm

OBJETIVO

Optimizar la técnica de cultivo *in vitro* por inmersión temporal automatizada en recipientes RITA® al proceso de micropropagación de variedades de caña de azúcar de difícil reproducción.

Objetivos específicos:

– Establecer la densidad de cultivo de explantes óptima para la caña de azúcar.

– Establecer la frecuencia y tiempo de inmersión.

– Definir las condiciones adecuadas de enraizamiento de brotes en inmersión temporal.

– Determinar el potencial productivo del sistema de inmersión temporal en comparación con el sistema tradicional de multiplicación *in vitro*.

MATERIALES Y MÉTODOS

El proyecto se estableció el 16 de noviembre del 2004 en el Laboratorio de Biotecnología del CATIE, ubicado en Turrialba. Consistió en evaluar el sistema RITA® en la reproducción *in vitro* de la caña de azúcar, en comparación al sistema tradicional utilizado por el Laboratorio de Cultivo de Tejidos de DIECA.

Se establecieron varios tratamientos en los que se evaluó la respuesta de la caña a la cantidad de inmersiones en un ciclo de 24 horas, para lo que se utilizaron 2, 4 y 6 inmersiones de 1min. Al mismo tiempo se evaluó la densidad de explantes por RITA®, para cada uno de los tratamientos de inmersión, para lo que se utilizaron tratamientos con 12, 24 y 48 explantes por RITA®. Cada RITA® fue cargado con 250ml de medio de cultivo.

Para el sistema tradicional de DIECA se utilizó la misma densidad utilizada en el laboratorio de 12 explantes por erlenmeyer de 250ml de capacidad. Cada erlenmeyer disponía de 50ml de medio de cultivo semi sólido.

Como explantes se utilizaron tallos reproducidos en el laboratorio de DIECA, provenientes de un tercer subcultivo de la variedad B76-259. Esto debido a que solamente se contaba con este material para la prueba, ya que no se disponía de la cantidad de plantas necesarias de otras variedades para incluirlas en el ensayo.

El medio de cultivo utilizado corresponde al mismo utilizado por DIECA durante el proceso de producción de rutina.

Al mes de establecido el ensayo se llevó a cabo el trasplante del material de los erlenmeyer a medio de en-

raizamiento con la respectiva disección de tallos que se realiza normalmente en el laboratorio de DIECA. Para el caso de los RITA's® el medio se cambió si realizar la disección.

Las variables utilizadas para la evaluación consistió en la tasa de multiplicación y la ganancia de peso de los tallos.

En forma paralela se llevó a cabo una prueba preliminar con las variedades NA 56-42 y CP 72-2086 para observar su comportamiento en los RITA's®.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la evaluación muestran una superioridad del tratamiento de 4 inmersiones con una densidad de 12 explantes por RITA®, en comparación con el sistema del laboratorio de DIECA, con respecto a lo que se refiere a la tasa de multiplicación. La tasa de multiplicación se determinó evaluando la cantidad de plantas totales obtenidas (Tasa de Multiplicación Bruta) y la cantidad de plantas con raíz (Tasa de Multiplicación Neta).

El cuadro 2, muestra que en lo que a ganancia de peso se refiere, ésta disminuye al aumentar la densidad de siembra debido a la mayor competencia y menor aprovechamiento del medio de cultivo. Aquellos RITA's® con una densidad de 12 explantes mostraron una ganancia de peso mayor, lo cual se ve reflejado en los datos del cuadro 3.

CUADRO 2.
Resultados de la evaluación de la adaptación de la caña de azúcar al sistema de reproducción *in vitro* por inmersión temporal.

Tratamientos		Ganancia en		Plantas producidas[1]				Tasa de multiplicación[1]					
Densidad	Inmersiones	peso (g)[2]		Enraizadas[2]		Total[2]			Neta[2]			Bruta[2]	
12	2	3,21	bc	138	abc	327	abc	1:	11	abdef	1:	27	abc
12	4	4,21	ab	214	bc	509	bc	1:	18	bcd	1:	42	bc
12	6	4,38	ab	191	bc	454	abc	1:	16	abcd	1:	38	abc
24	2	2,17	d	193	bc	459	abc	1:	8	abcdef	1:	19	abc
24	4	2,89	c	234	bc	556	bc	1:	10	acdef	1:	23	abc
24	6	3,00	c	201	bc	477	abc	1:	9	acdef	1:	20	abc
48	2	1,06	f	175	bc	416	abc	1:	4	adef	1:	9	ab
48	4	1,55	df	192	bc	457	abc	1:	4	adef	1:	10	ab
48	6	1,73	deg	163	abc	386	abc	1:	4	adef	1:	8	a
TESTIGO		1,23	efg	91	ab	151	ab	1:	8	acdef	1:	13	ab

Notas:
1. *Evaluada al instante del cambio de fase de multiplicación a enraizamiento.*
2. *Variables con la misma letra no difieren estadísticamente según prueba de Tukey al 5%.*

CUADRO 3.
Evaluación del efecto de la densidad de siembra y el número de inmersiones de la caña de azúcar reproducida *in vitro* mediante los sistemas RITA®.

Tratamientos		Ganancia en		Plantas producidas[1]		Tasa de multiplicación[1]					
		peso (g)[2]		Enraizadas[2]	Total[2]		Neta[2]			Bruta[2]	
Inmersiones	2	2,04	b	169	402	1:	7		1:	17	
	4	2,88	a	214	507	1:	11		1:	25	
	6	2,92	a	184	438	1:	9		1:	21	
Densidad	12	3,96	a	184	438	1:	15	a	1:	36	a
	24	2,74	b	211	501	1:	9	b	1:	21	b
	48	1,45	c	177	420	1:	4	c	1:	9	c

Notas:
1. *Evaluada al instante del cambio de fase de multiplicación a enraizamiento.*
2. *Variables con la misma letra no difieren estadísticamente según prueba de Tukey al 5%.*

En lo que respecta al número de inmersiones, no hay diferencia significativa entre 4 y 6 inmersiones, las cuales, según los datos del cuadro 3, tienen un efecto más eficaz que el tratamiento de 2 inmersiones.

Aunque las plantas que se reprodujeron mediante el sistema tradicional del laboratorio de DIECA presentaron buena apariencia, se pudo apreciar de manera cualitativa que las que se obtuvieron mediante los RITA's® mostraron un mayor vigor y tamaño. La figura 4 muestra un ejemplo de la apariencia de las plantas en los RITA's®.

Cabe destacar que tanto en el tratamiento Testigo como en los RITA's®, el enraizamiento fue bastante pobre por lo que se pudo apreciar una pérdida final bastante alta en lo que se refiere a la cantidad de plantas que se pudieron utilizar para la etapa de aclimatación. Esto se puede atribuir a una pobre respuesta de la variedad al ácido naftalenacético, el cual es utilizado como estimulante para el enraizamiento.

Las plantas que no poseían primordios radicales no eran de utilidad para la etapa final de aclimatación por lo que se contabilizaron como pérdidas. Tal y como lo muestra los datos del cuadro 4, las pérdidas fueron bastante altas para ambos sistemas.

CUADRO 4.
Pérdidas obtenidas durante la transición de la etapa de enraizamiento y de aclimatación de la caña de azúcar reproducida *in vitro* mediante el sistema RITA y el tradicional de frasco de vidrio.

Sistema	Número de Plantas			Porcentaje de Pérdida
	Sembradas	Perdidas	Saldo	
RITA's®	6.650	2.383	4.267	35,8
Erlenmeyers	1.900	732	1.168	38,5
TOTAL	8.550	3.115	5.435	74,4

CONCLUSIONES

- El sistema RITA® disminuye del costo de la mano de obra, debido a la facilidad de manipulación de los explantes y del cambio de medio. El manejo del material permite reducir hasta en un 50% el costo en mano de obra, en lo que a trasplantes se refiere.

- Los RITA's® favorecen una mejor nutrición mineral. Un contacto estrecho entre la superficie de los explantes y el medio durante la fase de inmersión. El aprovechamiento del medio de cultivo se incrementa en un 50% de 1,92ml por planta a 0,96ml por planta.

- La variedad B76-259 no permitió evaluar el potencial real del sistema RITA®, ya que esta variedad normalmente posee tasas de multiplicación aceptables. Pruebas paralelas de ensayo y error con las variedades CP72-2086 y NA56-42, produjeron resultados preliminares que llaman la atención en cuanto al comportamiento de estos materiales dentro de los RITA's®. La NA56-42 logró un incremento del 66.7% en su tasa de reproducción, en comparación a la tasa que normalmente presenta en el laboratorio de DIECA. Problemas técnicos surgidos con el sistema de inducción de aire al final de la prueba no posibilitaron la evaluación de la CP72-2086, sin embargo esta variedad se tiene prevista para una segunda etapa en la investigación.

- Costo de establecimiento del sistema es elevado. Al hacer el ejercicio con los datos experimentales podemos observar en el cuadro 5, que la inversión inicial es mucho mayor que la necesaria con los frascos de vidrio.

CUADRO 5.
Estimación de los costos de establecimiento del sistema RITA® para las variedad B76-259 y NA56-42.

B76-259				
Tipo de Recipiente	Plantas Producidas	Tasa de Multiplicación	Recipientes Necesarios	Costo (US$)
RITA®	1.152	*1:10	5	396
Erlenmeyer 250ml	1.152	*1:8	12	47
NA56-42				
RITA®	1.152	*1:5	10	792
Erlenmeyer 250ml	1.152	**1:3	32	125

– Las pérdidas potenciales por contaminación podrían ser mayores debido a la gran cantidad de material por recipiente, por lo que el efecto de una presunta contaminación sería más serio que en el caso de los frascos de vidrio. No obstante, la menor manipulación del material reduce sustancialmente el riesgo de contaminación.

– Pese a su alto costo, el sistema tiene gran potencial para su uso en caña. Los resultados obtenidos son muy satisfactorios, y es necesario realizar pruebas adicionales que permitan ajustar detalles para optimizar el uso de los RITA's® para su implementación en caña de azúcar.

NOTAS

a Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA). Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). Santa Gertrudis Sur, Grecia. Costa Rica. Tels.: 494-1129 / 494-2955 / 494-7555. Fax: (506) 494-4451. echavarria@laica.co.cr

b jalfaro@laica.co.cr

c Laboratorio de Biotecnología. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba. Costa Rica. Tel.: 558-2386. Fax.: (506) 558-2626. aguilarm@catie.ac.cr

d jortiz@catie.ac.cr

LITERATURA CITADA

1. BERNAL, A.; OCCEGUERA, Z.; JIMÉNEZ, M.; RIVERA, O.; GARCÍA, L.; DEFERIA, M. 2002. Empleo de los sistemas de inmersión temporal para la producción de vitroplantas de caña de azúcar. Biotecnología Vegetal 2(4): 201 – 206.

2. CHAVARRÍA, E.; JIMÉNEZ, B.; YEH, F. 1998. Resultados preliminares para el establecimiento del protocolo de multiplicación masiva *in vitro* de la caña de azúcar. *In*: 12vo Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica. Guanacaste, Costa Rica. p: 47 – 49.

3. CHAVES, M.; RODRÍGUEZ, M.; ALFARO, R.; VILLALOBOS, C.; ANGULO, A.; BARRANTES, J.C.; CALDERÓN, G.; RODRÍGUEZ, J.M. 2004. Censo de variedades de caña de azúcar sembradas en Costa Rica. Año 2003. Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar. Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar. San José, Costa Rica. Septiembre 2004. 126 p.

4. DEFERIA, M.; JIMÉNEZ, E.; CHÁVEZ, M. 2002. Empleo de sistemas de inmersión temporal para la multiplicación *in vitro* de brotes de *Saccharum* spp. var. IBP 89-112. Biotecnología Vegetal 2(3): 143 – 147.

5. VITROPIC S.A., 2006. Sistemas de inmersión temporal para cultivo de tejidos vegetal (en línea). Vitropic S.A., Saint Mathieu de Tréviers, Francia. Consultado en junio del 2006. Disponible en: http://perso.orange.fr/vitropic/rita/en/accueil.htm

CARACTERIZACIÓN ANATÓMICA DE TEJIDOS FUNDAMENTALES Y EPIDÉRMICO DE CUATRO VARIEDADES CAÑA DE AZÚCAR

Javier Fco. Alfaro Porras
Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar
Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar
E-mail: jalfaro@laica.co.cr

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue estudiar características anatómicas en los tejidos fundamentales (parénquima y esclerénquima) y epidérmicos de tallos de *Saccharum officinarum* L. y su utilización como descriptores morfológicos para separar variedades. Se utilizaron 4 variedades: LAICA 00-05, MEX 79-431, Q 96 y TCP 87-3388. Para ello se estudiaron 61 características anatómicas que consideraban tejidos fundamentales y epidérmicos en tres estratos desde la epidermis los largo del radio (t1, t2, t3). Se realizaron cortes transversales y longitudinales radiales en secciones a mano, teñido con toluidina azul y observado al microscopio de luz. Los datos se analizaron con respecto a 12 de esas características por análisis de componentes principales y conglomerados. Se encontró un 71.2% de la variabilidad explicada por los primeros tres componentes principales: 1) el primer componente principal está relacionado con materiales de tallos largos, floema abundante en la periferia, pero volúmenes celulares pequeños en las células de parénquima en el estrato medio radial del tallo; 2) el segundo componente principal con materiales con elevadas cantidades de nudos, pequeña área de la vaina fibrosa interna del haz vascular en t1 y pocas capas subepidérmicas; 3) el tercer componente principal con materiales básicamente con bajos volúmenes celulares parenquimáticos en t3 y haces vasculares angostos en la periferia.. Las características se agruparon en tres: 1) las relacionadas a volumen de células de parénquima de t2 y t3 y espesor de capas celulares; 2) las relacionadas a características de las haces vasculares en t1; 3) las relacionadas a largo del tallo y número de entrenudos. Es necesario agregar más variables como patrones celulares epidérmicos y contenidos de azúcares en los distintos estratos y aumentar la diversidad y el tamaño de la muestra.

INTRODUCCIÓN

En la caña de azúcar el mejoramiento genético de sus materiales ha sido esencial para el éxito que este cultivo tiene en las zonas en donde se cultiva (Chávez *et al*, 2004). Muchos de los problemas que presenta este cultivo sólo pueden ser superados sosteniblemente mediante mejoras en los materiales genéticos. En este caso el cambio constante que se da en el campo de las variedades responde a varios factores entre los que están rendimientos agroindustriales y enfermedades principalmente. Para esto es necesario, no sólo la expresión final (en términos de rendimiento o resistencia a una enfermedad) sino también conocer la estrategia que la planta utiliza para adaptarse a las nuevas condiciones impuestas por el hombre en el proceso de domesticación para aumentar su productividad. Este conocimiento sin duda alguna nos daría una mayor información en la selección de materiales para programas de mejoramiento. Es importante promover la integración de información proveniente de disciplinas como la anatomía, morfología y fisiología en los esfuerzos de fitomejoramiento, junto con la tradicionalmente obtenida de caracteres agronómicos e industriales (Artschwager y Brandes, 1958; Moore, 1987).

Debido a la importancia que tienen la acumulación y transporte de azúcares y agua, a la conocida vulnerabilidad de algunos materiales a enfermedades bacterianas como el raquitismo del retoño (*Leifsonia xyli* subsp *xyli*) (Australian Government, 2004), así como a algunos

herbicidas (Bolaños, 2006, conv. pers.), es que la variabilidad que muestran distintos materiales a estas características (Subirós, 1998) debe estudiarse con detenimiento. En estos casos la búsqueda y utilización de descriptores morfológicos confiables y fáciles de usar es imprescindible. Son varios los trabajos que se han realizado en este sentido, entre los importantes los de Artschwager (1925, 1939) y Gallacher (1995, 1996). Artschwager (1930) realizo extensos trabajos en anatomía de caña de azúcar, con particular énfasis en descriptores, uno de los más interesantes lo realizó en patrones celulares epidérmicos. Es por esto que se justifica un estudio de este tipo para corroborar la existencia de diferencias anatómicas a nivel de tejidos, principalmente de almacenamiento y vasculares, que puedan estar relacionados con las diferencias en el origen genético de cada material y a otras variables como contenido de fibra y composición de los jugos (que son de interés primordial para la parte industrial del sector).

El objetivo de este estudio fue estudiar características anatómicas en los tejidos fundamentales (parénquima y esclerénquima) y epidérmicos de tallos de *Saccharum officinarum* L. y su utilización como descriptores morfológicos para separar variedades.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para este estudio se utilizaron cuatro variedades de caña de azúcar, dos de ellas en evaluación, LAICA 00-05 (CTC 93-775 X ?) y TCP 87-3388 (CP 70-321 X ?), y dos de uso comercial, MEX 79-431 (Co 421 X MEX 57-473) y Q 96 (Co 270 X 33 MQ 157). Las dos primeras tienen valores de porcentaje de fibra similares, sin embargo, LAICA 00-05 es susceptible a herbicidas (Durán, 2006), mientras TCP 87-3388 tiene altísimos rendimientos en producción de azúcar. Por otro lado tanto la Q 96 y la MEX 79-431 tienen buen rendimiento en producción de azúcar tonelaje, pero la MEX 79-431 es alta en fibra. Todas provenientes de la parte baja de Grecia, de plantaciones destinadas para semilleros comerciales, con edades entre once y doce meses, caña planta o de primera soca.

Se colectaron 7 tallos a los que tomaron las medias de longitud desde el nudo +3 que sería el punto de referencia para identificar los entrenudos. Previo a los cortes manuales para observación al microscopio de luz se mantuvieron en frío a 4°C en bolsas plásticas por aproximadamente cuatro semanas hasta la preparación de los mismos. Se evaluaron 5 tallos de cada variedad y en cada tallo se evaluó el entrenudo completo más basal y se nombró en relación con el entrenudo correspondiente a la hoja +3. El entrenudo basal se dividió en tres secciones desde la epidermis hasta el centro del tallo (t1, t2, t3, respectivamente) en una sección radial de aproximadamente 1cm de espesor por 5cm de largo por el radio del entrenudo. A cada sección se le realizaron cortes transversales y longitudinales radiales a mano que se tiñeron con toluidina azul, se observaron al microscopio de luz y se fotografiaron con una cámara digital marca Hewlett-Packard Photosmart E317 de 5.1 megapixeles para hacer las mediciones. Las fotografías fueron calibradas fotografiando la escala Neubauer de un hemocitómetro marca Hausser Scientific.

Las características medidas se presentan en el Cuadro 1. Para el análisis se utilizaron las áreas aproximadas calculadas a partir de las medidas lineales originales (ver Figura 1B) de la siguiente manera: área de la vaina fibrosa interna del haz vascular (vfit1, vfit2, vfit3) (0.5 X ancho del haz X longitud de la vaina), área de xilema del haz vascular (xlt1, xlt2, xlt3) (ancho del haz X longitud del xilema), área de floema (flt1, flt2, flt3) (ancho del haz X longitud del floema), área de la vaina fibrosa externa del haz vascular (vft1, vft2,vft3) (0.5 X ancho del haz X longitud de la vaina), área transversal de las células de parénquima (apt1, apt2, apt3) (0.25 X diámetro mayor X diámetro menor).

Los datos de estas variables fueron tabulados y analizados mediante ACP y análisis de conglomerados (Rojas, 2003) utilizando el programa estadístico Minitab 14 Release ™. Se realizaron dos ACP, en el primero se utilizaron 42 de las 61 características medidas y su función era mostrar las características más útiles para el siguiente ACP que utilizó las características que contribuyeron más a la varianza explicada. Con esas mismas características se hizo un análisis de conglomerados de variables (agrupamiento jerárquico simple con distancias de coeficientes de correlación) y de observaciones (accesiones) (agrupamiento jerárquico de Ward con distancias euclidianas al cuadrado).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El anatomía del entrenudo de la caña de azúcar consiste básicamente de una cantidad variable de haces vasculares inmersos en tejido parenquimático y rodeado por una epidermis compuesta de células gruesas (Moore, 1984; Artschwager, 1925, 1940). Subepidérmicamente algunas de las células de parénquima tienen paredes celulares engrosadas y más internamente a este patrón se encuentran dispuestos numerosos haces vasculares en diversas etapas ontogénicas que constituyen un anillo periférico (Figura 1A). Los haces vasculares característicamente poseen una vaina fibrosa interna y otra externa, las que encierran las áreas vasculares de floema y xilema. En la figura 1B se observa un haz vascular con las medidas utilizadas.

En el proceso de realización de los cortes se observó variación en los patrones celulares, especialmente los que tenían que ver con los tejidos esclerenquimáticos

de los haces vasculares, mostrando grandes cantidades de haces con prominentes vainas vasculares en la periferia de los tallos, bajo la epidermis, disminuyendo hacia el centro del tallo (radialmente). Epidérmicamente, se notó variación en la composición celular subepidérmica, tanto en la cantidad de capas celulares como el espesor que éstas alcanzaban. Por otro lado el tejido parenquimático observado era muy diverso en cuanto a tamaños y distribución, pero en general tendían a tener mayores diámetros entre más se alejara de los haces vasculares. Es por estas observaciones y por los resultados obtenidos de los análisis estadísticos que se trató de utilizar características de los haces vasculares periféricos y tejidos epidérmico, además de otras características morfológicas como largo y número de entrenudos.

Para este estudio se utilizó el un método multivariado llamado análisis de componentes principales (ACP), en el cual se genera a partir de la matriz de datos iniciales otra constituida por componentes principales que no están correlacionados entre sí y cada componente principal sintetiza la máxima variabilidad residual contenida en los datos (Pla, 1986). De esta forma, el primer componente principal sintetiza la máxima variabilidad posible en el conjunto de datos originales, el segundo componente sintetiza la máxima variabilidad residual, sujeta a la condición de no correlación con el primer componente principal y así sucesivamente hasta el último componente.

Para reducir el número de características consideradas se realizó el primer ACP del que se obtuvieron los datos suficientes para seleccionar las que tuvieran más contribución a la variabilidad total de la muestra. Como se observa en el Cuadro 2, la varianza explicada en el ACP, utilizando 42 características, se distribuye sobre muchos componentes, con seis componentes principales se explica el 76.6% de la varianza, lo que hace complicada la interpretación.

En el Cuadro 3 se indican las correlaciones y las varianzas explicadas para las 42 características, donde se puede determinar distribución de la varianza explicada en muchas características. Sin embargo en las primeras doce se concentra gran parte de la varianza explicada. Es con estas doce características con las que se realizó el segundo y definitivo ACP. No se seleccionaron más características para éste por: 1) la siguiente característica en orden de magnitud de la varianza explicada, apt2, está muy relacionada con vpt2 en cuanto a magnitud de la varianza explicada y rasgo medido; 2) en las características siguientes la magnitud de la varianza explicada a través de los primeros seis componentes decrecen rápidamente (Cuadro 3).

En el Cuadro 4 se encuentran los valores propios y la proporción de la varianza explicada en el segundo ACP, del que se rescata que los primeros 3 componentes explican un 71.2% de la varianza, una situación bastante mejorada con respecto al anterior. En la Figura 2 se observa el comportamiento de los valores propios de los componentes en este análisis con 12 características. Los valores de las correlaciones entre las características y estos primeros tres componentes principales, así como las proporciones de la varianza explicada son mostrados en el Cuadro 5.

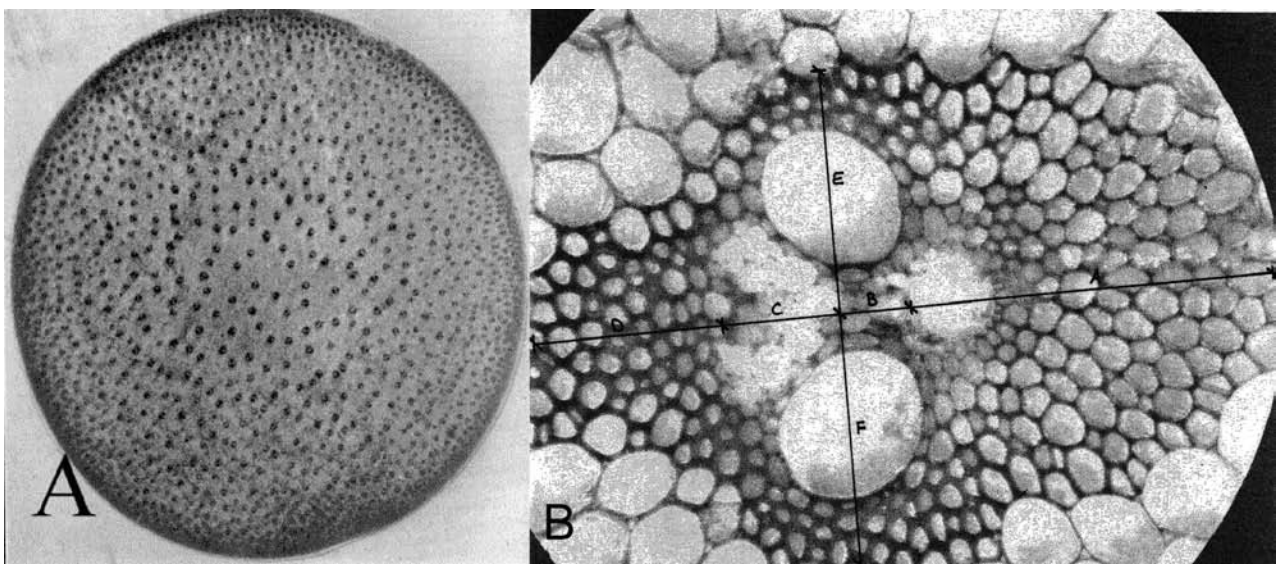


Fig. 1. A. Distribución de tejidos en corte transversal de un tallo de caña de azúcar. Nótese la configuración de los haces vasculares en la periferia y la ubicación de la epidermis. B. Haz vascular de caña de azúcar y las dimensiones utilizadas en este estudio: A, longitud de la vaina fibrosa interna (l1hvt1, l1hvt2, l1hvt3); B, longitud de xilema (l2hvt1, l2hvt2, l2hvt3); C, longitud de floema (l3hvt1, l3hvt2, l3hvt3); D, longitud de la vaina fibrosa externa (l4hvt1, l4hvt2, l4hvt3); E+F, ancho del haz vascular (ahvt1, ahvt2, ahvt3).

CUADRO 1
Características utilizadas en la caracterización de cuatro variedades de caña de azúcar

Variable	Significado
LT	largo del tallo
TOTIN	total de entrenudos
NOAIN	número de entrenudo analizado
LIN	largo del entrenudo analizado
DIN	diámetro del entrenudo analizado
ECCE	espesor de capas subepidérmicas en capas celulares
EMMCE	espesor de capas subepidérmicas en mm
NOHVMMT1	cantidad de haces vasculares por mm2 en estrato t1
L1HVT1	longitud de la vaina fibrosa interna del haz vascular en mm en estrato t1
L2HVT1	longitud entre el inicio del área de xilema y el inicio del área de floema del haz vascular en mm en estrato t1
L3HVT1	longitud entre el inicio del área de floema y el inicio de la vaina fibrosa externa del haz vascular en mm en estrato t1
L4HVT1	longitud de la vaina fibrosa externa del haz vascular en mm en estrato t1
LHVT1	longitud total del haz vascular en mm en estrato t1
AHVT1	ancho del haz vascular en mm en estrato t1
VFIT1	área de la vaina fibrosa interna en mm2 en estrato t1
XLT1	área del xilema en mm2 en estrato t1
FLT1	área del floema en mm2 en estrato t1
VFET1	área de la vaina fibrosa externa en mm2 en estrato t1
CPTMMT1	cantidad de células de parénquima por mm2 en corte transversal en estrato t1
D+PT1	diámetro mayor de células de parénquima en mm en estrato t1
D-PT1	diámetro menor de células de parénquima en mm en estrato t1
CPRMMT1	cantidad de células de parénquima por mm2 en corte radial longitudinal en estrato t1
LPT1	longitud de células de parénquima en mm en corte radial longitudinal en estrato t1
APT1	área transversal de células de parénquima en mm2 en estrato t1
VPT1	volumen de células de parénquima en mm3 en estrato t1
NOHVMMT2	cantidad de haces vasculares por mm2 en estrato t2
L1HVT2	longitud de la vaina fibrosa interna del haz vascular en mm en estrato t2
L2HVT2	longitud entre el inicio del área de xilema y el inicio del área de floema del haz vascular en mm en estrato t2
L3HVT2	longitud entre el inicio del área de floema y el inicio de la vaina fibrosa externa del haz vascular en mm en estrato t2
L4HVT2	longitud de la vaina fibrosa externa del haz vascular en mm en estrato t2
LHVT2	longitud total del haz vascular en mm en estrato t2
AHVT2	ancho del haz vascular en mm en estrato t2
VFIT2	área de la vaina fibrosa interna en mm2 en estrato t2
XLT2	área del xilema en mm2 en estrato t2
FLT2	área del floema en mm2 en estrato t2
VFET2	área de la vaina fibrosa externa en mm2 en estrato t2
CPTMMT2	cantidad de células de parénquima por mm2 en corte transversal en estrato t2
D+PT2	diámetro mayor de células de parénquima en mm en estrato t2

Variable	Significado
D-PT2	diámetro menor de células de parénquima en mm en estrato t2
CPRMMT2	cantidad de células de parénquima por mm2 en corte radial longitudinal en estrato t2
LPT2	longitud de células de parénquima en mm en corte radial longitudinal en estrato t2
APT2	área transversal de células de parénquima en mm2 en estrato t2
VPT2	volumen de células de parénquima en mm3 en estrato t2
NOHVMMT3	cantidad de haces vasculares por mm2 en estrato t3
L1HVT3	longitud de la vaina fibrosa interna del haz vascular en mm en estrato t3
L2HVT3	longitud entre el inicio del área de xilema y el inicio del área de floema del haz vascular en mm en estrato t3
L3HVT3	longitud entre el inicio del área de floema y el inicio de la vaina fibrosa externa del haz vascular en mm en estrato t3
L4HVT3	longitud de la vaina fibrosa externa del haz vascular en mm en estrato t3
LHVT3	longitud total del haz vascular en mm en estrato t3
AHVT3	ancho del haz vascular en mm en estrato t3
VFIT3	área de la vaina fibrosa interna en mm2 en estrato t3
XLT3	área del xilema en mm2 en estrato t3
FLT3	área del floema en mm2 en estrato t3
VFET3	área de la vaina fibrosa externa en mm2 en estrato t3
CPTMMT3	cantidad de células de parénquima por mm2 en corte transversal en estrato t3
D+PT3	diámetro mayor de células de parénquima en mm en estrato t3
D-PT3	diámetro menor de células de parénquima en mm en estrato t3
CPRMMT3	cantidad de células de parénquima por mm2 en corte radial longitudinal en estrato t3
LPT3	longitud de células de parénquima en mm en corte radial longitudinal en estrato t3
APT3	área transversal de células de parénquima en mm2 en estrato t3
VPT3	volumen de células de parénquima en mm3 en estrato t3

Según los valores de correlación entre las características y los primeros 3 componentes principales del segundo ACP el primer componente principal por tener alta correlación positiva con las características de lt y flt1 y correlación negativa con vpt2, lo que indica materiales de tallos largos, floema abundante en la periferia, pero volúmenes celulares pequeños en las células de parénquima en el estrato medio radial del tallo.

El segundo componente principal está correlacionado positivamente principalmente con las características totin y noain en menor cantidad y negativamente con vfit1 y ecce, agrupando materiales con elevadas cantidades de nudos, pequeña área de la vaina fibrosa interna del haz vascular en t1 y pocas capas subepidérmicas.

El tercer componente principal muestra alta correlación negativa con las variables vpt3, lpt3 y ahvt1, separando materiales básicamente con bajos volúmenes celulares parenquimáticos en t3 y haces vasculares angostos en la periferia.

De estos resultados se obtiene que estas 12 características tienen la capacidad de separar grupos con cierta confianza. Esto se puede observar a su vez por la varianza que explica cada característica con respecto a los tres primeros componentes utilizados, y en este caso las características que mayor correlación mostraron con los componentes principales tienen valores de proporción de la varianza mayores o iguales a 0.160.

CUADRO 2
Valores propios y proporción de la varianza explicada en el análisis de los componentes principales para 42 características en la caracterización de cuatro variedades de caña de azúcar.

Componentes principales	Valores propios	Proporción	Acumulado
CP1	11,879	0,283	0,283
CP2	5,198	0,124	0,407
CP3	4,804	0,114	0,521
CP4	3,978	0,095	0,616
CP5	3,348	0,08	0,695
CP6	2,985	0,071	0,766
CP7	1,887	0,045	0,811
CP8	1,703	0,041	0,852
CP9	1,228	0,029	0,881
CP10	1,142	0,027	0,908
CP11	1,038	0,025	0,933
CP12	0,681	0,016	0,949
CP13	0,629	0,015	0,964
CP14	0,506	0,012	0,976
CP15	0,334	0,008	0,984
CP16	0,248	0,006	0,99
CP17	0,183	0,004	0,995
CP18	0,147	0,003	0,998
CP19	0,083	0,002	1
CP20	0	0	1
…	0	0	1
CP42	0	0	1

En la Figura 3 se encuentra además la distribución de las variables originales sobre el primer y segundo componente principal. En esta figura, entre más cerca se encuentren los rayos, más correlacionadas estarán las características entre sí.

Así, lo primero que se observa es una fuerte correlación positiva con el primer componente de todas las variables y una distribución más o menos uniforme sobre el segundo componente. Más detalladamente se puede obtener que los pares de características más relacionados son: flt1y vfet1, ecce y lpt3, ahvt1 y vpt3, y en menor grado emmce y vfit1, y totin y noain.

Por otro lado, en la Figura 4 se observa la formación de tres grupos grandes de características relacionadas entre sí: 1) las relacionadas a volumen de células de parénquima de t2 y t3 y espesor de capas celulares; 2) las relacionadas a características de las haces vasculares en t1; 3) las relacionadas a largo del tallo y número de entrenudos.

Por último, en la Figura 5 el dendrograma muestra la separación casi completa de las accesiones utilizadas por la variedad, quedando únicamente 4 de las 20 accesiones no pudieron ser separadas por el agrupamiento de Ward y distancias euclidianas al cuadrado. Sin embargo, este comportamiento puede deberse a una característica que no esté siendo medida en este estudio, a una muestra pequeña o a algún otro factor no estudiado.

CONCLUSIONES

A través del ACP se pudo discriminar entre las variables que están aportando soluciones en la caracterización de materiales, concluyendo que los descriptores que se relacionen con la anatomía de conducción, almacenamiento y longitud de tallo pueden aportar

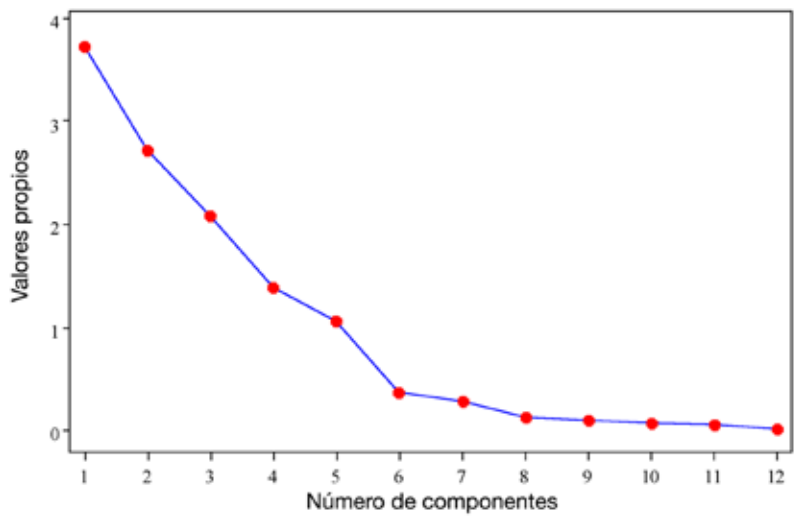


Fig. 2. Valores propios de cada componente principal en la caracterización anatómica de cuatro variedades de caña de azúcar con 12 características.

CUADRO 3
Correlación entre las variables y los seis primeros componentes principales (CP) y su respectiva proporción de la varianza explicada para las 42 características originales en la caracterización de cuatro variedades de caña de azúcar.

Variable	Correlaciones						Proporción de la varianza						
	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	Σ
lpt3	0,132	0,102	0,109	0,011	0,136	-0,388	0,017	0,010	0,012	0,000	0,018	0,151	0,209
totin	0,099	0,010	0,212	-0,276	-0,249	0,106	0,010	0,000	0,045	0,076	0,062	0,011	0,204
emmce	0,076	-0,149	0,077	0,304	0,177	0,211	0,006	0,022	0,006	0,092	0,031	0,045	0,202
noain	0,124	0,008	0,179	-0,259	-0,268	0,111	0,015	0,000	0,032	0,067	0,072	0,012	0,199
ecce	0,103	0,102	0,209	0,328	0,058	0,146	0,011	0,010	0,044	0,108	0,003	0,021	0,197
lt	0,077	0,143	0,295	-0,081	-0,064	0,259	0,006	0,020	0,087	0,007	0,004	0,067	0,191
ahvt1	0,115	0,210	-0,119	0,180	-0,229	0,171	0,013	0,044	0,014	0,032	0,052	0,029	0,186
flt1	0,172	0,110	-0,053	0,077	-0,314	0,171	0,030	0,012	0,003	0,006	0,099	0,029	0,178
vfit1	0,034	0,267	-0,044	0,244	0,191	0,071	0,001	0,071	0,002	0,060	0,036	0,005	0,175
vfet1	0,158	-0,028	-0,073	0,122	-0,357	0,024	0,025	0,001	0,005	0,015	0,127	0,001	0,174
vpt2	0,141	0,165	0,149	0,231	-0,025	-0,220	0,020	0,027	0,022	0,053	0,001	0,048	0,172
vpt3	0,176	0,034	0,207	-0,056	0,175	-0,243	0,031	0,001	0,043	0,003	0,031	0,059	0,168
apt2	0,155	-0,054	0,266	0,199	-0,124	-0,121	0,024	0,003	0,071	0,040	0,015	0,015	0,167
vfet3	0,138	-0,317	0,009	0,121	0,114	0,123	0,019	0,100	0,000	0,015	0,013	0,015	0,162
lin	0,069	0,311	0,077	-0,096	0,193	0,085	0,005	0,097	0,006	0,009	0,037	0,007	0,161
din	0,094	-0,031	-0,342	-0,137	0,060	-0,107	0,009	0,001	0,117	0,019	0,004	0,011	0,161
nohvmmt3	-0,012	0,076	0,060	-0,243	0,207	0,206	0,000	0,006	0,004	0,059	0,043	0,042	0,154
lhvt3	0,109	-0,342	0,006	0,099	0,067	0,095	0,012	0,117	0,000	0,010	0,004	0,009	0,152
lhvt1	0,159	0,191	-0,036	0,280	0,090	0,016	0,025	0,036	0,001	0,078	0,008	0,000	0,150
cprmmt1	-0,002	0,032	0,176	-0,200	0,191	0,199	0,000	0,001	0,031	0,040	0,036	0,040	0,148
xlt3	0,145	-0,110	-0,052	0,030	0,066	-0,326	0,021	0,012	0,003	0,001	0,004	0,106	0,147
xlt1	0,198	0,056	-0,059	0,145	-0,283	0,018	0,039	0,003	0,003	0,021	0,080	0,000	0,147
ahvt2	0,201	0,063	-0,269	-0,153	-0,015	-0,033	0,040	0,004	0,072	0,023	0,000	0,001	0,141
cptmmt1	-0,161	0,093	-0,046	0,035	0,226	0,227	0,026	0,009	0,002	0,001	0,051	0,052	0,141
lpt2	-0,038	0,259	-0,176	0,073	0,106	-0,149	0,001	0,067	0,031	0,005	0,011	0,022	0,138
vfit3	0,067	-0,320	-0,152	-0,026	-0,015	0,051	0,004	0,102	0,023	0,001	0,000	0,003	0,133
ahvt3	0,184	-0,236	-0,107	-0,017	0,089	-0,129	0,034	0,056	0,011	0,000	0,008	0,017	0,126
flt2	0,190	0,020	-0,256	-0,029	0,063	0,135	0,036	0,000	0,066	0,001	0,004	0,018	0,125
vfit2	0,186	0,164	-0,216	-0,103	0,066	0,042	0,035	0,027	0,047	0,011	0,004	0,002	0,125
apt3	0,164	-0,034	0,247	-0,083	0,140	-0,062	0,027	0,001	0,061	0,007	0,020	0,004	0,119
lhvt2	0,229	0,101	-0,119	-0,026	0,170	0,109	0,052	0,010	0,014	0,001	0,029	0,012	0,118
cptmmt3	-0,225	0,079	-0,153	0,158	-0,068	-0,029	0,051	0,006	0,023	0,025	0,005	0,001	0,111
cprmmt3	-0,161	-0,018	-0,109	0,031	0,126	0,224	0,026	0,000	0,012	0,001	0,016	0,050	0,105
nohvmmt1	-0,141	0,118	0,076	-0,212	-0,084	-0,107	0,020	0,014	0,006	0,045	0,007	0,011	0,103
flt3	0,171	-0,175	0,104	-0,003	0,175	0,009	0,029	0,031	0,011	0,000	0,031	0,000	0,101
cprmmt2	-0,187	-0,191	0,046	0,134	-0,078	-0,055	0,035	0,036	0,002	0,018	0,006	0,003	0,101
cptmmt2	-0,233	0,034	-0,187	-0,013	-0,052	-0,066	0,054	0,001	0,035	0,000	0,003	0,004	0,098
apt1	0,203	-0,078	-0,122	-0,123	-0,076	0,095	0,041	0,006	0,015	0,015	0,006	0,009	0,092
xlt2	0,220	0,065	-0,010	-0,150	0,077	-0,081	0,048	0,004	0,000	0,023	0,006	0,007	0,088
vpt1	0,232	0,014	-0,079	0,005	0,051	0,139	0,054	0,000	0,006	0,000	0,003	0,019	0,082
nohvmmt2	-0,109	-0,144	0,040	0,098	0,061	0,176	0,012	0,021	0,002	0,010	0,004	0,031	0,079
vfet2	0,185	-0,079	-0,099	-0,042	0,068	0,088	0,034	0,006	0,010	0,002	0,005	0,008	0,064

CUADRO 4

Valores propios y proporción de la varianza explicada en el ACP de las 12 características con mayor varianza explicada en el primer ACP en la caracterización de cuatro variedades de caña de azúcar.

Componentes principales	Valores propios	Proporción	Acumulado
CP1	3,732	0,311	0,311
CP2	2,721	0,227	0,538
CP3	2,087	0,174	0,712
CP4	1,391	0,116	0,828
CP5	1,058	0,088	0,916
CP6	0,369	0,031	0,946
CP7	0,286	0,024	0,970
CP8	0,129	0,011	0,981
CP9	0,101	0,008	0,989
CP10	0,067	0,006	0,995
CP11	0,054	0,004	0,999
CP12	0,007	0,001	1,000

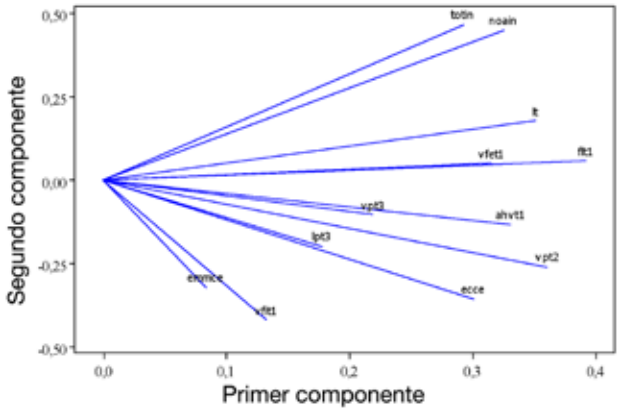


Fig. 3. Distribución de las 12 características originales sobre la primera y segunda componente principal en la caracterización de cuatro variedades de caña de azúcar.

CUADRO 5

Correlación entre las variables y los tres primeros componentes principales (CP) y su respectiva proporción de la varianza explicada por cada variable original en la caracterización de cuatro variedades de caña de azúcar.

Variable	Correlaciones			Proporción de la varianza			
	CP1	CP2	CP3	CP1	CP2	CP3	Σ
vpt3	-0,218	0,104	-0,555	0,048	0,011	0,308	0,366
lpt3	-0,177	0,197	-0,505	0,031	0,039	0,255	0,325
totin	0,292	0,469	0,120	0,085	0,220	0,014	0,320
noain	0,325	0,451	0,089	0,106	0,203	0,008	0,317
ahvt1	-0,331	-0,132	-0,404	0,110	0,017	0,163	0,290
flt1	0,392	-0,057	-0,304	0,154	0,003	0,092	0,249
vpt2	-0,360	0,260	-0,213	0,130	0,068	0,045	0,243
ecce	-0,301	-0,355	0,042	0,091	0,126	0,002	0,218
vfit1	-0,132	-0,419	0,075	0,017	0,176	0,006	0,199
vfet1	0,315	-0,051	-0,297	0,099	0,003	0,088	0,190
lt	0,351	0,177	0,075	0,123	0,031	0,006	0,160
emmce	-0,083	-0,321	0,112	0,007	0,103	0,013	0,122

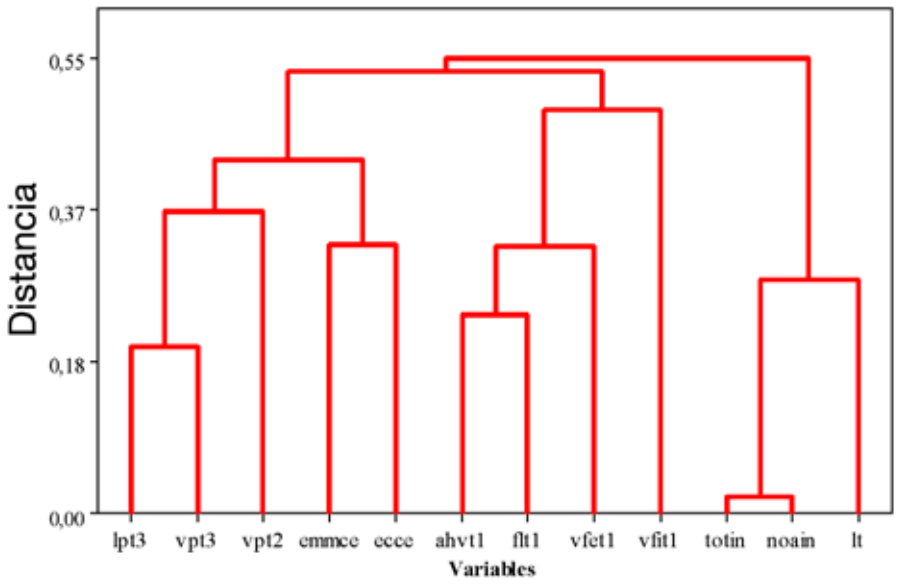


Fig. 4. Dendrograma de distancias entre 15 características cuantitativas de cuatro variedades de caña de azúcar (distancias de coeficientes de correlación y agrupamiento jerárquico simple).

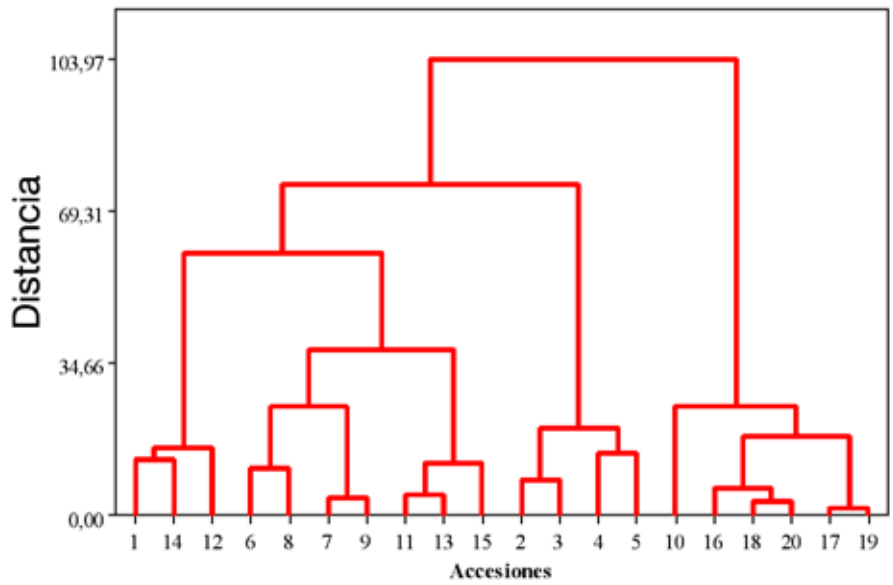


Fig. 5. Dendrograma de 20 accesiones de caña de azúcar construido a partir de 24 variables cuantitativas. (distancias euclidianas al cuadrado y agrupamiento jerárquico de Ward) Accesiones: 1-5 = LAICA 00-05, 6-10 = MEX 79-431, 11-15 = Q 96, 16-20 = TCP 87-3388.

información suficiente para separar algunas variedades, por lo tanto son útiles como descriptores morfológicos preliminarmente.

Los primeros componentes del ACP explicaron el 71.2% de la varianza y la correlación entre las características y los primeros 3 componentes principales indican que: 1) el primer componente principal está relacionado con materiales de tallos largos, floema abundante en la periferia, pero volúmenes celulares pequeños en las células de parénquima en el estrato medio radial del tallo; 2) el segundo componente principal con materiales con muchos entrenudos, pequeña área de la vaina fibrosa interna del haz vascular en t1 y pocas capas subepidérmicas; 3) el tercer componente principal con materiales básicamente con bajos volúmenes celulares parenquimáticos en t3 y haces vasculares angostos en la periferia.

Se encontraron tres grupos grandes de características relacionadas entre sí: 1) las relacionadas a volumen de células de parénquima de t2 y t3 y espesor de capas celulares; 2) las relacionadas a características de las haces vasculares en t1; 3) las relacionadas a largo del tallo y número de entrenudos.

Sin embargo, las debilidades mostradas son debidas a la naturaleza preliminar de este estudio. Aumentar

la muestra y diversificarla para subsanar esta situación es recomendable, asimismo, puede ser conveniente utilizar otras variables anatómicas, como patrones celulares epidérmicos (Artschwager, 1930) y mediciones de contenido de azúcares en secciones pequeñas por cromatografía líquida de alta precisión.

REFERENCIAS

1. Aponte, F.A.; Durán, J.R.; Riggioni, J.G. 1984. Catálogo de variedades. San José, Costa Rica. 44 p.
2. Artschwager, E. 1925|. Anatomy of the vegetative organs of sugar cane. Journal of Agricultural Research 30(3):197-242.
3. Artschwager, E. 1930. A comparative study of the stem epidermis of certain sugarcane varieties. Journal of Agricultural Research 41(12): 853-866.
4. Artschwager, E. 1940. Morphology of the vegetative organs of sugarcane. Journal of Agricultural Research 60(8):503-550.
5. Australian Government. 2004. The Biology and Ecology of Sugarcane (*Saccharum* spp. Hybrids) in Australia. Office of Gene Technology Regulator, Department of Health and Ageing, Australian Government. 31p.
6. Bolaños, J. 2006. Conv. pers. Ingeniero agrónomo de la Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar.
7. Chávez, M.; Rodríguez, M.; Alfaro, R.; Villalobos, C.; Angulo, A.; Barrantes, J.; Calderón, G.; Rodríguez, J. 2004. Censo de variedades de caña de azúcar sembradas en Costa Rica Año 2003. Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar, Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar. San José, Costa Rica. 126 p.
8. Durán, J.R. 2006. Conv. pers. Ingeniero Agrónomo de la Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar.
9. Flores, S. 2001. Las variedades de caña de azúcar en México. México. 308 p.
10. Gallacher, D.J. 1996a. Evaluation of sugarcane morphological descriptors using variance component analysis. Australian Journal of Agricultural Research 48(6):769-774.
11. Gallacher, D.J. 1996b. Optimized descriptors recommended for Australian sugarcane germplasm (*Saccharum* spp. hybrid). Australian Journal of Agricultural Research 48(6):775-780.
12. Gallacher, D.J.; Berding, N. 1996. Purpose, selection and application of descriptors for sugarcane germplasm. Australian Journal of Agricultural Research
13. Moore, P.H. 1987. Anatomy and Morphology. p: 85-142. *In*: Heinz, D.J. (Ed). Sugarcane improvement through breeding. N.Y., U.S.A.
14. Pla, L.E. 1986. Análisis multivariado: método de componentes principales. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos (OEA). Washington, D.C. 95 p.
15. Rojas, W. 2003. Caracterización Morfológica de Germoplasma Estudios de Casos. Caso1. Análisis de la variabilidad genética en quinua. p: 27-39. *In*: T.L. Franco; R. Hidalgo (eds). Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. Cali, Colombia.
16. Subirós, J. C. 1998. Calidad del jugo y contenido de fibra de tres variedades de caña de azúcar en un ciclo de crecimiento en guanacaste, Costa Rica. Agronomía Costarricense 22 (2): 173-184.
17. University of Florida. 2002. Sugarcane Botany: A brief view. Agronomy Department, Extension Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. 6 p.

SITUACIÓN ACTUAL DE LAS VARIEDADES DE CANA DE AZÚCAR EN CENTROAMÉRICA

Guilherme Rossi Machado Jr
g.rossi@merconet.com.br

Las condiciones edafoclimáticas desde la Latitud 13º N hasta el sur de los Estados Unidos cambian en muchos factores como: altitud, suelos, temperatura, lluvia y manejo, haciendo con que distintas variedades se ubiquen en las zonas cañeras de los varios países.

Las lluvias terminan en Septiembre y la zafra empieza en lo mismo mes en Loiusiana, en Río Grande Valley en Texas, en México y entonces empieza la zafra. En Guatemala las lluvias terminan en Octubre y la zafra empieza en ese mes al principio de Noviembre. En El Salvador, Honduras y Nicaragua las lluvias terminan principio de Noviembre y empiezan ellos a moler en esa fecha. Costa Rica ya termina las lluvias al final de Noviembre y empiezan la zafra en principio de Diciembre y Panamá hay lluvias hasta Diciembre y empiezan la zafra en Enero. Hay una distinta fecha de lluvia desde la zona temperada hasta los trópicos.

La variedad mas sembrada en Centro América debido al área con cañaverales de Guatemala es la CP 72-2086, que tenia 75% da área de cultivo de ese país, pero Honduras, El Salvador y Nicaragua también tienen un área significativa con esa variedad.

Esa variedad se encuentra presente también en Costa Rica aunque en menor escala, pero no se siembra ella en Panamá.

Esa variedad tiene una ligera susceptibilidad al Mosaico, es tempranera como todas de Florida y florea mucho. Tiene síntomas de mosaico en Guatemala

Una otra variedad que esta presente en muchos de eses países es la SP79-2233 que por su productividad agrícola, creció en área, aunque no tenga mucho azúcar. Es una variedad muy sensible a la *Aeneolamia* spp y la *Prosapia* spp y aunque desarrollada en secano necesita riego para crecer.

Una variedad que se encuentra sembrada en muchos ingenios es la Mex 69-290, así como también la Mex 68P23 que es todavía importante en algunos ingenios de Centroamérica. Otras variedades sembradas comercialmente son la CP 70-321, PR 75-2080, B 80-689, NA 56-42, B 82-333, B 70-360, RAGNAR, Ja 60-5, BBZ 80-240, B 74-125 y B 76-249.

Las variedades promisorias de Guatemala son del programa de desarrollo de variedades de CENGICAÑA con las variedades CG que empezó a liberar variedades en 1995 y algunas de la serie 96 y 97 ya tienen resultados muy promisorios. Entre las mejores están la CG 96-40, CG 97-100, CG 96-59, CG 96-52, CG 96-01 y algunas ya tienen sembrada en área comercial.

El programa más antiguo de Centro América es el Programa de las Variedades LAICA, conducido por la Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de azúcar (DIECA) de Costa Rica, que hace las cruzas en su Estación Experimental ubicada en Grecia en el Valle Central, y conduce ensayos en los proveedores y en los ingenios de la parte alta y la parte baja en la Región de Guanacaste, donde tiene como promisorias las variedades: LAICA 00-334, LAICA 00-344 y otras más.

Hay también en Costa Rica otras variedades promisorias, como es el caso de la Q 117, aunque con poca resistencia al carbón, la SP 87-0396, RB 86-7515, NA 73-2596, NA 85-1602, MEX 80-1428, CP 93-1634.

En Panamá las variedades promisorias son las siguientes: DB 88-24, BT 84-1002, DB 89-103, B 96-545 y otras.

En Nicaragua las variedades promisorias son la PR 85-2002, PGM 89-968, CP 89-2143, CP 73-1547 para puro principio de zafra y la Mex 79-131 que es tardía, no florea y tiene una buena productividad agrícola. Hay también las variedades CG 96-40, CG 97-100, CG 96-59, CG 96-52; así como la CP 88-1165 y la RD 75-11 que están en estadio final de evaluación para área comercial.

Los dos programas oficiales de variedades CG y LAICA siguen produciendo variedades y ahora tienen los ingenios Azucarera Nacional en AguaDulce, Panamá y Taboga en Guanacaste, Costa Rica, que empezaron a producir sus propias variedades por medio de plántulas desarrolladas en sus ingenios y seleccionadas para condiciones locales.

VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR PARA LA PRODUCCIÓN DE ETANOL Y PARA LA COGENERACIÓN ELÉCTRICA

Guilherme Rossi Machado Junior
G.Rossi Consultoría y Repres. g.rossi@merconet.com.br

INTRODUCCIÓN

Con los precios del petróleo en ascenso en los últimos años, la producción de etanol como sustituto del hidrocarburo sigue cada día más viable en su producción en los distintos países que dependen de ese combustible fósil. La caña de azúcar puede generar muchos productos y subproductos y el etanol es uno de ellos.

Las variedades para producción de etanol tienen las mismas características de las variedades para producción de azúcar. Para producción de azúcar uno necesita tener la mejor Pureza posible que es proporcionada por la madurez de la caña con azúcares reductores bajos. Cuanto la caña todavía esta inmadura el Brix esta alto con una alta cantidad de azúcares reductores, pero cuando la caña llega a su madurez la Pol (%) caña crece y el Brix sigue cerca haciendo con que la Pureza sea alta.

Para la producción de etanol interesa el Brix (%) caña, así es que en muchos países la curva de madurez de las variedades sigue una curva que empieza con un alto Brix y bajo Pol en forma de parábola que crece llega al pico y empieza la inversión volviendo a bajar.

En cuanto a Cogeneración de Energía hecha a partir de la quema de biomasa de la caña de azúcar, sigue siendo una manera de aprovechar la energía existente en el poder calorífico de la quema del bagazo y la paja de caña proporcionando producción de energía eléctrica. La biomasa producida por la caña hoy tiene valor económico y casi todos los ingenios de Brasil ya tienen su en actividad procesos de Cogeneración Eléctrica.

Hay dos maneras de utilizar la biomasa de la caña de azúcar, siendo la primera el uso del bagazo como combustible en calderas de alta presión que son muy eficientes.

El uso de variedades de alta fibra puede tener más biomasa para la producción de energía, pero hoy con esas calderas de alta presión se puede producir mucha energía. Hay algunos ingenios en Brasil que tienen un tonelaje de molienda diaria de 12,000 TM y consiguen Cogenerar 28 MW siendo 8 MW para el uso del ingenio y 20 MW para venta en la red de distribución.

La otra manera de producir energía es la de recoger el rastrojo de la caña después de unos 15 días de realizada la cosecha para que la humedad baje y entonces se hacen pacas con máquinas específicas las cuales son traídas al ingenio y son quemadas en las calderas, generando más energía que el bagazo por tener una menor humedad.

En el futuro si las cosechadoras de caña no tuvieren los motores hidráulicos utilizados para sacar y soplar la paja, el costo de ellas podrá ser mucho más bajo y tener condiciones para que todos utilicen las mismas.

El problema de la cosecha mecánica es el de poder optimizar las distintas operaciones involucradas, haciendo con que acontezcan pérdidas mínimas durante la cosecha. Los principales problemas con la cosecha mecánica en verde son las pérdidas debido a:

- Sistematización del área de cosecha
- Logística de la cosecha
- Pérdidas visibles e invisibles
- Cantidad de basura vegetal y mineral presente
- Rendimiento de la cosechadora y el transporte
- entrenamiento de los operadores
- Servicios de contratistas
- Compactación de los suelos y espaciamiento entre surcos
- Infestación de *Aeneolamia spp* y *Prosapia spp*.
- Elevada cantidad de paja presente sobre las cepas de caña
- Riesgo de quema
- Otras

La correcta manera de uso de las cosechadoras incluye también la utilización de un tiro largo, corte solamente en la dirección del volcamiento de la caña, cambio constante de cuchillas, velocidad de operación, mantenimiento constante, todo lo cual hace con que la calidad de la cosecha se optimice.

IMPORTACIÓN DE VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR A COSTA RICA POR PARTE DE DIECA. PERÍODO 1982 - 2006

Marco Chaves Solera
Director, Dirección Investigación y
Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA),
Costa Rica. E-mail: mchavezs@laica.co.cr

INTRODUCCIÓN

La variedad representa uno de los factores más determinantes e influyentes en la productividad de la caña de azúcar y su industrialización, razón por la cual procurar su optimización resulta ser un imperativo y una necesidad para cualquier programa de Mejoramiento Genético visionario.

Como oportunamente expresara Chaves (1995), *"La variedad cultivada ha constituido por tradición y predilección, el factor controlable de la producción posiblemente más determinante e importante en la agroindustria azucarera mundial. Esta aseveración se fundamenta en el hecho suficientemente comprobado, de que mediante el empleo de materiales genéticos idóneos, es posible inducir incrementos significativos en los niveles de producción de caña y azúcar por unidad de área."*

Lo anterior resulta cierto si consideramos que en la planta de caña de azúcar es donde reside el mayor beneficio que un productor puede percibir en su gestión empresarial, esto por cuanto puede lograr dentro de una misma estructura de costos una mayor cantidad de azúcar por unidad de medición: sea tonelada métrica, hectárea o simplemente un número específico de tallos. A esta relación se le ha dado en llamar RELACIÓN SACAROSA.

Por medio de dicha relación, se determina la cantidad de materia prima (caña) que es necesario procesar (moler) en el ingenio para fabricar una tonelada métrica (TM) de azúcar. Resulta por esto obvio, que una variedad más azucarera genera más beneficio productivo y económico, virtud de que debe mantenerse en el campo, cortarse, cargarse, transportarse y molerse menos caña en el ingenio para fabricar la misma TM de azúcar.

Con el objeto de contar con variedades del más alto nivel productivo, la agroindustria azucarera costarricense de manera continua y sistemática, introduce al país materiales genéticos calificados como promisorios por sus antecedentes, trayectoria o características genotípicas, fenotípicas y productivas. Esta labor la viene realizando la ***Dirección de Investigación y extensión de la Caña de Azúcar (DIECA)*** desde 1982 con muy buenos resultados.

¿POR QUÉ IMPORTAR?

La introducción de nuevos clones de caña ha sido y es una práctica tradicional y muy arraigada en todas las agroindustrias azucareras del mundo, por lo que lo que se hace en Costa Rica en esta materia no es una excepción a la misma. Siempre se han importado, importan actualmente y posiblemente seguirán importando clones de caña por mucho tiempo más en el país; esperamos que a futuro con menor intensidad por las razones y circunstancias que se expondrán más adelante.

La razón de importar clones es debida a la necesidad que se tiene, muy propia y particular del cultivo de la caña de azúcar, de identificar nuevos clones que sustituyan aquellos que por tiempo y uso pierden sistemáticamente, en grado variable, capacidad productiva volviéndose antieconómicos.

Chaves *et al* (1982, 1983, 1998) ha denominado este fenómeno como ***"Declinación Varietal"*** calificándolo más como ***"Síndrome";*** describiendo *"declinación varietal, como un proceso caracterizado por una lenta, progresiva y marcada reducción de los rendimientos agrícolas (TMC/ha), hasta el punto de volver antieconómico el cultivo y la permanencia de una variedad luego de acontecidos varios cortes o cosechas sucesivas."*

Consideran esos autores que dicho Síndrome es ocasionado por la presencia de agentes bióticos y abióticos

que operando de manera por lo general simultánea y en grado variable, ocasionan el problema de declinación productiva paulatina y sistemática de las plantaciones comerciales. Entre los posibles agentes causales citan los siguientes:

1. Deterioro sistemático de la fertilidad de los suelos.
2. Desarrollo paulatino de un estado físico desfavorable del suelo.
3. Efecto acumulativo de las plagas y las enfermedades.
4. Presencia de enfermedades carentes de síntomas y signos externos que las evidencien, o que pudieran no haber sido aún identificadas.
5. Cosechas muy tempranas de la planta sin respetar su ciclo vegetativo.
6. Desconocimiento del ciclo natural de maduración de la variedad, entre otros.

Este motivo, aunado al hecho de que como es bien sabido, el control fitosanitario de las plagas y las enfermedades es realizado mediante el uso de variedades tolerantes y/o resistentes, hacen obligante la renovación permanente de las variedades empleadas comercialmente por los agricultores.

Una de las vías para atender y resolver satisfactoria y económicamente esta situación, es mediante la importación de clones de caña procedentes de otros países, Centros y Estaciones Experimentales donde se generan (fabrican) por Cruzamiento e Hibridación de Progenitores sobresalientes.

Este método es conocido como la **VÍA ASEXUAL**, pues existe complementariamente la **SEXUAL** que también DIECA desarrolla haciendo cruzamiento de clones reconocidos y de antecedentes productivos satisfactorios, los cuales son nombrados y reconocidos internacionalmente por la Sigla LAICA.

ESTRATEGIA INSTITUCIONAL DE IMPORTACIÓN

Para viabilizar la posibilidad de importar clones promisorios de caña de azúcar al país, DIECA mantiene relación con muchos Centros Internacionales y Estaciones Experimentales de producción de variedades, con los cuales ha suscrito Acuerdos y Convenios de Adquisición o Intercambio de material genético.

A la fecha DIECA mantiene activos Convenios suscritos con los siguientes organismos: **Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar de Cuba** (**INICA**), **Estación Experimental Agroindustrial "Obispo Colombres" (EEAOC)** de Tucumán, Argentina; **Hawaii Agriculture Research Center (HARC)** de Hawai, USA; **Estación Experimental de Carpina** (Brasil, Pernambuco); **Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar** (**CENGICAÑA); Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza** (**CATIE)** de Turrialba, Costa Rica y **Departamento de Agricultura de los Estados Unidos** (**USDA**). Recién acaba finalizar la vigencia de otro que se tenía con el **Centro de Investigaciones de la Caña de azúcar de Colombia (CENGICAÑA)**. Además se tiene una estrecha relación con otros Programas y Países que amplían la capacidad de adquisición de clones promisorios.

¿DE DONDE PROCEDEN LOS CLONES?

El origen de las variedades importadas es muy amplio en geografía y diverso en composición genética, procurando con ello obtener variabilidad en las segregaciones que se generan con los cruzamientos.

El Cuadro 1 y la Figura 1 detallan el origen de los clones introducidos por DIECA a Costa Rica durante los últimos 24 años, Periodo 1982-2006, cuya mayor cantidad tiene como procedencia los EUA con un 47,28% del total importado correspondiente en este particular a 618 clones. Le siguen Brasil con 173 clones para un 13,24%, Barbados con 108 para un 8,26% y México con 67 para un 5,13%, entre otros 24 orígenes. Como se concluye, las variedades importadas proceden de 28 países diferentes.

Destacan orígenes exóticos y poco tradicionales como es el caso de Fiji, Filipinas, Java, Mauricio, Nueva Guinea, Reunión y Sudán, entre otros. Es importante indicar que por cada origen pueden darse varias Siglas, como acontece con los EUA quién posee 12 Siglas (16,0%) propias de un total de 75 Siglas, seguido por Australia con 11 (14,67%) y Brasil con 6 (8,0%), como lo expresa la Figura 2.

El Cuadro 2 y la Figura 3 cuantifican y muestran gráficamente por año, la cantidad de clones importados notándose que fue durante el 2004 cuando se introdujo la mayor cantidad, 142 que representa el 10,9%; seguido por 1998 con 138 (10,6%) y 1983 con 113 (8,7%), todo para un 30,1% del total correspondiente a 393 clones. En los 7 meses transcurridos del año 2006 ya se han importado 78 clones para un 6,0%. Solamente durante 1990 no se tuvo importación de clones. La media de importación nacional es de 54,5 clones por año.

Es importante señalar que estratégicamente resulta difícil el manejo adecuado de muchos clones en el corto tiempo por razones de capacidad, por lo cual se procura manejar cantidades que permitan su reproducción y evaluación posterior de forma expedita y satisfactoria; aquí cabe aquello de que no necesariamente en la cantidad está la calidad.

La política de DIECA en esta materia es identificar y preseleccionar bien lo que se va o espera introducir,

CUADRO 1
PAÍS (28) DE ORIGEN DE LAS VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR (1.307) INTRODUCIDAS POR DIECA DURANTE EL PERÍODO 1982 - 2006 (24 AÑOS)

PAÍS	NÚMERO			
	SIGLAS	%	VARIEDADES	%
ARGENTINA	4	5,33	31	2,37
AUSTRALIA	11	14,67	30	2,30
BARBADOS	1	1,33	108	8,26
BELICE	1	1,33	14	1,07
BOLIVIA	2	2,67	13	0,99
BRASIL	6	8,00	173	13,24
COLOMBIA	3	4,00	25	1,91
CUBA	3	4,00	36	2,75
FIJI	2	2,67	2	0,15
FILIPINAS	1	1,33	2	0,15
GUATEMALA	4	5,33	32	2,45
GUYANA	2	2,67	7	0,54
JAMAICA	1	1,33	21	1,61
JAVA	1	1,33	2	0,15
INDIA	4	5,33	16	1,22
MAURICIO	1	1,33	2	0,15
MÉXICO	3	4,00	67	5,13
NICARAGUA	1	1,33	1	0,08
NUEVA GUINEA	1	1,33	2	0,15
PANAMÁ	1	1,33	6	0,46
PUERTO RICO	1	1,33	52	3,98
REPÚBLICA DOMINICANA	3	4,00	17	1,30
REUNIÓN	1	1,33	2	0,15
SUDÁN	1	1,33	1	0,08
TAIWÁN	1	1,33	4	0,31
TRINIDAD Y TOBAGO	1	1,33	17	1,30
USA	12	16,00	618	47,28
VENEZUELA	1	1,33	5	0,38
OTRO *	1	1,33	1	0,08
TOTAL	75	100	1.307	100

* Se refiere a una variedad (M 337) sin origen claro.

procurando con ello incrementar las posibilidades y probabilidades de seleccionar clones con potencial productivo y de adaptación demostrado. Actualmente se viaja a seleccionar los clones en su país y lugar de entrega, con lo cual se asegura tipificar algo con alguna posibilidad comercial real para nuestras condiciones.

CUADRO 2
NÚMERO DE VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR INTRODUCIDAS POR DIECA AL PAÍS SEGÚN AÑO. PERÍODO 1982 -2006 (24 AÑOS)

AÑO	NÚMERO	%
1982	37	2,83
1983	113	8,65
1984	12	0,92
1985	11	0,84
1986	16	1,22
1987	32	2,45
1988	40	3,06
1989	55	4,21
1990	0	0,00
1991	20	1,53
1992	25	1,91
1993	18	1,38
1994	30	2,30
1995	60	4,59
1996	57	4,36
1997	30	2,30
1998	138	10,56
1999	86	6,58
2000	72	5,51
2001	80	6,12
2002	55	4,21
2003	95	7,27
2004	142	10,86
2005	5	0,38
2006	78	5,97
TOTAL	1.307	100,00

Cubre el período Agosto 1982 julio 2006.

¿QUÉ SE INTRODUCE AL PAÍS?

El Cuadro 3 describe por Sigla y País el origen de los 1.307 clones importados por DIECA durante los últimos 24 años, identificando además el origen de la semilla empleada en su obtención (Cruzamiento) y el lugar de selección de los respectivos clones. Este es un Cuadro de importancia estratégica que permite conocer las Siglas más introducidas y que son la base de nuestra agroindustria, lo que informa con mucha fidelidad sobre las mejores opciones genéticas de adaptación a nuestras condiciones productivas. Mucha de la orientación del Programa de Mejoramiento Genético de DIECA parte de la información contenida en este Cuadro, pues es básica y muy reveladora del potencial para identificar variedades promisorias para uso comercial.

CUADRO 3
NÚMERO DE CLONES (1307) SEGÚN SIGLA DE ORIGEN (75), INTRODUCIDOS A COSTA RICA
POR DIECA DURANTE EL PERÍODO 1982-2006 (24 AÑOS)

SIGLA	CANTIDAD		PAÍS DE ORIGEN	SEMILLA PROVENIENTE DE	VARIEDAD
	No.	%			SELECCIONADA EN
ATLAS	1	0,08	AUSTRALIA	CSR.LTD	AUSTRALIA
B	108	8,26	BARBADOS	BARBADOS	BARBADOS
BBZ	14	1,07	BELICE	BARBADOS	BELICE
BJ	21	1,61	JAMAICA	BARBADOS	JAMAICA
BO	3	0,23	INDIA	COIMBATORE (INDIA)	BIHAR-ORISSA (INDIA)
BRD	6	0,46	REPUBLICA DOMINICANA	BARBADOS	CENTRAL ROMANA, REPUBLICA DOMINICANA
BR	2	0,15	REUNIÓN	BARBADOS	REUNION
BT	17	1,30	TRINIDAD Y TOBAGO	BARBADOS	TRINIDAD Y TOBAGO
C	30	2,30	CUBA	CUBA	CUBA
CATO	1	0,08	AUSTRALIA	CSR.LTD	AUSTRALIA
CB	3	0,23	BRASIL	CAMPOS	BRASIL
CC	20	1,53	COLOMBIA	CALI, COLOMBIA	COLOMBIA
CCSP	3	0,23	COLOMBIA	BRASIL	COLOMBIA
CG	22	1,68	GUATEMALA	GUATEMALA	GUATEMALA
CGCP	4	0,31	GUATEMALA	CANAL POINT, FLORIDA	GUATEMALA
CGM	2	0,15	GUATEMALA	MEXICO	GUATEMALA
CIMCA	2	0,15	BOLIVIA	BOLIVIA	SANTA CRUZ DE LA SIERRA, BOLIVIA
CL	4	0,31	USA	CLEWISTON, FLORIDA	FLORIDA (USA)
Co	11	0,84	INDIA	COIMBATORE	COIMBATORE/ TAMIL NADU (INDIA)
CoK	1	0,08	INDIA	COIMBATORE, HARYANA (INDIA)	INDIA
CP	421	32,21	USA	CANAL POINT, FLORIDA	USA
CPCL	40	3,06	USA	CLEWISTON, FLORIDA	CANAL POINT, USA
CR	5	0,38	REPUBLICA DOMINICANA	CENTRAL ROMANA	REPUBLICA DOMINICANA
CRP	1	0,08	BRASIL	COOPERATIVA RIBERAO PRETO	BRASIL
CHUNNE	1	0,08	INDIA	ESPECIE (Saccharum barberi)	_
D	1	0,08	GUYANA	DEMERARA	GUYANA
DB	6	0,46	GUYANA	BARBADOS	DEMERARA, GUYANA
ENDOR	1	0,08	AUSTRALIA	CSR.LTD	AUSTRALIA
EROS	1	0,08	AUSTRALIA	CSR.LTD	AUSTRALIA

CUADRO 3
NÚMERO DE CLONES (1307) SEGÚN SIGLA DE ORIGEN (75), INTRODUCIDOS A COSTA RICA
POR DIECA DURANTE EL PERÍODO 1982-2006 (24 AÑOS)

SIGLA	CANTIDAD		PAÍS DE ORIGEN	SEMILLA PROVENIENTE DE	VARIEDAD
	No.	%			SELECCIONADA EN
F	4	0,31	TAIWAN	FORMOSA (TAIWAN)	TAIWAN
FAM	1	0,08	ARGENTINA	SAN MIGUEL DE TUCUMAN	TUCUMAN, ARGENTINA
H	81	6,20	USA	HAWAII	USA
Ho	3	0,23	USA	CANAL POINT, FLORIDA	USA
HoCP	14	1,07	USA	CANAL POINT	HOUMA, LOUISIANA, USA
IAC	1	0,08	BRASIL	CAMAMU/BAHIA	SAO PAULO, BRASIL
IANE	1	0,08	BRASIL	INSTITUTO AGRONOMICO DEL NORDESTE	BRASIL
KNB	1	0,08	SUDAN		KENANA
L	31	2,37	USA	LOUISIANA	LOUISIANA STATE UNIVERSITY, USA
LCP	5	0,38	USA	CANAL POINT, FLORIDA	LOUISIANA, USA
LHo	3	0,23	USA	HOUMA	LOUISIANA, USA
LTMEX	3	0,23	MEXICO		MEXICO
LUNA	1	0,08	AUSTRALIA	CSR.LTD	AUSTRALIA
M	2	0,15	MAURICIO	MAURICIO	MAURICIO
M 317 *	1	0,08	_	_	_
MALI	1	0,08	FIJI	FIJI	FIJI
MENTOR	1	0,08	AUSTRALIA	CSR.LTD	AUSTRALIA
MER	2	0,15	USA	MERIDIAN, MISSISIPI	USA
Mex	63	4,82	MÉXICO	TAPACHULA	MEXICO
MONTE ROSA**	1	0,08	NICARAGUA	NICARAGUA	NICARAGUA
My	4	0,31	CUBA	MAYARI	CUBA
MZC	2	0,15	COLOMBIA	MAYAGUEZ	COLOMBIA
NA	14	1,07	ARGENTINA	CHACRA SANTA ROSA	NORTE ARGENTINA, SALTA
NG	2	0,15	NUEVA GUINEA		NUEVA GUINEA
Phil	2	0,15	FILIPINAS	LUZON , FILIPINAS	FILIPINAS
SIGLA	CANTIDAD		PAÍS DE ORIGEN	SEMILLA PROVENIENTE DE	VARIEDAD
	No.	%			SELECCIONADA EN
PGM	4	0,31	GUATEMALA	MEXICO	GUATEMALA
POJ	2	0,15	JAVA	PROEFSTATION OAST JAVA	JAVA
PR	52	3,98	PUERTO RICO	GURABO, MAYAGUEZ	PUERTO RICO
Q	20	1,53	AUSTRALIA	MERINGA, QUEENSLAND	AUSTRALIA
RA	9	0,69	ARGENTINA	ARGENTINA	ARGENTINA
RAGNAR	1	0,08	AUSTRALIA	CSR.LTD	AUSTRALIA
RB	90	6,89	BRASIL	SERRA DO OURO, ALAGOAS	BRASIL
RBB	11	0,84	BOLIVIA	SERRA DO OURO, ALAGOAS	BOLIVIA
RD	6	0,46	REPUBLICA DOMINICANA	INGENIO DUQUESA	REPUBLICA DOMINICANA

CUADRO 3
NÚMERO DE CLONES (1307) SEGÚN SIGLA DE ORIGEN (75), INTRODUCIDOS A COSTA RICA
POR DIECA DURANTE EL PERÍODO 1982-2006 (24 AÑOS)

SIGLA	CANTIDAD		PAÍS DE ORIGEN	SEMILLA PROVENIENTE DE	VARIEDAD
	No.	%			SELECCIONADA EN
SP	77	5,89	BRASIL	CAMAMU, BAHIA	SAO PAULO, BRASIL
SPARTAN	1	0,08	AUSTRALIA	CSR.LTD	AUSTRALIA
SR *	6	0,46	PANAMA	INGENIO SANTA ROSA	PANAMA
TCP	13	0,99	USA	CANAL POINT, FLORIDA	WESLACO, TEXAS, USA
TRITON	1	0,08	AUSTRALIA	CSR.LTD	AUSTRALIA
TROJAN	1	0,08	AUSTRALIA	CSR.LTD	AUSTRALIA
TUC	7	0,54	ARGENTINA	TUCUMAN	ARGENTINA
UCW	2	0,15	CUBA	UNITED FRUIT CUBA, AMERICAN WEST INIDIES Co	CUBA
US	1	0,08	USA	HOUMA, CANAL POINT	CANAL POINT, USA
V	5	0,38	VENEZUELA	YARITAGUA, VENEZUELA	VENEZUELA
WAYA	1	0,08	FIJI	FIJI	FIJI
Z Mex	1	0,08	MEXICO	ZAPATEPEC, MEXICO	MEXICO
TOTAL (75)	1.307	100			

Se contabilizan los clones introducidos entre agosto de 1982 y abril de 2006 (24 años).
** Sin ubicación clara.*
*** Nombre local no incluido en Registros Internacionales de Nomenclatura de Variedades de Caña de Azúcar.*

El Cuadro 4 y la Figura 4 muestran y ubican por Sigla la cantidad de clones importada, destacando los clones de la Serie **CANAL POINT (CP)** originarios de la Estación Experimental del USDA, ubicada en Canal Point, estado de Florida, EUA, que son los que más a importado DIECA al introducir al país un total de 421 clones que representan el 32,2% del total nacional (1.307). Le siguen los de Barbados (B) con 108 para un 8,3%, República de Brasil (RB) con 90 para un 8,3% y Hawai (H) con 81 (6,2%). No pueden dejar de destacarse los correspondientes a la Serie São Paulo (SP) también brasileños con 77 clones para un 5,9%. Esas 5 Siglas representan un 59,45% (777 clones) del total introducido al país por parte de DIECA, lo que es muy revelador de su capacidad adaptativa y de producción.

Si se concilia lo importado con lo sembrado comercialmente en el campo, se encontrara una importante y estrecha correlación que no es fortuita ni producto de la casualidad, pues como se demuestra con la información aquí presentada, existe un paralelismo resultante de la estrategia de introducción, evaluación y selección de clones para uso comercial.

CUADRO 4
VARIEDADES DE CAÑA DE AZUCAR INTRODUCIDAS POR DIECA SEGÚN
SIGLA DE ORIGEN, DURANTE EL PERIODO 1982 -2006 (24 AÑOS)

SIGLA	PAIS	CANTIDAD	
		No.	%
CP	USA	421	32,21
B	BARBADOS	108	8,26
RB	BRASIL	90	6,89
H	USA	81	6,20
SP	BRASIL	77	5,89
Mex	MEXICO	63	4,82
PR	PUERTO RICO	52	3,98
CPCL	USA	40	3,06
L	USA	31	2,37
C	CUBA	30	2,30
CG	GUATEMALA	22	1,68
BJ	JAMAICA	21	1,61
Q	AUSTRALIA	20	1,53
CC	COLOMBIA	20	1,53
BT	TRINIDAD Y TOBAGO	17	1,30
NA	ARGENTINA	14	1,07
HoCP	USA	14	1,07
BBZ	BELICE	14	1,07
TCP	USA	13	0,99
RBB	BOLIVIA	11	0,84
Co	INDIA	11	0,84
SUB TOTAL	**21**	**1.170**	**89,52**
OTRAS	VARIOS (54)	137	10,48
TOTAL	75	1.307	100

Las variedades ingresaron entre agosto de 1982 y julio del 2006.

CONCLUSIONES

De acuerdo con lo comentado anteriormente, puede concluirse lo siguiente:

1. La importación de clones ha constituido una estrategia nacional orientada a incrementar la cantidad, calidad y diversidad de materiales genéticos de caña, que eleven las probabilidades de identificar variedades comerciales de alta productividad.

2. La introducción de clones vía importación (ASEXUAL) es complementaria a la de Cruzamiento e Hibridación (SEXUAL) desarrollada en el país mediante la cual se liberan clones identificado con la Sigla LAICA.

3. Durante el Periodo de 24 años transcurrido entre los años 1982-2006, DIECA ha introducido al país un total de 1.307 clones, originarios de 24 países diferentes y reconocidos por 74 Siglas de identificación diferentes.

4. La mayor cantidad de clones introducidos procede de los EUA con 618 que representa un 47,3% del total; seguido por Brasil con 173 (13,2%) y Barbados con 108 (8,3%), lo que representa un 68,8% (899 clones) de todo lo importado.

5. Esos 28 países cuentan con clones de 75 Siglas diferentes, siendo EUA el que más posee al disponer de 12 Siglas para un 16,0%, seguido por Australia con 11 para un 14,7% y Brasil con 6 (8,0%).

6. La mayor cantidad de clones importados ocurrió durante el 2004 al introducir 142 materiales que representan el 10,9%; seguido por 1998 con 138 (10,6%) y 1983 con 113 (8,7%), todo para un 30,1% del total, correspondiente a 393 clones. En los primeros 7 meses transcurridos del 2006 ya se introdujeron 78 clones para un 6,0%.

7. El conocimiento de las características y antecedentes de los progenitores empleados en los cruzamientos, es de trascendental importancia en el trabajo de Mejoramiento Genético, para conocer y sensibilizar la capacidad de adaptación de ciertas Siglas y orígenes de material genético.

8. Estratégicamente se procura identificar y preseleccionar los clones o Siglas que espera introducirse, como medida para incrementar las probabilidades de seleccionar algo comercialmente promisorio.

9. Las Siglas que más se han introducido por parte de DIECA al país han sido la CP con 421 clones para un 32,21%, seguida por Barbados (B) con un 8,26% (108 clones), RB con un 6,89% (90 clones), H con 81 clones para un 6,20% y los originarios de SP (São Paulo, Brasil) con una representatividad del 5,89% como resultado de los 77 clones introducidos. Esas 5 Siglas representan 777 clones y un 59,45% del total importado.

10. La realidad actual de cultivo comercial de variedades responde y está articulada a la orientación de importación de clones promisorios realizada desde hace 24 años por parte de DIECA.

Figura 1. Cantidad de Variedades de Caña Importadas (1.307) Según País Donde Fueron Seleccionada. Periodo 1982 - 2006

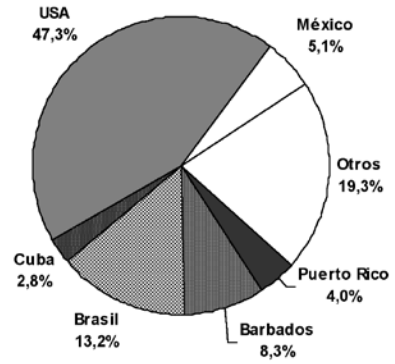


Figura 2. Origen de las Variedades de Caña Importadas (1.307) Según Sigla y País de Origen

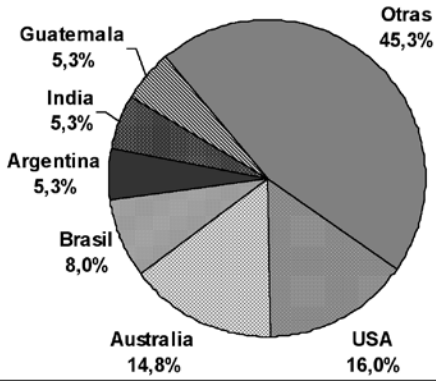
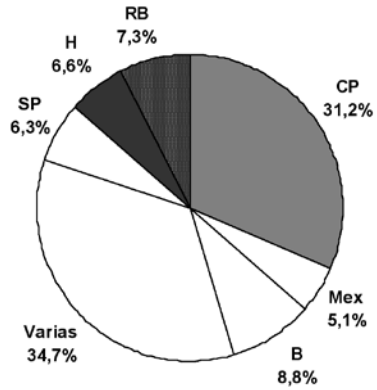


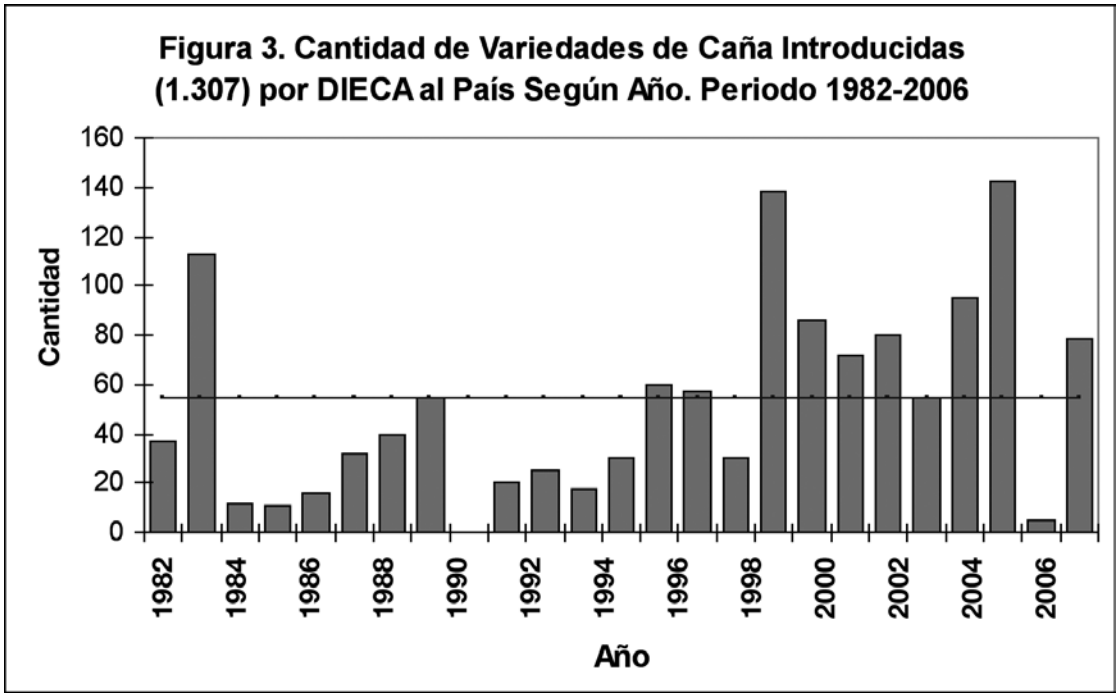
Figura 4. Distribución de las Variedades Importadas (1.307) Según Sigla. Periodo 1982 - 2006.



11. Resulta importante como estrategia institucional sectorial, mantener e incrementar la relación vinculación y articulación con Centros y Estaciones Internacionales de producción de Variedades, lo cual mantiene actualizada la disponibilidad de material de alto valor genético.

12. Queda demostrado que la participación de DIECA en la definición del componente genético de siembra de nuestras plantaciones comerciales, es efectiva y ha sido fundamental en la identificación de variedades promisorias por su buena adaptación y productividad agroindustrial en nuestras condiciones de cultivo.

Figura 3. Cantidad de Variedades de Caña Introducidas (1.307) por DIECA al País Según Año. Periodo 1982-2006



LITERATURA CONSULTADA

1. Chaves S., M. A.; Arias V., J.E.; Corrales, J.L. 1982. Rendimiento y Calidad de Cuatro Variedades de Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum*) Cultivadas en altura. In: Congreso Agronómico Nacional, 5, San José, Costa Rica, 1982. Resúmenes. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos, Julio. Volumen 1. p: 156-157.

2. Chaves S., M.A.; Arias V., J.E.; Corrales, J.L. 1982. Comportamiento de Cuatro Variedades de Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum*), Respecto al Rendimiento y la Madurez. In: Revista Azucarera ATACA (Costa Rica). Año 4, N° 2. setiembre. p: 55-65.

3. Chaves Solera, M. A. 1995a. Características de la Variedad Ideal de Caña para la Producción de Azúcar en Costa Rica. In: Simposio Sobre Mejoramiento Genético de la Caña de Azúcar en Costa Rica, 1, Puntarenas, Costa Rica, 1995.Memorias. Puntarenas, LAICA- DIECA, setiembre. p: 293-306.

4. Chaves Solera, M. A. 1995b. Variedades de Caña de Azúcar de Uso Comercial en Costa Rica: una Sinopsis Histórica. In: Simposio Sobre Mejoramiento Genético de la Caña de Azúcar en Costa Rica, 1, Puntarenas, Costa Rica, 1995.Memorias. Puntarenas, LAICA- DIECA, setiembre. p: 307-323.

5. Chaves Solera, M.A. 1995c. Evolución Varietal en Costa Rica: Oportunidad, Empirismo o Tecnicismo. In: Simposio Sobre Mejoramiento Genético de la Caña de Azúcar en Costa Rica, 1, Puntarenas, Costa Rica, 1995.Memorias. Puntarenas, LAICA- DIECA, setiembre. p: 334-346.

6. Chaves Solera, M et al. 1998. Estimación del Área Cultivada con Caña de azúcar en Costa Rica y determinación del Índice de Rendimiento Agrícola, Según Región y Rango de entrega de Materia Prima al Ingenio. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, marzo. 189 p.

7. Chaves, M. 2000. Dinámica de Siembra Comercial de las Principales Variedades de Caña de Azúcar en Costa Rica, Durante el Periodo 1960-1999. In: Congreso de ATALAC, 5, Congreso ATACA, 13 y Congreso ATACORI, 14, Heredia, Costa Rica. Setiembre 2000. Poster. San José, Asociación de técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI). p:11-12.

8. Chaves Solera, M. 2006. Importancia de las Variedades de Caña de azúcar Como Factor de Productividad y Competitividad Agroindustrial. Agricultura y Ganadería de Centroamérica (Costa Rica) 1er Aniversario, 2006. 5 p.

9. Durán, J.R; Chaves, M. 2000. Origen del Material Genético de Caña de Azúcar, Introducido por DIECA Desde 1982 a 1999. In: Congreso de ATALAC, 5, Congreso ATACA, 13 y Congreso ATACORI, 14, Heredia, Costa Rica. Setiembre 2000. Poster. San José, Asociación de técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI). p: 13.

EXPERIENCIAS Y RESULTADOS OBTENIDOS CON LOS CRUZAMIENTOS GENÉTICOS Y LA BÚSQUEDA DE NUEVAS VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR DE LA SERIE LAICA EN COSTA RICA

José Roberto Durán Alfaro
Marvin Oviedo Alfaro
Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar
e-mail: jduran@laica.co.cr, moviedo@laica.co.cr

INTRODUCCIÓN

El contar con variedades adaptadas y de buen comportamiento agroindustrial, sigue siendo un aspecto fundamental para competir en la producción de azúcar en cualquier país o lugar del mundo. Es por este motivo que existen Estaciones Experimentales en la mayoría de países productores de caña de azúcar, las cuales cuentan con fuertes programas de Mejoramiento Genético y Técnicos muy capacitados en este campo, todos con el objetivo bien claro de obtener las mejores variedades. No obstante lo anterior, el encontrar variedades superiores a las que se están cultivando (Testigos), sigue siendo una labor sumamente difícil y sino solo basta analizar el número de variedades realmente sobresalientes que se obtienen por año en las principales Estaciones Experimentales de Caña de Azúcar del mundo.

A pesar de lo anterior es necesario estar realizando este trabajo permanentemente, para mantener latente la posibilidad de encontrar justamente esa variedad que contenga la mayor cantidad posible de características positivas para llegar a sobresalir en un determinado lugar, región o país.

En el caso de Costa Rica la búsqueda de nuevas variedades por parte de DIECA (Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar), se realiza siguiendo dos vías; la primera es mediante la Introducción de Variedades del Extranjero y la segunda es a través de un programa pequeño de Cruzamiento Genético que se inició en el año 1998, sin embargo las primeras evaluaciones y selección de clones en el campo se hicieron en el año 2001, contando a la fecha con seis años de estar evaluando materiales totalmente nacionales, ya que antes de esto se venían obteniendo también clones LAICA pero a partir de semilla sexual procedente de otros países principalmente de Brasil.

A través de estos siete años de estar realizando cruzamiento en nuestro país, la experiencia adquirida ha sido sumamente interesante, tanto en lo que a obtención de semilla sexual se refiere, como en el comportamiento observado de los clones en el campo.

A pesar de no contar con ninguna variedad LAICA (producto de los cruzamientos genéticos realizados en Costa Rica) que se este cultivando comercialmente, si se han encontrado clones con muy buena respuesta, los cuales compiten bastante bien con las variedades comerciales y con clones sobresalientes del extranjero.

Este programa de búsqueda de variedades LAICA a partir de semilla sexual obtenida en nuestro país, en realidad es muy pequeño ya que en promedio se trabaja con 25000 plántulas al año, sin embargo sigue siendo una alternativa muy importante para mantener vivas las posibilidades de encontrar variedades de buen comportamiento para las distintas regiones cañeras del país.

CANTIDAD DE SEMILLA SEXUAL OBTENIDA

En el Cuadro 1 se ofrece el detalle sobre la cantidad de semilla sexual obtenida por el Programa de Mejoramiento Genético de DIECA, durante los 8 años que se han realizado cruzamientos genéticos en nuestro país, incluyendo en este caso el año 1998 que prácticamente fue un año de prueba.

En total durante estos 8 años se han obtenido 5.027,30 gramos de semilla sexual de los cuales el 53,23% corresponde a cruces biparentales y el restante 46,77% a policruces. Esta cantidad de semilla ha sido suficiente

para obtener el número de plántulas que anualmente requiere el programa.

CUADRO 1
Semilla Sexual Obtenida en los Cruzamientos Efectuados por DIECA (Gramos)

Año	Cruce Biparental (g)	%	Policruce (g)	%	Total (g)
1998	98,70	72,90	36,70	27,10	135,40
1999	439,70	60,81	283,40	39,19	723,10
2000	475,30	87,48	68,00	12,52	543,30
2001	318,00	62,55	190,40	37,45	508,40
2002	160,00	36,60	277,10	63,40	437,10
2003	439,80	49,74	444,40	50,26	884,20
2004	333,70	40,97	480,80	59,03	814,50
2005	411,00	41,88	570,30	58,12	981,30
TOTAL	**2.676,20**	**53,23**	**2.351,10**	**46,77**	**5.027,30**
PROMEDIO	**334,53**	**53,23**	**293,89**	**46,77**	**628,41**

CANTIDAD DE SEMILLA SEXUAL SEMBRADA Y NÚMERO DE PLÁNTULAS TRASPLANTADAS

La cantidad de semilla sexual sembrada por año es variable, lo que obedece directamente a los porcentajes de germinación que ofrezcan los distintos progenitores utilizados, tal y como se aprecia en el Cuadro 2 en lo referente al número de plántulas promedio obtenidas por año y por gramo de semilla sexual sembrada.

En estos ocho años el promedio general de plántulas obtenidas por gramo de semilla sembrada, ha sido de 110,08, el cual se considera como aceptable, ya que la semilla que se utiliza no recibe con anterioridad ninguna limpieza. El año donde más problemas se presentaron fue en el 2004, no tanto en germinación sino con muerte de plántulas después de haber germinado, debido a la utilización de un sustrato de siembra de baja calidad. También en este Cuadro 2 se puede apreciar el detalle de la cantidad de plántulas transplantadas por año a bandejas, siendo en este caso un total de 207.817 plántulas, lo que en promedio equivale a 25977 plántulas por año, cantidad que se había proyectado manejar por este programa.

CUADRO 2
Cantidad (g) de Semilla Sexual de Caña de Azúcar Sembrada, Total de Plántulas. Obtenidas (g) y Total Trasplantadas en los Últimos 8 Años 1999-2006

Año	Semilla	Plántulas	**Plántulas**
	Sembrada (g)	**Obtenidas (g)**	**Trasplantadas (Nº)**
1999*	147,30	172,60	25.420
2000	213,50	116,35	24.840
2001	222,60	117,50	26.155
2002	207,10	153,87	31.866
2003	309,80	80,90	25.450
2004	268,40	64,60	17.339
2005	287,60	96,00	27.607
2006	231,60	125,82	29.140
Total	**1887,90**		**207.817**
Promedio	**235,99**	**110,08**	**25.977**

* *A partir de este año se comenzó a utilizar semilla nacional.*

PLÁNTULAS EVALUADAS HASTA LA FECHA

Hasta el año 2000 casi la totalidad de las plántulas evaluadas en nuestro país provenían de semilla sexual importada principalmente de Brasil.

En el año 2001 se comenzó con la selección de plántulas de origen totalmente nacional ya que provenían de las primeras siembras de semilla sexual obtenida en Costa Rica y sembrada en el año 1999. En el Cuadro 3 se ofrece el detalle sobre la cantidad de plántulas evaluadas hasta la fecha (2006) en cada una de las cinco regiones en las cuales se evalúa material, así como el número de clones obtenidos en la primera fase, con el respectivo porcentaje de selección. Cabe señalar que la selección se realizar en caña de primera soca.

Hasta el momento se han evaluado un total de 121.590 plántulas de las cuales se han obtenido 992 clones, lo que representa un 0,82% de selección. Anteriormente con semilla sexual importada el porcentaje de selección era de 0,44%.

La región del Pacífico Seco (Guanacaste) sobresale por ser donde se ha evaluado la mayor cantidad de plántulas y es donde se han obtenido el mayor número de clones. Esto obedece a que en esta región se evalúan plántulas en tres ingenios distintos.

CUADRO 3
Cantidad de Plántulas Evaluadas, Número de Clones Seleccionados y Porcentaje de Selección Obtenida en Cinco Regiones Cañeras del País con Semilla Sexual Nacional

Región	Total de Plántulas	No. de Clones	% de Selección
	Evaluadas	Seleccionados	
Grecia	21.318	234	1,10
Turrialba	22.521	229	1,02
Guanacaste	44.425	328	0,74
Pérez Zeledón	15.818	106	0,67
San Carlos	17.508	95	0,54
Total	**121.590**	**992**	**0,82**

PORCENTAJES DE SELECCIÓN OBTENIDOS EN LA PRIMERA FASE O VIVEROS PRIMARIOS

Los porcentajes de selección obtenidos por año en cada una de las regiones se ofrecen en el Cuadro 4. Como se aprecia en la región del Valle Central Occidental (Grecia) es en donde se ha obtenido el mayor porcentaje de selección promedio que es de 1,10 y por el contrario la Región Norte (San Carlos) se mantiene con el porcentaje de selección más bajo, siendo este en promedio de 0,54%. Estos porcentajes varían por Región y por Año, lo que obedece a que todos los años se evalúan diferentes progenitores y a las distintas condiciones edafoclimáticas prevalecientes en las regiones cañeras, que hacen que cambie el comportamiento de los materiales evaluados.

En la Región Norte (San Carlos) la alta precipitación pluvial induce a una disminución en la concentración de azúcar de los clones a evaluar, lo que baja aún más las posibilidades de encontrar clones con buen comportamiento en esta región.

Además en el Cuadro 4 en la primera columna se ofrece el porcentaje de selección promedio obtenido en cada una de estas regiones entre el año 1994 y el año 2000, cuando este programa trabajaba con semilla sexual importada. Al comparar estos porcentajes con los obtenidos del año 2001 para acá en donde se ha utilizado semilla producida en nuestro país, se aprecia un aumento bastante marcado en los porcentajes de selección obtenidos en los viveros primarios, ya que se paso de 0,44% a 0,82% como promedio general de selección, lo que representa un 86% de aumento. Esto responde principalmente a la utilización de progenitores más adaptados, ya que en los últimos años se han utilizado en los cruzamientos un buen número de variedades que son comerciales y promisorias en las distintas regiones cañeras del país.

El hecho de obtener porcentajes de selección más altos en esta primera fase hace que se cuente con un mayor número de clones dentro del proceso de evaluación, aumentando de esta manera las probabilidades de encontrar una nueva variedad.

PROGENITORES UTILIZADOS POR EL PROGRAMA

Como fue mencionado anteriormente los progenitores que se han utilizado en los cruzamientos durante estos 8 años han sido principalmente variedades comerciales y algunas promisorias en las distintas regiones cañeras de nuestro país.

En este caso una vez que se realizan los cruzamientos las plántulas obtenidas se dirigen a las regiones tomando en consideración que el progenitor haya mostrado un buen comportamiento en la misma.

En el Cuadro 5 se ofrecen de forma general los porcentajes de selección promedio obtenidos hasta la fecha

CUADRO 4
Porcentaje de Selección Obtenidos por Región Durante los Años 1994-2006

REGION	SEMILLA IMPORTADA								SEMILLA NACIONAL							%
	94	95	96	97	98	99	2000	Prom	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Prom	A S V P
GRECIA	0,59	_	0,29	0,41	_	0,08	0,41	**0,43**	1,01	1,85	0,73	0,98	1,5	0,55	**1,10**	155
TURRIALBA	0,72	_	0,5	_	_	0,88	0,18	**0,61**	1,22	1,31	0,72	0,89	0,87	0,65	**1,02**	67
GUANACASTE	0,65	_	0,39	0,23	_	_	0,29	**0,46**	1,07	0,81	0,59	0,36	0,94	0,85	**0,74**	61
SAN CARLOS	0,3	_	0,13	_	0,4	_	0,24	**0,3**	0,53	0,51	0,54	0,55		0,58	**0,54**	80
PEREZ ZELEDON	0,64	_	0,55	0,54	_	0,13	0,26	**0,48**	1,08	_	0,53	0,45	0,62	0,87	**0,67**	40
TOTAL	**0,57**	_	**0,35**	**0,4**	_	**0,56**	**0,28**	**0,44**	**1,00**	**0,86**	**0,61**	**0,62**	**0,98**	**0,74**	**0,82**	**84**

% A S V P Porcentaje de aumento en la selección de viveros primarios con la utilización de semilla nacional.

de acuerdo al origen de los progenitores utilizados. En este caso sobresalen los cruces donde se ha utilizado la variedad Saboriana (Variedad que se cultiva en la Región de San Carlos y se desconoce su identidad original) con la cual se ha obtenido en promedio 1,47% de selección.

Esta variedad produce progenies de aceptable número de tallos, buen diámetro y brix bajo, por lo que se ha estado cruzando con variedades de alto contenido azucarero.

Respecto a las variedades Hawaianas que se han utilizado, estas también dan progenies de rápido crecimiento, aceptable número de tallos, buen diámetro y brix de medio a bajo, por lo que se cruzan también con variedades bien azucareras. Estos progenies de variedades Hawaianas son evaluados principalmente en los lugares con altitudes que oscilan entre 1000 y 12000 msnm (Grecia, Turrialba, Juan Viñas).

En tercer lugar aparecen los cruces con sangre Coimbatore utilizando principalmente la Variedad Co 421. En este caso se obtienen cepas de muy buen número de tallos, diámetro y brix aceptable, sin embargo de mal despaje. Otro grupo importante son los cruces en donde interviene la Variedad Q 96, la cual ofrece progenies con aceptable número de tallos, diámetro de medio a delgado, excelente brix, y crecimiento algo abierto.

Los progenitores con los porcentajes de selección más bajos han sido principalmente los cruces con las variedades CR 61-01, RB 73-9735, RB 77-3703 y SP 79-2233. Las progenies de estas variedades han ofrecido normalmente cepas con diámetro de medio a delgado y bajo brix al momento de selección.

Cuando se han seleccionado plántulas cuyos progenitores son originarios de Canal Point, también los porcentajes de selección han sido bajos debido a la presencia de altos porcentajes de floración y contenido de corcho en los tallos.

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS CONSIDERADAS AL MOMENTO DE SELECCIONAR LAS PLÁNTULAS EN LOS VIVEROS PRIMARIOS

Los viveros primarios se seleccionan en primera soca a la edad de 12 meses y como criterios de selección más importantes se consideran los siguientes: baja incidencia o no presencia de enfermedades importantes como la roya, carbón y mosaico, descarte de aquellas cepas con alta intensidad de floración acompañada de contenidos altos de corcho en el tallo, o alta presencia de rajaduras o raíz área en el tallo. Referente al número de tallos por cepa se le da preferencia a aquellas cepas que contengan por lo menos siete tallos. En cuando a diámetro de tallo el lineamiento es a escoger clones de diámetro medio hacia arriba (de 2,5 centímetros en adelante). La otra característica fundamental es el contenido de Brix, el cual se obtiene con una muestra de al menos tres tallos de la cepa y el mismo es comparado con el ofrecido por las variedades Testigo.

CUADRO 5
Orígenes de los Principales Progenitores Utilizados en los Cruzamientos y Resultados Obtenidos

ORIGEN DE LOS PROGENITORES	TOTAL PTS	# CLONES	% SELECCIÓN
SABORIANA	4565	67	1,47
HAWAI (H 68-1158, H 73-6110, H 77-4643)	12695	176	1,39
COIMBATORE (Co 421)	9113	89	0,98
QUEENSLAND (Q 96)	19501	180	0,92
REPUBLICA DOMINICANA (RD 75-11, RD 75-10)	17981	151	0,84
BARBADOS (B 76-259, B 82-50)	9217	77	0,83
TEXAS CANAL POINT (TCP 87-3388, TCP 93-4245)	3801	24	0,63
CANAL POINT (CP 72-1210, CP 72-2086, CP 92-1167)	9812	59	0,60
OTRAS (NA 56-5-42, MEX 69-290, PINDAR)	6753	38	0,56
SAN PABLO (SP 79-2233)	16547	82	0,5
REPUBLICA DE BRASIL (RB 73-9735, RB 77-3703)	6845	32	0,47
CENTRAL ROMANA (CR 61-01)	4760	17	0,36
PROMEDIO			0,82
TOTAL	**121590**	**992**	

En el Cuadro 6 se ofrecen en forma resumida los promedios por Región respecto al número de tallos por cepa, diámetro de tallo y porcentaje de Brix obtenidos en las cepas o clones que hasta el momento se han seleccionado.

Respeto al número de tallos por cepa se observan diferencias marcadas entre las regiones, siendo Grecia la que posee el promedio mayor con 13,42 tallos por cepa y por el contrario Pérez Zeledón es el menor con 9,2 tallos por cepa. Esta variable esta muy influenciada por el progenitor utilizado y por las características de suelo y clima de cada región.

En cuanto al diámetro promedio de tallo también se aprecian variaciones entre las regiones, siendo en Grecia donde se ha obtenido el mayor diámetro con 2,93 centímetros y la Región de San Carlos el menor con 2,63 centímetros. Esta característica está muy influenciada por el componente genético.

En lo que a porcentaje de Brix se refiere, también las diferencias entre regiones son marcadas, siendo Grecia y Pérez Zeledón las que sobresalen con 23,46% y 23,18 % respectivamente, mientras que el porcentaje de Brix más bajo se ha obtenido en Guanacaste (Pacífico Seco) con 20,56%. Este Programa busca clones cuyo porcentaje de Brix sea superior o al menos igual al de las variedades comerciales de cada Región. En el Cuadro 6 también se aprecia el porcentaje de Brix promedio de las variedades utilizada como Testigo en las regiones, el cual se compara con el porcentaje de Brix promedio de los clones que se han obtenido hasta ahora. En este caso únicamente en la Región Norte (San Carlos) es donde el porcentaje de Brix promedio de los clones seleccionados es levemente inferior al de los Testigos. En las demás regiones este es superior hasta en un 6,81%, como es el caso de la Región de Guanacaste y 3,15% en la Región de Pérez Zeledón.

CUADRO 6
Promedio de Número de Tallos por Cepa, Diámetro de Tallo y % Brix de los Clones. Seleccionados en los Viveros Primarios, en las Cinco Regiones Cañeras del País con Semilla Sexual Nacional

Región	#Tallo x Cepa	Diámetro Tallo (cm)	% Brix Promedio	% Brix Testigos	Diferencia Porciento
Turrialba	11,41	2,93	21,70	21,56	**0,65**
Grecia	13,42	2,84	23,95	23,46	**2,09**
San Carlos	10,81	2,63	20,93	21,17	**(1,13)**
Guanacaste	11,25	2,75	21,96	20,56	**6,81**
Pérez Zeledón	9,23	2,7	23,91	23,18	**3,15**
Total	**11,51**	**2,79**	**22,46**	**21,99**	**2,14**

Número de Clones LAICA dentro del proceso de Selección

Los clones que se seleccionan en los viveros primarios son sometidos al proceso de selección que utiliza el Programa de Mejoramiento Genético, el cual consta de cuatro fases a través de las cuales se continúa evaluando de manera más detallada el comportamiento de cada clon.

En cada una de estas fases los clones que se comportan inferiores a los testigos o variedades comerciales de cada región cañera, son descartados. De esta forma es que de un total de 992 clones que hasta la fecha se han seleccionado en los viveros primarios, actualmente solo existen 331 clones dentro del proceso de selección, tal y como se observa en el Cuadro 7, lo que indica que 661 (66%) clones han sido descartados.

Este descarte es normal y se da en todos los Programas de Mejoramiento Genético de Caña de Azúcar del mundo y realmente demuestra una vez más lo difícil que es encontrar variedades superiores o sea variedades cuyo comportamiento y características sean superiores a las variedades que se cultivan comercialmente. De los 331 clones que se encuentran en estudio, el 87% (299) están ubicados en las primeras fases del proceso, o sea que apenas se están comenzando a evaluar.

Este trabajo de evaluación y selección de materiales se realiza con la mayor constancia posible con el fin de mantener siempre clones dentro del proceso, lo que en determinado momento permitirá encontrar la variedad o variedades que reúnan las características que se andan buscando.

En la actualidad existen varios clones LAICA en las regiones que poseen rendimientos y características interesantes y algunas de ellos se presentan a continuación.

CUADRO 7
Número de Clones LAICA Ubicados en Diferentes Fases del Proceso de Selección en Cinco Regiones Cañeras del País

REGION CAÑERA	NUMERO DE FASE				TOTAL
	3	4	5	6	CLONES
VALLE CENTRAL OCCIDENTAL (**GRECIA**)	61	22	15	0	**98**
VALLE CENTRAL ORIENTAL (**TURRIALBA**)	18	44	4	8	**74**
PACIFICO SECO (**GUANACASTE**)	70	22	0	1	**93**
REGION SUR (**PEREZ ZELEDON**)	22	7	6	0	**35**
REGION NORTE (**SAN CARLOS**)	16	7	2	6	31
TOTAL	187	102	27	15	331

Resultados Obtenidos con algunos Clones LAICA según Región

Región Sur (Pérez Zeledón)

Por las características que posee esta región, principalmente por sus suelos pobres (Ultisoles), ha sido muy difícil encontrar variedades tanto de origen nacional como extranjero que muestren buena adaptación, a pesar de la gran cantidad de variedades que se han evaluado.

Una muestra de esto es que actualmente más del 95% del área cañera de esta región esta sembrada con la variedad SP 71-5574, la cual se obtuvo a través del proceso de selección de variedades extranjeras que desarrolla DIECA.

En el Cuadro 8 se ofrece la información de ocho clones LAICA que son los que hasta la fecha se han venido comportando mejor en esta región y están compitiendo bastante bien con la variedad Testigo SP 71-5574. De estos materiales, tres se encuentran en Fase 5 y los restantes 5 en Fase 4.

Esta información realmente es muy preliminar, sin embargo algunos de estos clones muestran buenas características en cuanto a desarrollo, diámetro de tallo, así como en rendimiento de azúcar, lo que da la esperanza de llegar a encontrar dentro de este grupo alguna (s) variedad que llegue a ser comercial en esta región.

Región de Turrialba

En esta región los clones LAICA más adelantados se encuentran en la última fase o sea en una prueba comparativa de variedades (Fase 6) cuyos resultados de la primera cosecha se ofrecen en el Cuadro 9. Sin entrar a analizar el comportamiento de las variedades extranjeras que se están evaluando también en este estudio, se puede decir que en esta primera cosecha los clones LAICA 01-213 y LAICA 98-215 mostraron rendimientos levemente superiores a las tres variedades comerciales utilizadas como Testigo (Pindar, B 76-259, B 77-95).

Para obtener información más concluyente de este trabajo hay que esperar por lo menos dos cosechas mas, con lo cual se vera si estos clones que vienen sobresaliendo mantienen la misma consistencia.

Otros clones LAICA que vienen en una fase menor adelantada (Fase 4) en esta misma región se presentan en el Cuadro 10. Como se observa la LAICA 03-208, LAICA 02-207 y LAICA 03-204, están compitiendo bastante bien con las variedades comerciales utilizadas como Testigo.

Además en esta región (Valle Central Oriental) se han venido buscando clones con buen desempeño en altitudes superiores a los 1000 msnm, para esto se han

CUADRO 8
Resultados Obtenidos con la Evaluación de Clones LAICA Ubicados en Fases 5 y 4 en la Región de Pérez Zeledón, Caña Planta, Año 2006

VARIEDAD	EDAD	TALL / m	LARGO TALLO (m)	DIAMETRO Tallo (cm.)	PORTE	FLOR	CORCHO	DESPAJE	% FIBRA	Kg. AZ/ TON	FASE
SP 71-5574 (T)	11,5 CP	12,00	**2,63**	**2,55**	**E**	**0**	**0**	**R**	**14,36**	**145,61**	**5**
LAICA 03-807	11,5 CP	13,5	2,53	2,42	E	0	BTS	RaM	15,30	140,66	**5**
LAICA 03-804	11,5 CP	9,5	2,57	2,5	E	0	BaMTI	R	14,97	144,40	**5**
LAICA 03-805	11,5 CP	12	2,57	2,6	E	0	0	R	14,49	144,48	**5**
LAICA 04-809	11,5 CP	12,50	3,00	2,65	E	0	BTM y S	M	12,83	162,58	4
LAICA 04-810	11,5 CP	10,00	2,87	2,63	E	0	0	RaM	13,22	149,92	4
LAICA 04-805	11,5 CP	12,50	3,00	2,73	E	0	0	RaM	13,09	149,68	4
LAICA 04-812	11,5 CP	10,00	2,90	2,40	EaSA	0	0	R	14,93	146,72	4
SP 71-5574 (T)	**11,5 CP**	**12,00**	**2,63**	**2,55**	**E**	**0**	**0**	R	14,36	145,61	4
LAICA 04-814	11,5 CP	12,00	3,03	2,68	E	0	BTS	RaM	14,26	138,56	4
PROMEDIO		**11,60**	**2,77**	**2,57**					14,18	146,82	

CP= Caña Planta
BTS= Bajo en el Tercio Superior
BaMTI= Bajo a Medio en el Tercio Inferior
BTMyS Bajo en el Tercio Medio y Superior

R= **Regular**
M= **Malo**
RaM= **Regular a Malo**
E= **Erecto**
EaSA= **Erecto o Semiabierto**

CUADRO 9
Resultados Agroindustriales de la Prueba Comparativa de 14 Variedades de Caña de Azúcar en la Región de Turrialba, Promedio del Primera Corte, Fase 6.

VARIEDAD	% BRIX	% POL	**% PUREZA**	**% FIBRA**	**Kg., AZ/TON**	**TON,CAÑ/HA**	**TON,AZ/HA**	**PRT**
BJ82-119	19,30	17,14	88,79	12,75	121,24	173,46	21,05	117,53
B76-375	19,75	17,31	87,57	12,45	122,63	164,58	20,16	112,56
CC87-251	20,55	18,68	90,90	12,58	134,25	142,08	19,12	106,76
LAICA 01-213	20,15	17,99	89,20	12,88	127,20	142,08	18,08	100,95
LAICA 98-215	19,73	17,72	89,84	11,76	129,47	139,38	18,02	100,61
PINDAR(testigo)	19,95	18,17	91,02	11,94	132,79	135,09	17,91	100,00
B76-259 (testigo)	20,38	18,70	91,78	13,25	132,58	129,58	17,16	95,81
B77-95 (testigo)	**21,05**	**19,16**	**91,00**	**12,90**	**136,55**	**123,17**	**16,83**	**93,97**
LAICA 98-211	18,98	16,94	89,25	12,64	120,49	136,25	16,41	91,62
LAICA 98-203	19,18	17,45	91,01	12,50	125,66	127,50	16,04	89,56
LAICA 96-02	21,15	19,15	90,52	12,95	135,95	117,42	15,99	89,28
LAICA 01-212	19,45	17,39	89,38	13,05	122,41	128,21	15,70	87,66
LAICA 01-205	19,35	16,98	87,72	13,43	117,26	132,63	15,58	86,99
LAICA 01-211	20,10	17,99	89,48	12,81	127,49	119,04	15,18	84,76
PROMEDIO	**19,93**	**17,91**	**89,82**	**12,71**	**127,57**	**136,46**	**17,37**	97,00

PRT= Porcentaje de Aumento Respecto al Mejor Testigo en Ton Az/ha.

CUADRO 10
Resultados Agroindustriales de la Fase 4, Ubicada en Finca Canadá, Agriatirro, Turrialba. Primer Corte, Edad 12 Meses, Mayo 2006

VARIEDAD	TON CAÑA/HA	Kgr AZ/TON	TON AZ/HA	PRT
LAICA 03-208	217,22	137,84	29,94	122,51
LAICA 02-207	231,94	120,98	28,06	114,81
LAICA 03-204	224,44	122,41	27,47	112,42
B 76-259 (testigo)	186,11	131,30	24,44	100
LAICA 03-215	194,44	111,69	21,72	88,86
LAICA 02-202	156,94	126,44	19,84	81,19
B 77-95 (testigo)	152,22	129,05	19,64	80,38
LAICA 02-214	134,72	133,17	17,94	73,41
LAICA 03-201	152,78	116,98	17,87	73,13
LAICA 03-214	145,83	118,96	17,35	70,98
LAICA 02-212	144,44	116,00	16,76	68,56
LAICA 02-222	133,33	121,70	16,23	66,39
LAICA 02-215	138,06	113,17	15,62	63,93
PINDAR (testigo)	116,11	127,37	14,79	60,51
LAICA 02-201	150,00	90,62	13,59	55,62
PROMEDIO	165,24	121,18	20,08	82,18

PRT= Porcentaje de Aumento Respecto al Mejor Testigo en Ton Az/ha.

introducido viveros en Hacienda Juan Viñas, localidad donde la caña se cultiva en estas condiciones y en donde se trabaja únicamente con variedades Hawaianas. Hasta la fecha los clones más adelantados con estas características se encuentran en Fase 5 y la información obtenida en la Zafra pasada se ofrece en el Cuadro 11. De acuerdo a esto se pude decir que la LAICA 01-272 esta sobresaliendo respecto al mejor Testigo (H 77-2545) al cual esta superando en un 9,55% en lo que a toneladas de azúcar por hectárea se refiere.

Los demás clones están saliendo con rendimientos más bajos, sobre todo en rendimientos de azúcar por tonelada de caña. A estos materiales también hay que darles mayor seguimiento para ver si al final de cuentas alguno logra pasar a la fase comercial.

Otros materiales interesantes para estas mismas condiciones, pero que se encuentran en una fase menor adelantada (Fase 4) se presentan en el Cuadro 12, aunque son datos muy preliminares, si se aprecian varios clones con posibilidades de llegar a las últimas fases del proceso como son: LAICA 04-220, LAICA 04-225 y LAICA04-230.

CUADRO 11
Resultados Agroindustriales de Cinco Clones LAICA y Dos Variedades Testigo en Hacienda Juan Viñas, Primera Cosecha Fase 5, 2006

VARIEDAD	EDAD EN MESES	Kg. AZU/ TON	TON CAÑA/ HA	TON AZUC/ HA	PRT	TON AZUC P/ MES CRECIM.
LAICA 01-272	23	120,06	379,17	45,52	109,55	1,98
H 77-2545 (testigo)	23	119,27	348,33	41,55	100	1,81
H 77-4643	23	96,60	355,83	34,37	82,72	1,49
LAICA 01-250	23	102,44	325,00	33,29	80,12	1,45
LAICA 03-223	23	97,39	328,33	31,99	76,99	1,39
LAICA 01-259	23	83,18	384,17	31,95	76,89	1,39
LAICA 01-249	23	92,48	328,33	30,36	73,07	1,32
PROMEDIO	23	101,63	349,88	35,58	85,63	1,55

Área de parcela: 100 metros cuadrados

CUADRO 12
Resultado de la Evaluación de 17 Clones LAICA Ubicados en Fase 4, Hacienda Juan Viñas, Caña Planta, 2006

VARIEDAD	EDAD MESES	# TALL/M	ALTURA TALLO cm.	GROSOR TALLO cm.	PORTE	FLOR	CORCHO	DESPAJE	Kg., AZU/ TON. CAÑ.	%FIBRA
LAICA 04-220	13 CP	18	3,06	3,97	EaSA	0	0	R	119,59	12,38
LAICA 04-225	13 CP	16	3,13	3,07	EaSA	0	0	RaM	119,22	13,73
H 77-4643 (Testigo)	11 CP	18	2,77	3,78	EaSA	0	BTS	B	117,87	13,67
LAICA 04-263	11 CP	19	2,60	3,30	E	0	0	R	116,12	14,83
LAICA 04-230	11 CP	24	2,93	3,02	EaSA	0	0	RaB	115,26	15,48
LAICA 04-245	11 CP	12	2,67	3,67	E	0	0	B	112,92	13,83
LAICA 04-265	11 CP	16	3,20	3,87	EaSA	0	0	RaB	111,27	14,55
LAICA 04-249	11 CP	20	2,60	3,47	E	0	0	B	109,30	13,65
LAICA 04-226	13 CP	24	3,20	3,33	SA	0	0	M	109,29	14,02
LAICA 04-256	11 CP	20	2,90	3,33	E	0	0	B	108,47	14,98
LAICA 04-241	11 CP	25	2,63	3,50	EaSA	0	0	B	107,92	11,26
LAICA 04-251	11 CP	23	2,87	3,08	E	0	0	R	107,10	13,09
LAICA 04-261	11 CP	14	2,77	3,45	E	0	0	R	105,89	13,86
LAICA 04-232	11 CP	25	2,77	3,38	SA	0	0	RaB	105,44	15,77
LAICA 04-235	11 CP	15	2,93	3,43	EaSA	0	0	B	103,95	14,02
LAICA 04-255	11 CP	14	2,80	3,38	SA	0	BTMyS	B	94,69	14,87
LAICA 04-247	11 CP	13	2,70	3,77	E	0	BTS	MB	94,25	16,21
LAICA 04-244	11 CP	19	3,00	3,75	EaSA	0	0	B	78,24	12,62
H 77-2545 (Testigo)	11 CP	19	2,97	3,72	EaSA	0	0	B		
PROMEDIO			2,87	3,49					107,60	14,05

Nota: El análisis de azúcar se realizo a la edad de 22 meses.

E= Erecto
EaSA= Ere. a semiabierto.
SA= Semi Abierto

BTS= Bajo Tercio Superior
BTMyS= Bajo en el Tercio Medio y Superior
R= Regular
RaB= Regular a Bueno
B= Bueno

Región de San Carlos

Los clones LAICA más adelantados en esta Región se encuentran en Fase 6 o sea en una prueba comparativa con diseño estadístico, la cual se ha cosechado dos veces. De acuerdo a los resultados obtenidos (Cuadro13) solo los clones LAICA 01-604 y LAICA 01-615 están mostrando rendimientos similares o levemente superiores al mejor Testigo que es la variedad Q 96.

Estos clones LAICA a pesar de estar compitiendo bien, tiene en contra la característica de crecer en forma abierta y además el diámetro de los tallos es delgado, por lo que al final de cuentas aunque logren superar a los Testigos, quizás no sean del agrado de los productores. Por este motivo últimamente se esta tratando de utilizar progenitores que induzcan tallos de mayor grosor para dirigirlos a esta región.

Valle Central Occidental (Grecia)

En esta región se han obtenido un número importante de clones LAICA dentro de los cuales los que se encuentran más adelantados se detallan en el Cuadro 14. Dentro de este grupo se pueden apreciar 5 clones LAICA (LAICA 01-27, LAICA 01-15, LAICA 01-37, LAICA 01-20 y LAICA 01-01) que en esta Fase 4 ofrecen rendimientos tanto de caña como de azúcar que son superiores al mejor Testigo siendo en este caso la RB 73-9735. El resto de clones en estudio muestran rendimientos inferiores a la RB 73-9735, pero superiores a la Mex 57-473 que es el otro Testigo en este trabajo y por lo tanto algunos materiales de estos podrían llegar a sobresalir. Aún es temprano para sacar alguna conclusión con estos clones pero la esperanza es que por lo menos uno de ellos pueda llegar a ser comercial.

Región Pacífico Seco (Guanacaste)

En esta región la búsqueda de nuevas variedades se efectúa principalmente en los ingenios El Viejo y CATSA, así como en el área de Investigación que DIECA mantiene en la Escuela de Riego del Pacífico Seco ubicada en Cañas.

CUADRO 13
Resultados Agroindustriales de la Prueba Comparativa de 11 Variedades de Caña de Azúcar en la Región de San Carlos, Promedio de Dos Cortes

VARIEDAD	% BRIX	% POL	% PUREZA	Kg., AZ/TON	TON,CAÑ/HA	TON,AZ/HA	PRT
Laica 01-604	20,98	18,91	90,11	121,12	134,55	16,30	107,00
B 59-92	20,24	18,00	88,90	112,16	143,64	16,11	105,78
Q 96 (testigo)	20,84	18,67	89,51	117,39	129,74	15,23	100,00
Laica 01-615	20,20	18,23	90,28	118,17	123,64	14,61	95,94
Saboriana	19,64	17,32	88,16	110,04	128,70	14,16	92,99
PR 80- 2038	20,34	18,28	89,83	116,50	120,78	14,07	92,39
Laica 01-601	20,48	18,07	88,33	114,35	116,88	13,36	87,75
Mex 79-431	20,42	18,08	88,56	113,18	107,66	12,19	80,01
Laica 98-216	20,04	17,66	88,23	112,08	105,32	11,80	77,51
Laica 01-620	20,74	18,60	89,64	114,66	95,19	10,91	71,66
Laica 01-622	20,50	18,42	89,86	114,02	70,52	8,04	52,80
PROMEDIO	20,39	18,21	89,30	115,68	128,28	14,84	97,43

CUADRO 14
Resultados Agroindustriales de la Evaluación de 14 Clones LAICA, Fase 4, Primera Cosecha (Edad 12 Meses)
Valle Central Occidental, Cooperativa Victoria

VARIEDAD	TALL / m	LARGO TALLO (m)	DIAMETRO TALLO (cm)	PORTE	FLOR	CORCHO	DESPAJE	% FIBRA	Kgr AZ/TON	T ON CAÑ/HA	TON AZ/HA
LAICA 01-27	13,00	2,40	3,02	E	0	0	M	13,10	127,77	162,89	20,81
LAICA 01-15	14,00	2,73	2,85	E	0	0	M	12,40	135,88	148,44	20,17
LAICA 01-37	14,00	2,73	2,65	SA	0	0	RaB	12,60	144,27	136,44	19,68
LAICA 01-20	11,50	2,95	2,38	E	0	0	M	13,10	134,61	140,89	18,97
LAICA 01-01	11,00	2,70	2,80	E	0	0	R	12,70	131,44	132,67	17,44
RB 73-9735 (T)	12,50	2,80	2,88	E	0	0	R	13,20	124,64	137,78	17,17
LAICA 01-604	12,60	2,53	2,52	E	0	0	B	12,40	127,32	133,78	17,03
LAICA 02-48	12,50	2,53	2,60	E	0	0	M	12,90	137,76	119,56	16,47
LAICA 01-46	12,00	2,82	2,50	E	10	0	M	13,30	125,22	131,11	16,42
LAICA 01-33	9,50	2,73	2,93	E	30	BTMATS	RaM	12,00	136,70	120,00	16,40
LAICA 98-216	10,50	2,67	2,98	E	0	0	B	11,30	129,36	122,22	15,81
LAICA 01-25	12,00	2,60	2,93	E	0	0	R	13,80	129,04	118,44	15,28
LAICA 02-14	14,00	3,00	2,68	E	0	0	RaM	15,80	116,59	125,11	14,59
LAICA 02-36	11,50	2,87	2,23	E	0	0	M	14,10	126,13	113,33	14,29
LAICA 02-35	10,00	2,85	2,63	E	0	0	R	13,60	115,62	117,33	13,57
MEX 57-473 (T)	10,00	2,53	2,98	E a SA	0	0	R	13,30	124,92	106,67	13,33
PROMEDIO	11,91	2,72	2,72					13,10	129,20	129,17	

Área de parcela: 45 metros cuadrados

En el Cuadro 15 se ofrecen los rendimientos obtenidos en el Ingenio CATSA con un grupo de seis clones LAICA ubicados en Fase 4. Dos de estos clones fueron seleccionados en el año 2000 en el área de investigación que posee DIECA en la finca del Colegio de Riego en Cañas Guanacaste y provienen de semilla sexual que se había recibido del Coopersucar en Brasil, siendo en este caso la LAICA 00-303 y LAICA 00-307.

El primer lugar en esta evaluación es ocupado por la LAICA 04-310 la cual esta superando en un 3,82% al mejor Testigo (NA 56-42) en la variable toneladas de azúcar por hectárea.

Los clones LAICA 00-307 y LAICA 00-303 muestran rendimientos bastante aceptables ya que se aproximan a dos variedades comerciales muy importantes en esta región como son la NA 56-42 y la B 80-689 y están superando al tercer Testigo que es la CP 72-2086.

En el caso de la LAICA 04-307 se observa muy buen rendimiento de azúcar, superando en esta variable a los Testigos NA 56-42 y B 80-689 y CP 72-2086 y en toneladas de caña por hectárea es similar a la CP 72-2086.

Esta información realmente es muy preliminar y en este caso sirve de guía para pasar estos clones que se están comportando mejor a una última fase que sería ensayos o pruebas comparativas de variedades con diseño estadístico (Fase 6), los cuales permiten evaluar con mayor certeza el comportamiento de cada variedad.

Lo que sí se puede decir en estos momentos es que se observan varios clones en las diferentes regiones cañeras del país que están mostrando potencial para llegar a ocupar un lugar comercial dentro del componente varietal del país.

CONCLUSIONES

En estos ocho años de realizar cruzamientos genéticos en el país se ha logrado obtener semilla sexual suficiente y de buena germinación, para operar un programa de búsqueda de nuevas variedades de caña de azúcar.

El trabajo realizado hasta el momento ha permitido identificar algunos progenitores importantes para las distintas regiones cañeras del país.

CUADRO 15
Resultados Agroindustriales de 6 Clones LAICA, Uno Extranjero y Tres Variedades Comerciales de Caña de Azúcar en el Ingenio CATSA, Guanacaste, Caña Planta, Edad 12 Meses

VARIEDAD	% BRIX	**% POL**	**% PUREZA**	**% FIBRA**	**Kg., AZ/TON**	**TON,CAÑ/HA**	**TON,AZ/HA**	**PRT**
LAICA 04-310	21,15	19,35	91,52	14,77	103,47	152,22	15,75	103,82
NA 56-42 (T)	20,35	17,89	87,94	**13,35**	**97,49**	**155,56**	**15,17**	**100,00**
LAICA 00-307	20,75	19,52	94,08	13,77	108,48	135,56	14,71	96,97
B 80-689 (T)	20,70	19,48	94,14	14,68	105,76	**126,67**	**13,40**	**88,33**
LAICA 00-303	20,00	17,81	89,05	13,73	96,64	132,89	12,84	84,64
LAICA 04-307	23,60	21,82	92,49	16,44	111,96	113,33	12,69	83,65
SP 81-3250	23,10	21,39	92,62	15,14	113,84	111,11	12,65	83,39
CP 72-2086 (T)	**21,05**	**19,32**	**91,79**	**14,42**	**104,40**	**113,33**	**11,83**	**77,98**
LAICA 04-308	23,25	21,91	94,26	17,64	109,54	102,22	11,20	73,83
LAICA 04-303	22,00	19,34	87,90	15,52	99,40	98,89	9,83	64,80
PROMEDIO	**21,60**	**19,78**	**91,58**	**14,95**	**105,10**	**124,18**	**13,01**	**85,74**

PRT = Porcentaje Respecto al Mejor Testigo en la Variable Ton Azu/ha.
(T) Variedad o Testigo Comercial

Con la utilización de semilla nacional se ha aumentado en un 84% los porcentajes de selección en los viveros primarios ya que se pasó de 0,44% (con semilla importada) a 0,82%.

El contenido de Brix es un criterio fundamental al momento de la selección de una nueva variedad y en este caso se ha logrado obtener clones en todas las regiones (excepto San Carlos), cuyo porcentaje de Brix promedio ha sido superior al de las variedades comerciales.

El 66% de los clones seleccionados en los viveros primarios ya han sido descartados, lo que demuestra lo difícil que es encontrar variedades sobresalientes.

Aunque todavía no se cuenta con ninguna variedad LAICA producto de los cruzamientos realizados en Costa Rica, que se siembre comercialmente, si existe un grupo importante de clones LAICA en las distintas regiones del país con buenas posibilidades de pasar al ámbito comercial.

Es importante impulsar esta línea de selección ya que permite mantener vivas las posibilidades de encontrar nuevas variedades.

LITERATURA CITADA

1) Castro, S; 1996. Planeamiento y Ejecución de un Programa de Mejora en Caña de Azúcar. INICA, Cuba.

2) Durán, J.R.; Oviedo, M.; 2003. Avances del Trabajo de Cruzamientos Genéticos de la Caña de Azúcar Efectuados en Costa Rica. Memoria 15 avo Congreso ATACORI. Costa Rica. 117-124 p.

3) Djalma Eusebio Simoes Neto et al 2003. Mejoramiento Genético para la Obtención de Variedades RB (República Do Brasil): Metodología de Cruzamiento y Selección y Contribución a la Agroindustria de la Caña de Azúcar (Saccharum spp). Memoria 15 avo Congreso ATACORI. 209-214 p.

4) Durán, J.R.; Oviedo, M; 1999. Resultados Preeliminares Obtenidos con los Cruzamientos Genéticos de Caña de Azúcar Efectuados en Costa Rica. 13 avo Congreso ATACORI. Costa Rica.

5) Durán, J.R; Riggioni, G. 1995. Resultados Obtenidos con la Línea de Variedades Nacionales Sigla LAICA en Costa Rica. Memoria Primer Simposio sobre Mejoramiento Genético de la Caña de Azúcar en Costa Rica. DIECA, Costa Rica.

6) Heinz. D.J. 1987. Sugarcane Improvement through Breeding. N.Y. USA. 603 p.

7) Milanés, N; 1996. Proceso de Obtención de Variedades de la Caña de Azúcar en Cuba. INICA, Cuba.

8) Oviedo, M; Durán, J.R. 1999. Estudio sobre Viabilidad del Polen en las Principales Variedades Comerciales de Caña de Azúcar de Costa Rica. 13 avo Congreso ATACORI, Costa Rica.

COMPONENTE VARIETAL DE USO COMERCIAL EN LAS REGIONES PRODUCTORAS DE CAÑA DE AZÚCAR DE COSTA RICA

José Roberto Durán Alfaro
Marvin Oviedo Alfaro
Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar
e-mail: jduran@laica.co.cr, moviedo@laica.co.cr

INTRODUCCIÓN

A través del trabajo conjunto y organizado de los diferentes entes que conforman el sector azucarero de nuestro país, dígase productores independientes, ingenios y LAICA representada por el Programa de Mejoramiento Genético de DIECA, es que se ha podido alcanzar el objetivo de contar con alternativas varietales en las distintas regiones cañeras del país, tal y como se pude constatar en el último censo de variedades de caña de azúcar realizado en el año 2003. En este se aprecia la gran diversidad varietal que existe en Costa Rica, así como el fuerte cambio que se ha dado en los últimos años.

Estas variedades que aparecen en el censo mantienen su área de siembra principalmente porque han demostrado ser buenas para ciertas condiciones muy propias de cada región y han sido superiores a una gran cantidad de variedades, algunas procedidas de mucha fama que han venido de diferentes estaciones experimentales del mundo.

El hecho de que una variedad venga precedida de una gran fama no significa que no deba ser evaluada bajo nuestras condiciones (que son muy diversas) ya que la experiencia señala que hay diferencias muy marcadas entre los países.

A pesar de contar con un buen grupo de variedades de uso comercial, el programa de Mejoramiento Genético continua trabajando fuertemente en la introducción y evaluación de una gran cantidad de variedades todos los años, con el fin de ir buscando mejores alternativas para las diferentes regiones cañeras del país, a sabiendas que el número de variedades sobresalientes que aparece es reducido y por lo tanto este trabajo debe ser constante y sistemático.

OBJETIVO

Este trabajo tiene como finalidad dar a conocer las principales variedades de caña de azúcar que se están cultivando actualmente en Costa Rica, para lo cual se usó de referencia el último censo realizado en el año 2003, el cual de esa fecha a la actualidad ha sufrido algunos cambios pero no muy marcados.

Características de las seis regiones cañeras de Costa Rica

En el Cuadro 1 se ofrecen las principales características edafoclimáticas que poseen las seis regiones cañeras de Costa Rica. Esta información permite entender mejor cuales son las condiciones bajo las cuales tienen mejor comportamiento las variedades que se describen en este trabajo.

Principales Variedades de Caña de Azúcar Cultivadas Comercialmente en Costa Rica

Tal y como se puede ver en el Cuadro 1, en Costa Rica la caña de azúcar se cultiva en una gran diversidad de condiciones edafoclimáticas ya que se siembra desde el nivel del mar hasta los 1500 m.s.n.m. con temperaturas y precipitaciones muy variadas así como suelos muy diversos.

Esta diversidad ha hecho que se busquen variedades que ofrezcan la mejor respuesta a cada una de estas condiciones y de ahí es que de acuerdo al último censo, en el país se cultivan 93 variedades de caña de azúcar de las cuales en el Cuadro 2 se detallan las que tienen un área de siembra superior a 100 hectáreas, siendo en este

Cuadro1
Principales Características Edafoclimáticas de las Seis Regiones Cañeras del País

Características	Regiones					
	Valle Central Occidental (Grecia, San Ramón)	Región Norte (San Carlos)	Pacífico Seco (Guanacaste)	Pacífico Central (Puntarenas, Esparza)	Región Sur (Pérez Zeledón)	Valle Central Oriental (Turrialba, Juan Viñas)
Latitud Norte	10º 02´	10º 20´	10º 25´	10º 02´	9º 22´	9º 56´
Longitud Oeste	84º 17´	84º 26´	85º 07´	84º 48´	83º 42´	83º 38´
Altitud (msnm)	530 - 1500	40 - 680	0 - 150	0 - 350	400 - 750	550 – 1550
Precipitación (mm)	2700	3930	1700	2200	3280	2880
Temperatura Min (ºC)	17,0	18,8	22,4	23,0	19,3	14,9
Temperatura Max (ºC)	30,0	30,4	33.0	32,9	31,0	29,6
Temperatura (X) (ºC)	22.4	23.6	27.0	23,0	23.9	22,3
Época lluviosa	Definida May-Nov	Indefinida Todo el Año	Definida May-Nov	Definida May-Nov	Definida Abr-Dic	Indefinida Todo el Año
Ciclo de cultivo (meses)	11-16	9-12	9-12	9-12	10-13	11-24
Orden de Suelo	Inceptisol Andisol	Ultisol Inceptisol Mollisol	Inceptisol Vertisol Mollisol	Inceptisol Alfisol	Ultisol	Inceptisol Ultisol Andisol

Fuente: Chaves, 1989, adaptado por Durán, DIECA.

caso 32 variedades. Para efectos de este trabajo se van a describir y dar a conocer las características generales de 21 de ellas que es lo que a continuación se presenta.

CP 72-2086
(CP 62-374 x CP 63-588)

Esta variedad ingresó a Costa Rica en el año 1987 y una vez que superó el periodo de cuarentena fue llevada a todas las regiones cañeras del país para su evaluación.

En los primeros años de la década de los noventa se comenzaron a observar sus buenas características de ahí que se empezó a incrementar su siembra, inicialmente en la Región del Pacífico Seco (Guanacaste) y luego en el Pacífico Central (Puntarenas). Su mejor respuesta la ofrece en suelos Francos, de fertilidad media a alta, con riego o una adecuada humedad.

Presenta buen encepamiento y retoñamiento aceptable incluso con cosecha mecánica donde no ha mostrado mayores problemas.

Es de maduración temprana, de alto contenido de sacarosa y normalmente florece en

CUADRO 2
Variedades Comerciales de Caña de Azúcar Cultivadas en Costa Rica con un Área Superior a 100 Hectáreas y su Distribución Según Región Agrícola. Censo Año 2003

Variedad	Pacífico Seco		Pacífico Central	Valle Central Occidental		Región Norte	Valle Central Oriental	Pacífico Sur	Total	%
	Cañas	Liberia	Puntarenas	San Ramón	Grecia	San Carlos	Turrialba (Juan Viñas)	Pérez Zeledón		
CP 72-2086	1.479,52	3.967,88	361,13						5.808,53	13,044
CP 72-1210	2.188,28	610	2.750,85	4,25					5.553,38	12,471
NA 56-42	2.349,67	2.585,25							4.934,92	11,082
SP 70-1284	740,3	1.907,71	1.349,88			15			4.012,89	9,012
B 80-689	1.818,35	1.610,05	430,65						3.859,05	8,666
SP 71-5574		15	136,57	6,3	223,13	457	19,1	2.169,70	3.026,80	6,797
Q 96	102,51	220,3	27	22,95	498,72	879,1	283,34	20,95	2.054,87	4,615
SP 79-2233	384,35	987,41	356,84		54,34	233,85			2.016,79	4,529
NCo 376		1.251,64							1.251,64	2,811
PINDAR				2,15		993,1	239,47	2,55	1.237,27	2,779
NCo 310		1.100,28	8,9						1.109,18	2,491
H 77-4643					0,28	75	785,28		860,56	1,933
SABORIANA				1,4		859,1			860,5	1,932
B 74-132	238,62	3	600,86	3,5					845,98	1,9
B 76-259						305,6	479,2		784,8	1,762
RB 73-9735			13,5	41,75	540,49				595,74	1,338
B 77-95						8	531,64		539,64	1,212
H 61-1721				14,28			393,81		408,09	0,916
B 82-333	44,19	267,75							311,94	0,701
RD 75-11			179,14		119,92				299,06	0,672
Ja 60-5	28,2	231,69							259,89	0,584
H 77-2545				102,15	14,84		118,22		235,21	0,528
SP 71-6180		190,11			44,11				234,22	0,526
BT 65-152			207,96						207,96	0,467
BJ 75-04	62,63	26	115,66						204,29	0,459
SP 70-1143		17,5			139,48				156,98	0,353
H 62-4671							152,43		152,43	0,342
Mex 57-473					131,11				131,11	0,294
PR 87-2080		126,36							126,36	0,284
CP 72-1312		113,08							113,08	0,254
CP 70-1133		112							112	0,252
CP 80-1743	19,2		84,67						103,87	0,233
Otras	303,82	343,41	251,5	128,5	151,16	509,84	356,64	75,55	2.120,42	4,762
Nº CLONES	12	19	15	10	11	10	10	4	91	
TOTAL AREA	9.759,64	15.686,42	6.875,11	327,23	1.917,58	4.335,59	3.359,13	2.268,75	44.529,45	
%	21,92	35,23	15,44	0,73	4,31	9,74	7,54	5,09		100

forma abundantemente pero tardía (principios del mes de noviembre), además presenta baja formación de corcho en el tallo, por lo que su incidencia en los rendimientos es leve.

En cuanto a su comportamiento frente a las principales enfermedades, hasta la fecha lo que se ha observado es cierta susceptibilidad al virus de la Hoja Amarilla.

De acuerdo al último censo de variedades realizado en el año 2003, esta variedad ocupaba el primer lugar en área de siembra a nivel nacional con 5.808 hectáreas (13,0%) y en los últimos años la tendencia es hacia el aumento de área.

CP 72-1210
(CP65-357 X CP 56-63)

Ingreso en el año 1986 al país y al igual que la CP 72-2086 su mejor adaptación se dio en la Región del Pacífico Seco (Guanacaste). A mediados de la década de los 90 ya había sembrada un área significativa con esta variedad. En los últimos cinco años se ha dado su mayor auge de siembra debido principalmente a que es una de las pocas variedades que muestran tolerancia a la sequía, comportándose bien en suelos preferiblemente Francos, de fertilidad media a alta y tanto con riego o sin riego.

Esta variedad es de encepamiento aceptable, no tiende a volcar mucho y ha respondido bien en cosecha mecánica.

Es de alta concentración de azúcar y madurez temprana, además florece abundantemente y un poco más temprano que la CP 72-2086, presentando corcho inicialmente en el tercio superior y conforme avanza la zafra este va en aumento, por lo que se recomienda su cosecha a inicio de zafra.

Respecto a enfermedades no tiene mayores problemas excepto la presencia de Síntomas del Virus de la Hoja Amarilla.

En el último censo estaba ocupando el segundo lugar en área de siembra a nivel nacional con 5.553 hectáreas lo que representa un 12,47%. Últimamente se ha mantenido estable en cuanto a área.

NA 56-42

Esta variedad ingresó al país en el año 1980 y su siembra se extendió principalmente del año 1990 en adelante.

Se cultiva principalmente en la Región del Pacífico Seco (Guanacaste), en donde ha mostrado un buen comportamiento en suelos pesados o arcillosos (Vertisoles) y también se puede sembrar en suelos más Francos, en ambos casos con riego. Muestra una respuesta excelente cuando se cultiva en áreas de rotación caña de azúcar - arroz.

Se caracteriza por tener buen encepamiento y crecimiento erecto aunque al final del ciclo siempre tiende a caerse un poco, sin embargo con cosecha mecánica no tiene mayores problemas. Su contenido azucarero es medio, su maduración es de media a tardía y su floración no es muy profusa. Responde muy bien al madurante.

En cuando a enfermedades se ha visto que es tolerante a las principales que se manifiestan en la Región de Guanacaste.

Ocupa el tercer lugar en área de siembra en el país con 4.934 hectáreas lo que equivale a un 11,08% del área.

En los últimos años esta variedad se ha mantenido estable o con un leve aumento en su área, debido a su buena respuesta en suelos pesados.

SP 70-1284
(CB 41-76 X ?)

En el año 1983 fue traída a Costa Rica cultivándose en un inicio en la Región del Pacífico Central (Puntarenas) y posteriormente se extendió su siembra en las regiones del Pacífico Seco (Guanacaste), Valle Central Occidental (Grecia y Alajuela) y a la Región Norte (San Carlos).

Actualmente se cultiva en las regiones de Puntarenas y Guanacaste y en un bajo porcentaje en la Región Norte (San Carlos).

Ofrece buen comportamiento en suelos tanto francos como arcillosos con riego, siendo esta una de las variedades que se cultiva en los suelos Vertisoles de Guanacaste.

Esta variedad se caracteriza por su buen encepamiento, porte bastante erecto aunque a final de ciclo siempre tiende a caerse y se ha comportado bien en cosecha mecánica.

Respecto a su contenido de sacarosa se puede catalogar como de una riqueza media, madurando entre mediados y finales de zafra y su floración es de baja a media.

En cuando a enfermedades no tiene mayores problemas excepto una baja susceptibilidad a la Roya (Puccinia melanocephala), bajo ciertas condiciones.

En el último censo ocupaba el cuarto lugar con un 9% del área a nivel nacional lo que equivale a 4.012 hectáreas. Actualmente pareciera haber una leve tendencia hacia la disminución de área de esta variedad.

B 80-689
(B 76-78 X ?)

Su ingreso se dio en el año 1988 y a mediados de los años 90 se determinó que era una variedad que poseía características interesantes por lo que de aquí en adelante se ha venido incrementado su siembra.

Se cultiva en las regiones del Pacífico Seco (Guanacaste) y Pacífico Central (Puntarenas) en suelos francos de fertilidad media y alta, con riego. Su encepamiento es regular, tallos gruesos, crecimiento bastante erecto, no florece, su concentración de sacarosa es media y su maduración es tardía. Es bastante apta para cosecha mecánica, siendo esto uno de los motivos del porque se ha incrementado últimamente su siembra en estas regiones.

En las primeras etapas fenológicas su crecimiento es muy lento, sin embargo alrededor de los 5 meses este incrementa fuertemente alcanzando a final de ciclo un buen desarrollo.

Es bastante susceptible a Fusarium (Pokkah Boeng) en sus primeras etapas, sin embargo en la etapa de máximo crecimiento lo supera.

En el último censo ocupaba un área de siembra de 3.859 hectáreas (8,6%) con tendencia a mantenerse o aumentar levemente.

SP 71-5574
(CB 49-260 X CP 65-588)

Esta variedad se introdujo de Brasil en el año 1983 y a principios de los años 90 se comenzó a incrementar su área de siembra principalmente en la Región Sur del país (Pérez Zeledón), siendo en esta región donde expresa todo su potencial. Con base en el buen desempeño en la Región Sur, luego fue evaluada en el resto de regiones cañeras, adaptándose de manera aceptable en algunos lugares del Valle Central Occidental (Grecia y Alajuela) en Puntarenas y en la parte baja de la Región Norte (San Carlos).

Presenta encepamiento regular, crecimiento erecto (en suelos Ultisoles), tallos delgados y cierre tardío del entresurco, lo que ha motivado a disminuir la distancia de siembra.

En la región Sur muestra una alta riqueza de sacarosa, alcanzando su máxima concentración de mediados a finales de zafra, aunque a principios de zafra ya ofrece un contenido de sacarosa aceptable. En la región de Guanacaste sus contenidos de sacarosa son bajos.

En cuanto a enfermedades, manifiesta una baja susceptibilidad a la Roya (Puccinia melanocephala), susceptibilidad al Virus del Mosaico en el Valle Central y al Virus de la Hoja Amarilla.

El 95% del área de Pérez Zeledón (Región Sur) esta sembrada con esta variedad, de ahí que en el último censo ocupaba el sexto lugar a nivel nacional con 6,8% del área (3.027 hectáreas) y la tendencia actual es a mantenerse o aumentar levemente.

Q 96
(Q 63 X Q 68)

Su ingreso se dio en el año 1979 y a mediados de los años ochenta se fue incrementando su siembra inicialmente en las regiones del Pacífico Central (Puntarenas), Pacífico Seco (Guanacaste), Valle Central Occidental y posteriormente fue llevada al resto de regiones cañeras del país.

Esta variedad se ha adaptado desde el nivel del mar hasta los 800 m.s.n.m, siendo su mejor comportamiento en suelos Francos de fertilidad media a alta y con una humedad adecuada.

Muestra un encepamiento bueno, su crecimiento casi desde un inicio es abierto por lo que da muy buen cierre del entresurco y a final de ciclo tiende a estar postrada.

La floración es variable, dependiendo de la región donde se cultive, sin embargo no muestra muchos problemas de acorchamiento.

Esta variedad posee una alta riqueza de sacarosa, alcanzando su máxima concentración entre mediados y final de Zafra, sin embargo como es tan rica en sacarosa normalmente al inicio de Zafra ofrece un rendimiento aceptable.

En el Valle Central Occidental del país se le ha visto una alta susceptibilidad al Mosaico. En los últimos años se ha dejado de sembrar debido principalmente a su crecimiento abierto y en algunas regiones como San Carlos los tallos tienden a adelgazar.

De acuerdo al censo estaba ocupando el sétimo lugar en siembra en el país con un 4,6% del área (2055 hectáreas).

SP 79-2233
(H 56-2954 X ?)

Variedad de origen Brasileño que ingreso a Costa Rica en el año 1993 y alrededor del año 2000 se comenzó a sembrar comercialmente ya que mostraba muy buen comportamiento en las primeras evaluaciones a nivel experimental.

Las siembras se ampliaron en las Regiones del Pacífico Seco (Guanacaste), Pacífico Central (Puntarenas) y Región Norte (San Carlos). Esta variedad muestra un excelente encepamiento, su crecimiento es bastante erecto, florece abundante en algunas regiones como San Carlos y menos en Guanacaste y Puntarenas, mostrando regular formación de corcho en los tallos florecidos. Su maduración es de media a tardía y su contenido de sacarosa es bastante aceptable.

Se comenzó cultivando en suelos Francos con riego en la Región de Guanacaste sin embargo se le ha visto mejor comportamiento en suelos Vertisoles con riego.

En los últimos años se ha observado que su producción declina fuertemente después del tercer corte motivo por el cual se paralizó su siembra y más bien está siendo sustituida por otras variedades.

Es muy susceptible al Glifosato por lo que se debe tener mucho cuidado con la dosis de este cuando se usa como madurante. En la región de San Carlos tiende a disminuir el diámetro de tallo. En el año 2003 ocupaba el octavo lugar de siembra en el país con un 4,5% del área (2017 hectáreas) y la tendencia actual es hacia una disminución.

NCo 376
(Co 421 x Co 312)

Esta variedad tiene aproximadamente 30 años de cultivarse en el país ya que ingresó en el año 1974.

Se siembra principalmente en la región del Pacífico Seco (Guanacaste) y se caracteriza por ser una variedad sumamente rústica, con un excelente encepamiento y una tolerancia muy alta a la sequía, motivo por el cual aún la utilizan muchos pequeños y medianos productores que no cuentan con riego en sus fincas.

Esta variedad florece en forma abundante, es de maduración media, con contenido medio de sacarosa y su crecimiento es algo erecto. Responde bien en suelos tanto Francos como Arcillosos y es afectada por el Carbón (Ustilago scitaminea), sin llegar este a influir mucho en sus rendimientos.

En los últimos años no ha variado mucho su área de siembra debido a que sigue siendo una de las pocas alternativas con que cuentan los productores para sembrar en áreas sin riego en la Región de Guanacaste.

Según el último censo ocupaba un noveno lugar a nivel nacional con un 2,8% del área lo que equivale a 1.252 hectáreas.

Pindar
(Co 270 x MQ 33-157)

Fue traída en el año 1953 por lo que ya cuenta con más de 50 años de estar en el país. El máximo auge de siembra lo alcanzo en los años 80 principalmente porque era en ese entonces una de las pocas alternativas para sustituir a la variedad ¨Reina¨ B 43-62, la cual resultó ser altamente susceptible a la enfermedad de la roya.

La Pindar es una variedad para suelos de fertilidad Media a Alta que tolera bastante bien cierto exceso de humedad, motivo por el cual se cultiva principalmente en la Región Norte (San Carlos) y en menor grado en el Valle Central Oriental (Turrialba). Su encepamiento es regular, crecimiento semi abierto, su contenido de sacarosa es de medio a alto, es de maduración media y florece en forma abundante, aunque la presencia de corcho no es muy pronunciada.

Actualmente el área de siembra de esta variedad tiende a disminuir ya que en el año 2003 ocupaba el décimo lugar nacional con 1.237 hectáreas (2,78%).

A los cortadores no les gusta mucho principalmente porque posee mucha pubescencia la cual se suelta al momento de la cosecha y produce mucha irritación.

NCo 310
(Co 421 x Co 312)

Esta es otra de las variedades que lleva más tiempo de cultivarse en nuestro país ya que ingreso en el año 1959. Su máximo auge de siembra se dio en la década de los ochenta y con la aparición del carbón (Ustilago scitaminea) comenzó a disminuir su área ya que resultó tener cierta susceptibilidad a esta enfermedad.

Tiene características muy parecidas a las de la NCo 376, es muy rústica, tolera muy bien la sequía y por este motivo es que todavía se siembra en la región del Pacífico Seco (Guanacaste), en fincas de pequeños y medianos productores principalmente sin riego y en suelos tanto Francos como arcillosos. Es muy buena en encepamiento, floración abundante, regular formación de corcho, contenido de sacarosa medio y madurez media.

Actualmente su área no tiene mucha variación y en el censo del 2003 ocupaba el lugar número once a nivel nacional con 1.109 hectáreas (2.49%).

H 77-4643
(H 60-3862 x ?)

Ingreso a Costa Rica en el año 1991 y se comenzó a cultivar comercialmente a finales de los años noventa. Esta variedad se comporta muy bien en altitudes superiores a los 600 m.s.n.m. y en suelos de tipo Franco, con buena humedad. Se ve muy afectada por la sequía y es por este motivo que en los lugares donde mejor se ha adaptado han sido Juan Viñas (Valle Central Oriental) y la parte Alta de San Carlos (Región Norte).

Esta variedad es de buen encepamiento, tallos gruesos, buen despaje, madurez media a tardía y baja floración. En Juan Viñas se cosecha principalmente en ciclos de 18 a 24 meses con muy buenos resultados y es una de las variedades Hawaianas que no muestra un crecimiento tan acamado.

En la parte baja de la región del Valle Central Oriental (Turrialba) muestra un comportamiento bastante aceptable. En los lugares con altitudes arriba de 1000 msnm, con época seca definida como San Ramón y Grecia (Valle Central Occidental), su desempeño es muy deficiente.

En cuanto a enfermedades, se han encontrado síntomas del Virus de la Hoja Amarilla sin embargo no se tiene bien claro si esta incidiendo en los rendimientos.

En los últimos años se ha incrementado el área de siembra de esta variedad ocupando en el año 2003 un doceavo lugar a nivel nacional con 860 hectáreas (1,93 %).

Saboriana
(Nomenclatura usada solo en Costa Rica)

Esta variedad se cultiva casi exclusivamente en la Región Norte (San Carlos) y se desconoce el año de ingreso, así como su verdadera identidad. El nombre Saboriana obedece a que el primero en cultivarla comercialmente fue un señor de apellido Saborio en la parte baja de la Región de San Carlos.

Esta variedad se adapta bien en suelos de fertilidad media, posee un regular encepamiento y sus tallos son gruesos con despaje aceptable, no vuelca mucho, florece poco, su contenido de sacarosa es de medio a bajo y su madurez es tardía, por lo que en años muy lluviosos sus rendimientos de azúcar se ven muy afectados.

Por las características que posee algunas personas opinan que se puede tratar de una variedad de origen Barbados.

A pesar de no ser muy azucarera, muchos productores conservan ciertas áreas con esta variedad ya que a los cortadores les gusta mucho por su grosor, el cual les favorece para la corta y la carga manual.

En cuanto a enfermedades no se le han visto mayores problemas y actualmente es cultivada por pequeños y medianos productores de la parte baja de la Región Norte (San Carlos), ocupando en el 2003 un treceavo lugar a nivel nacional con 860 hectáreas (1,93%).

B 74-132

Esta variedad ingresó al país en el año 1975 sin embargo su auge se dio a principios de los años 90.

En cuanto a características morfológicas, esta variedad tiene una gran similitud a la variedad Q 96, e incluso algunos consideramos que se trata de esta última variedad, la cual en algún momento pudo haber sido confundida con una parcela de la variedad B 74-132.

Requiere suelos Francos con buen contenido de humedad y fertilidad de media a alta, es de porte abierto, muy azucarera, de buen encepamiento, buen cierre de entresurco, su floración es variable, sin embargo no muestra mucho problema con formación de corcho. Es muy alta en sacarosa y su madurez óptima se da entre mediados y finales de Zafra.

Respecto a enfermedades no se le han observado mayores problemas. Se siembra principalmente en la Región del Pacífico Seco (Cañas,Guanacaste) y en el Pacífico Central (Puntarenas), ocupando en el 2003 el lugar número catorce a nivel nacional con 846 hectáreas (1,9%).

B 76-259

Su ingreso se dio en el año 1977 y su siembra a nivel comercial comenzó a aumentar en los primeros años de la década de los noventa, esto debido a que mostraba susceptibilidad al Carbón (Ustilago scitaminea) y se temía que este influyera fuertemente en su producción.

Su encepamiento es regular, tallos gruesos de buen despaje, alta riqueza de sacarosa, Florece poco y madura de mediados a finales de Zafra.

Se adapta bien en la parte baja de las Regiones del Valle Central Oriental (Turrialba) y en la Región Norte (San Carlos), en suelos de fertilidad media a alta y con buen drenaje.

Presenta cierta susceptibilidad a una buena parte de los herbicidas de uso común y es bastante susceptible al Carbón (Ustilago scitaminea) sobre todo en plantaciones con mantenimiento deficiente.

En el censo del 2003 se apreciaba un aumento en el área de siembra ocupando el lugar número quince con 785 hectáreas (1,76%). Este aumento se dio principalmente a la región de San Carlos.

RB 73-9735
(B 52-179 X ?

Variedad de origen Brasileño que ingresó a nuestro país en 1983 y a mediados de los años noventas comenzó a consolidarse en la Región del Valle Central Occidental (Grecia, Alajuela y San Ramón).

Es de buen encepamiento, crecimiento bastante erecto, muy poca floración o no florece en el Valle Central Occidental y de media a alta riqueza de sacarosa, alcanzando su madurez máxima a finales de Zafra por lo que se recomienda su cosecha en este último tercio.

Se adapta muy bien entre los 600 y 1200 m.sn.m., en suelos de fertilidad media a alta y con adecuado contenido de humedad. Es tolerante a las principales enfermedades, mostrando únicamente cierta susceptibilidad al Mosaico.

En el último censo ocupaba el lugar número diecisiete a nivel nacional con 596 hectáreas (1,34%) siendo sembrada casi en forma exclusiva en el Valle Central.

B 77-95

Ingresó a nuestro país en el año 1978 con uno de los últimos grupos de variedades de este origen introducidos por el departamento de caña del Ministerio de Agricultura y Ganadería y fue hasta mediados de la década

de los noventa que se le comenzó a dar importancia y a incrementar su área de siembra.

Se caracteriza por presentar un encepamiento de regular a bueno, tallos gruesos de buen despaje, alta riqueza de sacarosa, floración media y madura entre mediados y finales de Zafra.

Actualmente se siembra en la región de Turrialba (Valle Central Oriental) y más recientemente en la región de San Carlos (Región Norte), mostrándose muy bien en suelos de fertilidad media a alta y con adecuada humedad.

Es resistente a las principales enfermedades presentes en el país.

En el último censo ocupaba el lugar número dieciocho a nivel nacional con un área de siembra de 540 hectáreas (1,2%) y la tendencia es al aumento.

H 61-1721
(H 49-3533 x ?)

Fue traída a Costa Rica en el año 1987 y a mediados de los años noventa ya se comenzaba a cultivar comercialmente sobre todo en la zona alta de la región del Valle Central Oriental (Juan Viñas) y en el Valle Central Occidental (San Ramón), o sea en condiciones de altura (1000-1400 m.s.n.m).

Esta variedad es de crecimiento rápido, abierto, encepamiento regular, contenido medio de sacarosa, madurez tardía y en algunos lugares florece hasta 50% en forma tardía. Se adapta bien en suelos de fertilidad media a alta y con un adecuado contenido de humedad.

Es tolerante a las principales enfermedades. Actualmente se cultiva casi exclusivamente en Juan Viñas con un área de siembra en el último censo de 408 hectáreas, representando el 0,92% de área a nivel Nacional y el lugar número diecinueve.

En los últimos años ha disminuido el área de siembra de esta variedad y en su lugar se ha incrementado la siembra de H 77-4643 y H 77-2545.

B 82-333

Se introdujo a nuestro país en el año 1992 y desde el 2002 para acá se ha comenzado a incrementar su área de siembra principalmente en la Región del Pacífico Seco (Guanacaste).

Esta variedad es de buen encepamiento, crecimiento bastante erecto, tallos de buen grosor, buen despaje, no florece, de medio a bajo contenido de sacarosa y maduración tardía.

Responde muy bien en suelos Francos de fertilidad media a alta y con riego. El área de siembra de esta variedad tiende a aumentar debido a que es una variedad apta para cosecha mecánica. Actualmente se esta evaluando su respuesta al madurante y su área de siembra va en aumento.

En el 2003 ya había sembradas 312 hectáreas, ocupando el lugar número veinte a nivel nacional con 0,70% del área.

RD 75-11
(B 38-22 x CP 57-603)

Su ingreso se dio en el año 1988 y el incremento en el área de siembra a finales de los años noventa.

Se adapta bien desde el nivel del mar hasta los 700 m.s.n.m., en suelos de fertilidad media a baja y con condiciones de poca humedad, sin embargo cuando se mejora esta condición también responde bien pero tiende a volcar mucho.

Es de buen encepamiento, crecimiento de semi abierto a abierto, mal despaje, alta en sacarosa, madurez temprana a media y alta floración con moderada presencia de corcho.

Esta variedad ha respondido bien en ciertos lugares de la parte baja del Valle Central Occidental (Grecia, Atenas) así como en el Pacífico Central (San Mateo) en áreas sin riego.

Muestra susceptibilidad a la enfermedad del fusarium (Pokkah boeng), sin embargo pareciera que no incide mucho en sus rendimientos.

En el último censo estaba en el lugar número veintiuno con 299 hectáreas (0,67%) a nivel nacional y la tendencia actual es a mantener o incrementar levemente su área.

H 77-2545
(H 65-2209 x ?)

Ingreso en el año 1994 y del año 2002 en adelante ha ido aumentando su área de siembra específicamente en altitudes entre 1000 y 1400 m.s.n.m. y en lugares de alta precipitación pluvial como Juan Viñas (Valle Central Oriental), donde se mantiene una alta humedad en el suelo durante todo el año, así como en el Valle Central Occidental (San Ramón) donde hay una estación seca definida y suelos de fertilidad media a baja.

Su encepamiento es bueno, crecimiento semiabierto a abierto, tallos gruesos de buen despaje, medio a bajo contenido de sacarosa, madurez tardía y no florece o florece poco bajo ciertas condiciones.

En cuanto a enfermedades no se le han visto mayores problemas. En el último censo aparecen 235 hectáreas sembradas con esta variedad en el país (0,53%) y la tendencia actual es a un incremento de su área.

LITERATURA CONSULTADA

1) Aponte, Q. F.; Durán A. J.; Riggioni, C.J. 1994. Catálogo de Variedades. Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de azúcar. 44 p.

2) ATACORI. 1997. Memoria 11 avo Congreso de ATACORI. II Tomo. p: 40-55.

3) ATACORI. 1999. Memoria del 13 avo Congreso de ATACORI. 11-52 p.

4) Chaves, S.M. et al. 2004. Censo de Variedades de Caña de Azúcar Sembradas en Costa Rica. Año 2003. Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar. 126 p.

5) Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar. 1999. Participación de DIECA en el XI Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. 46-67 p.

6) Rossi, M.G. 2001. Sugarcane Variety Notes 7 tn Revisión. 132 p.

PRUEBA COMPARATIVA DE 12 CLONES PROMISORIOS DE CAÑA DE AZUCAR EN EL VALLE CENTRAL OCCIDENTAL (COOPEVICTORIA) DE COSTA RICA. PROMEDIO DE CUATRO COSECHAS

Marvin Oviedo Alfaro, Roberto Alfaro Portuguez,
José Roberto Durán Alfaro
Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar
e-mail: moviedo@laica.co.cr, ralfaro@laica.co.cr, jduran@laica.co.cr

INTRODUCCIÓN

La región del Valle Central Occidental posee condiciones muy favorables para el cultivo de caña de azúcar, razón por la cual es una de las zonas más tradicionales en la siembra de caña de azúcar, sin embargo el éxito para alcanzar una alta producción en los rendimientos agrícolas e industriales ha sido mantener un programa de Mejoramiento Genético riguroso en la búsqueda de nuevas variedades con características morfológicas deseables y alta producción agroindustrial.

Para la obtención de una nueva variedad de caña de azúcar se requiere un proceso bastante largo (alrededor de 9 años), a través del cual se van superando varias fases de selección hasta llegar a la última etapa que consta de un ensayo estadístico el cual se debe cosechar tres o cuatro veces para recolectar información suficiente y confiable que indique si en realidad se cuenta con alguna variedad promisoria para poder validarla en áreas más grandes y en fincas de productores.

Es por esta razón que se estableció este ensayo con diez variedades extranjeras que han manifestado buenas características agroindustriales en las primeras etapas de selección.

OBJETIVOS

Evaluar agroindustrialmente el comportamiento de 10 nuevas variedades respecto a dos variedades de uso comercial en el país (Testigos).

Seleccionar clones promisorios que demuestren un buen comportamiento en las condiciones especificas del Valle Central Occidental.

MATERIALES Y MÉTODOS

La prueba comparativa se estableció en finca de Coopevictoria ubicada en Grecia a una altitud de 1.000 msnm, con una temperatura media de 23°C y una precipitación media anual de 2.900 mm. El suelo del lugar se clasifica como Andisol y el diseño utilizado fue Bloques Completos al Azar con Cuatro repeticiones; cada unidad experimental estuvo conformada por 5 surcos de 9 metros lineales (67,5 m^2). Este ensayo se inicio con su siembra el 20 de junio del año 2000 con una fertilización en caña planta fue de 152, 162 y 174 kg/ha de N, P_2O_5 y K_2O; y en caña soca fue de 121, 12, 124 kg/ha de N, P_2O_5 y K_2O, respectivamente. El mismo fue cosechado cada doce meses por cinco años consecutivos.

Este experimento estuvo conformado por 12 variedades entre las cuales se encuentran la SP 71-5574 y la RB 73-9735, utilizadas como Testigo y cultivados en la región en un 10,3 y un 26,1% , respectivamente, ya que son muy conocidas por su buen comportamiento en la zona del Valle Central.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se da a conocer la información de cuatro cosechas de este ensayo, con excepción de la primera cosecha, la cual por razones principalmente de edad no fue evaluada, ya que su desarrollo no era representativo.

En el Cuadro 1 se ofrece un resumen de los resultados de la segunda cosecha en donde se puede apreciar que en el Rendimiento Industrial (kg azúcar/t caña) no existieron diferencias estadísticas significativas al 5%

según Tuckey entre las variedades evaluadas. La variedad que presentó el mayor valor fue el Testigo (RB 73-9735) con 124,18 Kg Az/t.

La variedad que obtuvo mayor producción de caña por hectárea fue la RD 75-10 con 211,65 TM caña/ha presentando diferencias estadísticas significativas según Tuckey al 5% solamente con respecto a la variedad SP 71-5574 que obtuvo una producción de 129,25 TM caña/ha.

En lo que respecta a producción de azúcar por hectárea se observó que un grupo de variedades mostraron una mayor producción de azúcar por hectárea respecto al Testigo RB 73-9735, sin embargo no presentaron diferencias estadísticas significativas, entre estas se encuentran la RD 75-10, SP 81-2068, SP 81-3250, Mex 79-431 y la SP 82-1176, con una producción de 24,39; 23,38; 23,46; 23,00 y 22,04 toneladas de azúcar por hectárea, respectivamente.

Sin embargo económicamente la variedad Testigo RB 73-9735 fue lo más rentable, ya que presentó la menor cantidad de caña (8,05 TM) necesarias para extraer 1 tonelada de azúcar respecto a las demás variedades.

En el Cuadro 2 se ofrecen los resultados obtenidos en la tercera cosecha en donde se puede observar que en la variable Rendimiento de Azúcar por Tonelada de caña solo existe diferencia estadística significativa entre la variedad RD 75-10 (132,8 kg Az/t) y la variedad SP 81-3493 (110,51 kg az/t), además las variedades Mex 79-431 y RD 75-10 y SP 79-2233 mostraron rendimientos de azúcar levemente superiores a la variedad Testigo (RB 73-9735) con 127,75; 132,88 y 131,85 kg az/t, respectivamente.

En la producción de caña la Mex 79-431 obtuvo el mayor rendimiento con 172,13 TM caña/ha, presentado diferencias estadísticas significativas al 5% según Tuckey en comparación con la variedad Testigo RB 73-9735, además de esta variedad existe un grupo de seis variedades que no mostraron diferencias estadísticas pero que obtuvieron valores superiores al Testigo como fueron la SP 81-3493 (169,21), SP 81-2068 (105,69), SP 81-3250 (167,7), RD 75-10 (143,87) y la SP 80-1520 (148,88).

La variedad que presento el rendimiento más bajo fue la SP 71-5574 con 89,64 TM caña/ha. En lo que respecta a la producción de azúcar por hectárea se puede notar que solamente hay diferencias estadísticas significativas entre la variedad Mex 79-431 y las variedades SP 80-1836 y SP 71-5574, sin embargo es importante apreciar que el Testigo RB 73-9735 fue superado por ocho variedades entre las cuales se destacan la Mex 79-431,

CUADRO 1
Resultados Agroindustriales de la Evaluación de 12 Variedades de Caña de Azúcar en Fase 6. Segunda Cosecha. Grecia. 2002

Variedad	Porciento				Rendimiento	TM/ha		PRT	Relación
	Brix	Pol	Pureza	Fibra	kg azúcar/t	Caña	Azúcar		Sacarosa
RD 75-10	22,27	19,22	86,24	12,57	116,69	211,65a	24,39a	115,00	8,68
SP 81-2068	21,75	18,85	86,68	11,65	117,22	203,88ab	23,88ab	113,33	8,54
SP 81-3250	22,80	19,81	86,83	12,47	120,57	195,36ab	23,46ab	111,00	8,33
Mex 79-431	21,82	18,84	86,35	12,10	115,60	199,06ab	23,00ab	109,15	8,65
SP 82-1176	23,15	20,24	87,53	12,47	123,72	178,06ab	22,04ab	104,00	8,08
RB 73-9735 (t)	22,55	19,66	87,20	11,17	124,18	169,53ab	21,07ab	100,00	8,05
SP 81-3493	21,67	18,24	84,18	13,45	106,53	197,56ab	21,04ab	99,86	9,39
SP 80-1520	22,27	19,65	88,21	12,62	120,13	174,43ab	20,95ab	99,43	8,33
SP 80-1836	23,35	20,54	87,98	14,05	120,44	173,51ab	20,95ab	99,43	8,28
SP 81-1842	22,72	19,72	86,76	13,02	118,40	175,73ab	20,74ab	98,43	8,47
SP 79-2233	22,00	19,01	86,46	12,07	116,73	169,99ab	19,86ab	94,26	8,56
SP 71-5574 (t)	23,32	20,35	87,16	14,32	118,16	129,25b	15,3b	72,62	8,45
Promedio	22,47	19,51	86,80	12,66	118,20	181,50	21,39	139,8	8,48
CV%	3,76	4,85	2,61	10,43	6,80	9,99	9,95		

PRT = Porcentaje de Diferencia Respecto al Testigo en la variable Ton de Azúcar/Ha
Relación Sacarosa Toneladas de Caña Necesarias para Extraer una ton de Azúcar

CUADRO 2
Resultados Agroindustriales de la Evaluación de 12 Variedades de Caña de Azúcar en Fase 6. Tercera Cosecha. Grecia. 2003

Variedad	Porciento				Rendimiento	TM/ha		PRT	Relación
	Brix	Pol	Pureza	Fibra	kg azúcar/t	Caña	Azúcar		Sacarosa
Mex 79-431	22,72ab	20,77abc	91,44	13,02cde	127,75ab	172,13a	22,01a	133,64	7,82
SP 81-2068	21,77ab	19,68bc	90,4	12,35de	122,66ab	165,69abc	20,28ab	123,13	8,17
SP 81-3250	22,8ab	20,32abc	89,22	14,22abcd	119,49ab	167,76ab	20,06abc	121,80	8,36
RD 75-10	23,62ab	21,43abc	90,71	12,57cde	132,88a	143,87abcd	19,13abc	116,15	7,52
SP 79-2233	22,92ab	20,92abc	91,29	12,07e	131,85ab	142,95abcd	18,83abc	114,33	7,59
SP 81-3493	21,7b	19,48c	89,73	15,65a	110,51b	169,21ab	18,74abc	113,78	9,02
SP 80-1520	22,82ab	20,44abc	89,52	13,27cde	123,72ab	148,88abc	18,43abc	111,90	8,07
SP 82-1176	23,97ab	21,94a	91,52	13,75bcde	132,36ab	128,54bcd	17,01abc	103,28	7,55
RB 73-9735 (t)	23,07ab	20,72abc	89,73	13,02cde	126,35ab	129,5bcd	16,47abc	100	7,86
SP 81-1842	23,52ab	20,99abc	89,27	14,42abc	122,86ab	133,13abcd	16,3abc	98,97	8,16
SP 80-1836	24,25a	21,9ab	90,32	14,1abcde	130,05ab	118,34cd	15,4bc	93,50	7,68
SP 71-5574 (t)	23,62ab	21,54ab	91,16	15,32ab	124,04ab	89,64d	11,06c	67,15	8,1
Promedio	23,06	20,84	90,35	13,64	125,37	142,47	17,81	108,14	7,99
CV%	3,12	4,01	2,51	5,84	5,16	11,75	13,93		

PRT= Porcentaje de Diferencia Respecto al Testigo en la Variable TM de Azúcar/ha
Relación Sacarosa = Toneladas de Caña Necesarias moler para Extraer una TM de Azúcar

CUADRO 3
Resultados Agroindustriales de la Evaluación de 12 Variedades de Caña de Azúcar en Fase 6. Cuarta Cosecha. Grecia. 2004

Variedad	Porciento				Rendimiento	TM/ha		PRT	Relación
	Brix	Pol	Pureza	Fibra	kg azúcar/t	Caña	Azúcar		Sacarosa (%)
RD 75-10	22,93	20,31	88,54	13,12ab	121,81	169,90ab	20,69[a]	124,12	8,21
Mex 79-431	22,5	19,5	86,66	14,3ab	113,77	180,37a	20,51ab	123,04	8,79
SP 81-3250	22,92	19,98	87,15	12,97ab	120,21	150,18abcd	18,03abc	108,16	8,32
SP 81-3493	22,26	19,68	88,45	14,27ab	115,17	154,26abcd	17,76abcd	106,54	8,68
SP 79-2233	22,17	19,82	89,41	13,5ab	119,1	147,96abcd	17,60abcd	105,58	8,40
SP 80-1520	22,51	19,78	87,92	13,42ab	118,13	148,52abcd	17,51abcd	105,04	8,47
SP 81-2068	21,75	18,72	86,21	13,17ab	111,43	156,60abc	17,48abcd	104,86	8,97
RB 73-9735	22,76	19,2	84,39	12,37b	115,55	144,26bcd	16,67abcd	100,00	8,65
SP 81-1842	22,72	19,78	87,04	14,35ab	114,59	138,89bcd	15,93abcd	95,56	8,73
SP 80-1836	23,55	20,62	87,577	13,1ab	123,97	123,89cd	15,52bcd	93,10	8,07
SP 82-1176	23,21	19,82	85,45	14,87ab	112,12	132,96cd	14,93cd	89,56	8,92
SP 71-5574	23,64	20,83	88,2	15,77a	116,54	89,25d	10,41d	62,45	8,58
Promedio	22,74	19,84	87,25	13,77	11,68	144,75	16,92	101,5	8,57
C.V. %	3,43	3,95	2,91	5,94	4,92	7,09	8,67		

PRT= Porcentaje de Diferencia Respecto al Testigo en la Variable Ton de Azúcar/Ha
Relación Sacarosa. Toneladas de Caña Necesarias para Extraer una TM de Azúcar

SP 81-2068, SP 81-3250 y RD 75-10, los cuales superaron en producción de azúcar al Testigo en 33,64%; 23,13%; 21,80% y 16,15% respectivamente. En la relación Sacarosa las variedades más rentables que superaron a la variedad Testigo RB 73-9735 fueron RD 75-10, SP 82-1176, SP 79-2233 al requerir procesar menos de ocho toneladas de caña para extraer una tonelada de azúcar.

En el Cuadro 3 se presentan los resultados obtenidos durante la cuarta cosecha. En lo relacionado a las variables Brix, Pol y Pureza no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre las variedades analizadas en este experimento.

En lo que respecta al porcentaje de Fibra contenida en cada variedad se encontró que la RB 73-9735 fue la que obtuvo el menor porcentaje con 12,37% y la variedad con el mayor valor fue la SP 71-5574 con un 15,77%, entre las demás variedades no se presentaron diferencias estadísticas significativas según Tuckey al 5%.

En lo concerniente a producción de azúcar por tonelada no se encontraron diferencias estadísticas significativas según Tuckey al 5%.

En la producción de caña por hectárea la Mex 79-431 con 180,37 t caña /Ha mostró diferencia estadística significativa con respecto al Testigo RB 73-9735 que alcanzó un tonelaje de 144,26 TM/ha. También un grupo de variedades superaron al Testigo en esta variable, aunque no fue significativa dicha diferencia como es el caso de la RD 75-10, SP 81-2068, SP 81-3493, SP 81-3250 y SP 80-1520 con valores de toneladas de caña por hectárea de 169,9; 156,60; 154,26; 150,18 y 148,52, respectivamente.

En lo referente a producción de azúcar (TM/ha) se encontraron diferencias estadísticas significativas, sin embargo estas diferencias no se presentaron entre las variedades más promisorias de este ensayo, aunque la RD 75-10, Mex 79-431 y SP 81-2068 superaron al Testigo en un 24,12%; 23,04% y 4,86% respectivamente. La variedad de menor producción fue la SP 71-5574 con 10,41 t az/ha.

En la quinta cosecha (Cuadro 4) se observa que no existieron diferencias estadísticas significativas en las variables % de Brix, Pol, Pureza, Fibra y Rendimiento Industrial (kg Azúcar/t) en relación a la variedad Testigo (RB 73-9735).

La producción de caña por hectárea no mostró diferencias estadísticas significativas entre las variedades que ofrecieron los mejores rendimientos, sin embargo vale la pena rescatar la alta producción obtenida con las variedades SP 81-3493, SP 81-2068, Mex 79-431 y RD 75-10, que lograron rendimientos de 161,47; 161,05; 159,42 y 156,54 toneladas por hectárea, respectivamente.

En lo que respecta a toneladas de azúcar por hectárea solamente entre las variedades RD 75-10 y SP 71-5574 se encontraron diferencias estadísticas significativas. También es importante analizar la columna del porcentaje de aumento de azúcar por hectárea respecto

CUADRO 4
Resultados Agroindustriales de la Evaluación de 12 Variedades de Caña de Azúcar en Fase 6. Quinta Cosecha. Grecia. 2005

Variedad	Porciento				Rendimiento	TM/ha		PRT	Relación
	Brix	Pol	Pureza	Fibra	kg azúcar/t	Caña	Azúcar		Sacarosa (%)
RD 75-10	22,47	20,47	91,05	13,37	124,52	156,54ab	19,46[a]	124,9	12,43
Mex 79-431	21,95	19,29	87,85	13,72	114,28	159,42ab	18,18ab	116,69	11,4
SP 81-2068	21,35	18,93	88,71	13,75	112,59	161,05ab	18,13ab	116,37	11,26
SP 81-3493	21,37	19,31	90,26	15,52	110,37	161,47[a]	17,78ab	114,12	11,01
SP 81-3250	22,05	19,82	89,81	14,67	115,67	139,3abcd	16,21ab	104,04	11,64
SP 80-1520	22,37	20,22	90,39	13,72	121,41	131,42abcd	15,98ab	102,57	12,16
SP 79-2233	21,35	18,84	88,1	13,45	112,47	140,7abc	15,8ab	101,41	11,23
SP 82-1176	21,72	19,52	89,93	14,87	113,16	139,7abcd	15,8ab	101,41	11,31
RB 73-9735 (t)	22,1	19,48	88,14	12,2	120,51	129,28abcd	15,58ab	100,00	12,05
SP 81-1842	22,4	20,1	89,74	14,9	116,33	119,75bcd	13,95ab	89,54	11,65
SP 80-1836	22,7	20,53	90,45	13,8	122,98	111,1cd	13,64ab	87,55	12,28
SP 71-5574 (t)	22,32	19,84	88,88	16,35	109,65	71,17d	7,85b	50,39	11,03
Promedio	22,01	19,7	89,44	14,19	116,16	135,08	15,7	100,75	11,62
CV%	3,59	4,51	1,91	9,23	7,07	8,16	11,21		

PRT= Porcentaje de Diferencia Respecto al Testigo en las Ton de Azúcar/Ha
Relación Toneladas de Caña Necesarias para Extraer una TM de Azúcar Valores con Igual Letra No Difieren
Sacarosa. Estadísticamente según Tuckey 5%

al Testigo (PRT) ya que se puede observar que la variedad RB 73-9735 fue superada por un buen número de variedades entre ellas, las más importantes RD 75-10, Mex 79-431, SP 81-2068, SP 81-3493 y SP 81-3250, las cuales a través de las diferentes cosechas han mostrado un buen comportamiento.

En la Figura 1 y 2 se presentan las curvas de madurez realizadas a las variedades evaluadas y en la misma se evidencia que variedades como Mex 79-431, SP 82-1176 son más tempraneras en su madurez que variedades como RB 73-9735, SP 71-5574 y SP 81-1842.

Análisis de las Cuatro Cosechas

En el Cuadro 5 se ofrecen los resultados analizados estadísticamente de las cuatro cosechas y en donde se puede observar que el Brix del Testigo RB 73-9735 (cuyo valor es de 22,62%) solamente presentó diferencias estadísticamente significativas al 5% según Tuckey con las variedades SP 81-3493 y SP 81-2068, con valores de 21,75% y 21,66%, respectivamente.

En relación al Pol se puede apreciar que no existen diferencias estadísticas entre el Testigo y las demás variedades. Respecto a la Pureza se puede apreciar que no se dieron diferencias estadísticas significativas entre las variedades, encontrándose estas entre un rango de 87,37% a 89,4%, con un coeficiente de variación de 1,71%.

La evaluación de Fibra nos confirma que el Testigo (RB 73-9735) con un valor de 12,19% es una variedad baja en Fibra y además fue superada por las demás variedades, presentando diferencias estadísticas con cinco de ellas.

Con respecto a los rendimientos de azúcar por tonelada de caña se puede observar que el Testigo RB 73-9735, con un promedio de producción de 121,65 kg de azúcar por tonelada de caña, solamente presentó diferencias estadísticas con la variedad SP 81-3498, sin embargo fue superada por las variedades SP 80-1836 y RD 75-10.

En cuanto a la producción de toneladas de caña por hectárea se aprecia que no existen diferencias estadísticamente significativas entre el Testigo (RB 73-9735) y las variedades más sobresalientes como es el caso de la Mex 79-431, SP 81-2068, SP 81-3493 y RD 75-10, que superaron a la RB 73-9735 en 34,61; 28,67; 27,49 y 27,35 toneladas de caña por hectárea, respectivamente.

La variable tonelada de Azúcar por Hectárea se puede notar que existen tres variedades de caña con características muy sobresalientes que superaron al Testigo RB 73-9735 aunque no estadísticamente.

La primera fue la variedad Mex 79-431 que mostró el mejor rendimiento con 20,93 toneladas de azúcar por

CUADRO 5
Resultados Agroindustriales de la Evaluación de 12 Variedades de Caña de Azúcar en Fase 6. Promedio de Cuatro Cosechas. Grecia. 2005

Variedad	Porciento				Rendimiento	TM/ha		PRT	Relación
	Brix	Pol	Pureza	Fibra	kg azúcar/t	Caña	Azúcar		Sacarosa
Mex 79-431	22,25 cde	19,60 bcd	88,08	13,29 cde	117,85 ab	177,75 a	20,93 a	119,94	9,17
RD 75-10	22,82 abcd	20,36 abc	89,14	12,91 cde	123,98 a	170,49 a	20,92 a	119,88	9,21
SP 81-2068	21,66 e	19,05 d	88,00	12,73 de	115,98 ab	171,81 a	19,94 ab	114,27	9,24
SP 81-3250	22,64 abcd	19,98 abcd	88,25	13,58 bcde	118,99 ab	163,15 ab	19,44 ab	111,40	9,16
SP 81-3493	21,75 e	19,18 cd	88,16	14,72 ab	110,65 b	170,63 a	18,83 ab	107,91	9,53
SP 80-1520	22,49 bcde	20,02 abcd	89,01	13,26 cde	120,85 ab	150,81 ab	18,22 ab	104,41	9,26
SP 79-2233	22,11 de	19,65 bcd	88,82	12,77 cde	120,04 ab	150,40 ab	18,02 ab	103,27	8,95
RB 73-9735 (t)	22,62 abcd	19,77 abcd	87,37	12,19 e	121,65 a	143,14 ab	17,45 ab	100,00	9,15
SP 82-1176	23,01 abc	20,38 abc	88,61	13,99 bcd	120,34 ab	144,82 ab	17,45 ab	100,00	8,97
SP 81-1842	22,84 abcd	20,15 abcd	88,20	14,17 abc	118,05 ab	141,88 ab	16,73 b	95,87	9,25
SP 80-1836	23,46 a	20,90 a	89,08	13,76 bcd	124,36 a	131,71 bc	16,38 b	93,87	9,08
SP 71-5574	23,83 ab	20,64 ab	88,85	15,44 a	117,10 ab	94,83 c	11,16 c	63,95	9,04
Promedio	22,62	19,97	88,46	13,57	119,15	150,95	17,96	102,9	9,17
C.V.(%)	1,5	2,51	1,71	4,26	3,61	10,09	8,75		

PRT= Porcentaje de Diferencia Respecto al Testigo en la Ton de Azúcar/Ha
Relación Sacarosa. Toneladas de Caña Necesarias para Extraer una TM de Azúcar

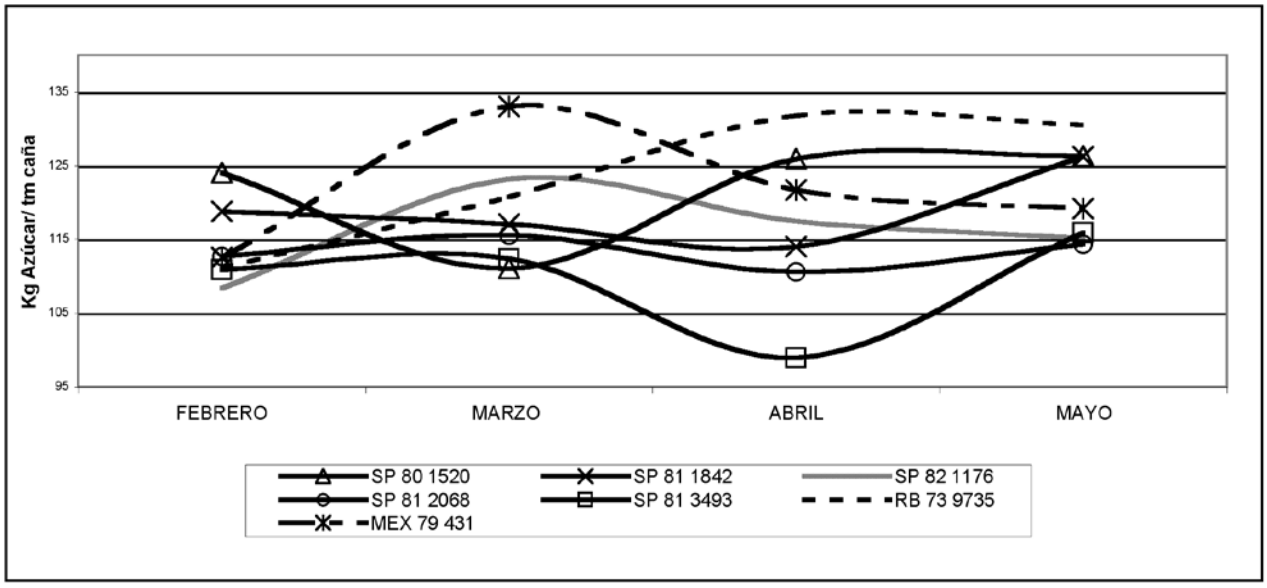


Figura 2. Comportamiento de las Curvas de Madurez de 6 Variedades de Caña de Azúcar Evaluadas de Febrero a Mayo 2005 en el Valle Central Occidental. Grecia, Costa Rica.

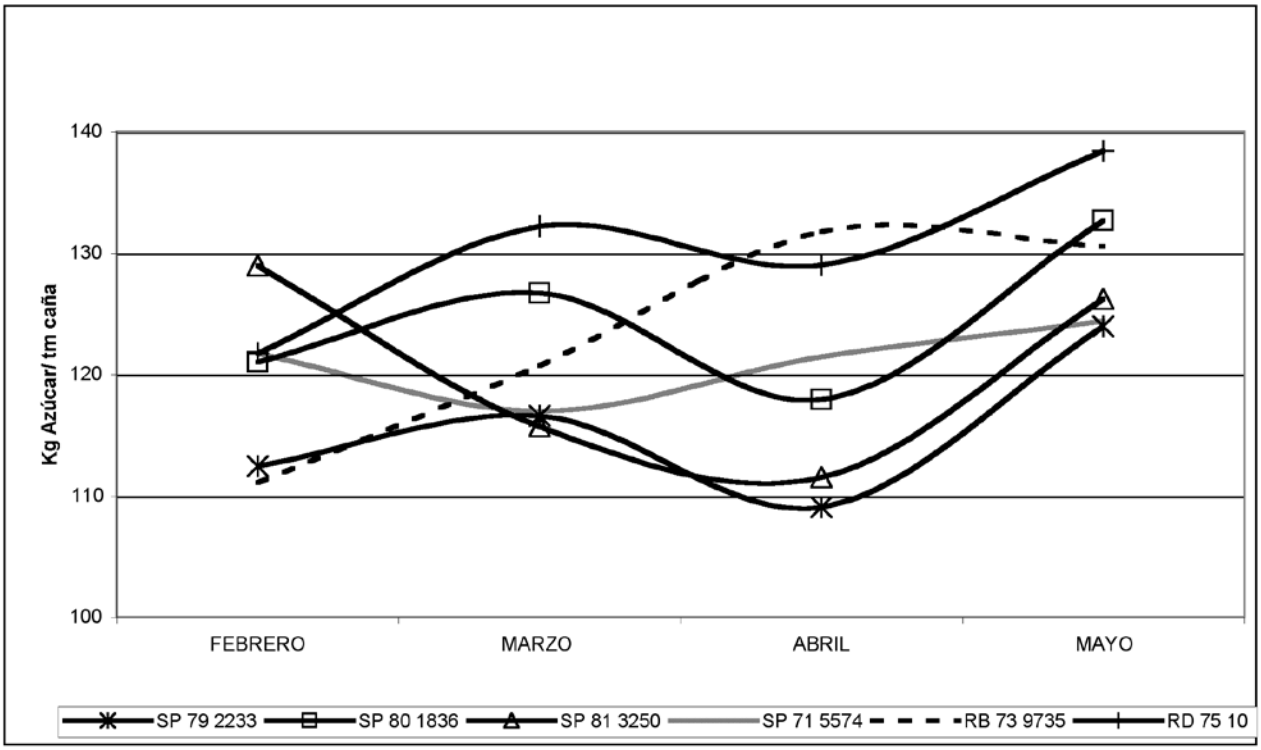


Figura 1. Comportamiento de las Curvas de Madurez de 7 Variedades de Caña de Azúcar Evaluadas de Febrero a Mayo 2005 en el Valle Central Occidental. Grecia, Costa Rica.

hectárea siendo un material muy promisorio con excelentes características agroindustriales como lo es su excelente encepamiento, desarrollo y sanidad. También se caracteriza porque presenta un despaje regular, porte erecto, tallos gruesos, floración regular y maduración media.

En el caso de la RD 75-10 (Segunda) es una variedad con alto contenido de sacarosa como quedó demostrado durante las cuatro cosechas, además es un material que posee un porte erecto, buen encepamiento y maduración media tardía, sin embargo es una variedad con un crecimiento lento y un despaje difícil que limitan su incremento en la siembras comerciales.

La Tercera variedad es la SP 81-2068 que se caracteriza por un excelente número de tallos por metro lineal, lo que se traduce en un alto tonelaje de caña por hectárea y uniformidad en producción de caña a través del tiempo.

La SP 81-2068 es una variedad con un porte erecto a semiabierto, despaje bueno, tallos de grosor medio (2,5 cm), maduración media-tardía y rápido crecimiento, razón por la cual ha demostrado buenos resultados en suelos con poca humedad y de fertilidad media-baja.

CONCLUSIONES

De esta investigación y los resultados obtenidos después de cinco cosechas se puede concluir lo siguiente:

En el momento del establecimiento del ensayo la variedad comercial más cultivada era SP 71-5574 por lo que esta fue ampliamente superada por todas las variedades.

La variedad RB 73-9735 considerada también como Testigo comercial fue superada por al menos el 50% de las variedades estudiadas en todas las variables.

En el Rendimiento Industrial (kg Azúcar/t) la mayoría de las variedades presentaron rendimientos similares y bastante satisfactorios producto de una selección previa donde esta variable se le brinda mucha importancia. Sin embargo variedades como RD 75-11, SP 82-1176, SP 80-1520 y SP 79-2233 fueron las que en las diferentes cosechas permanecieron a la cabeza en esta variable.

En la producción de caña (TM/ha) las variedades RD 75-10, Mex 79-431 y SP 81-2068, SP 81-3493 presentaron los mayores valores en esta variable.

En la producción de azúcar las variedades Mex 79-431 y RD 75-10 fueron las productoras y aunque sus diferencias estadísticamente no fueron significativas si fueron sostenibles a lo largo de los cinco años de evaluación de las mismas.

Debido a estos resultados y por las características agronómicas y fitopatológicas la variedad Mex 79-431 se presenta como una excelente alternativa para los productores de esta región.

ESTUDIO COMPARATIVO DE 10 VARIEDADES DE CAÑA DE AZUCAR EN LA REGION DEL PACIFICO SECO DE COSTA RICA (CAÑAS, GUANACASTE). PROMEDIO TRES COSECHAS

Álvaro Angulo M., José Roberto Duran A., Marvin Oviedo A
Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar
e-mail:aangulo@laica.co.cr, jduran@laica.co.cr, moviedo@laica.co.cr

RESUMEN

El componente varietal ha sido través del tiempo el principal bastión de la agroindustria azucarera nacional, por lo que es imprescindible encontrar variedades de un nivel productivo alto que satisfagan las necesidades que requiere esta actividad. LAICA a través de su Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), ha impulsado un programa de mejoramiento genético serio y constante que permite evaluar diversos clones en condiciones edafoclimaticas y tecnológicas diversas. Este proceso de selección varietal consta de varias etapas de evaluación, siendo la fase VI la etapa más rigurosa en la que se someten los clones a diferentes evaluaciones biométricas, para comparar los clones promisorios con las variedades comerciales (testigos). Con el objeto de evaluar el comportamiento agroindustrial de 5 clones extranjeros y 3 nacionales, se estableció un estudio competitivo de variedades en fase VI, en el área experimental que DIECA posee en el CURDTS ubicado en Cañas Guanacaste a una altitud de 12 msnm, localizado a 10° 19' 34" latitud norte y 85° 09' 10" longitud oeste, con una precipitación anual promedio de 1670 mm. Se empleo un diseño experimental de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones. La variedades recibieron una fertilización que correspondió a: 150, 80, 100 Kg. de N, P_2O_5 y K_2O respectivamente. El manejo agronómico consistió en realizar las mismas labores que usualmente los productores de la zona efectúan en las plantaciones comerciales (control de malezas, control de plagas, fertilización, aporca y riego). El análisis de resultados promedio muestra que hubo diferencias significativas entre las variedades. El mejor comportamiento en la producción de toneladas de caña y azúcar por hectárea se obtuvo con la variedad LAICA 00-301, asimismo se observo un excelente comportamiento de las variedades LAICA 00-307, LAICA 00-303 y CP 80 1743 en estas mismas variables. La serie de variedades Canal Point mostraron la mejor concentración de sacarosa de la evaluación. Se concluye indicando los excelentes resultados obtenidos por los clones nacionales, principalmente cuando se refiere a LAICA 00-301, la cual se incorporara a las fincas de productores de la región para validar estos resultados en áreas semicomerciales.

INTRODUCCION

El componente varietal es un factor muy influyente y determinante en el aumento de la productividad y rentabilidad de los proyectos cañeros. La variedad contribuye intrínsicamente con un aporte valioso a la productividad en las fincas de los productores de caña de azúcar, es así que la escogencia de una buena variedad asegura una producción satisfactoria, siempre y cuando el resto de labores se realicen adecuadamente. El proceso de evaluación y selección de variedades es una herramienta básica que se torna importante cuando las necesidades de encontrar materiales genéticos de caña de azúcar así lo condicionan; por lo tanto la evaluación de variedades es una práctica necesaria y constante, que se debe realizar en todas las zonas que presenten condiciones edafoclimaticas diferentes. Asimismo la importancia de valorar el comportamiento de los clones en situaciones tecnologías diversas del cultivo. De esta forma es que se introducen nuevas variedades del extranjero y se generan clones nacionales de la serie LAICA, para buscar variedades que muestren buena adaptación en las diferentes regiones cañeras del país.

OBJETIVO

El siguiente experimento se estableció con el fin de verificar y evaluar el comportamiento agroindustrial de diez variedades de caña de azúcar a las condiciones edafoclimaticas del sitio experimental.

MATERIALES Y MÉTODO

La evaluación se realizo en el área experimental que DIECA posee en la finca del Colegio Universitario del Riego y Desarrollo del Trópico Seco (CURDTS), ubicado en Cañas Guanacaste a una altitud de 12 msnm, localizado a 10° 19' 34" latitud norte y 85° 09' 10" longitud oeste, con una precipitación anual promedio de 1670 mm. Se empleo un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La unidad experimental fue de 75 m2 (5 surcos de 10 m de largo). El experimento se estableció en un suelo Inceptisol, franco arenoso de fertilidad media.

La fertilización base correspondió a la aplicación de: 150, 80, 100 Kg. de N, P_2O_5 y K_2O respectivamente. En cuanto al manejo agronómico, este consistió en realizar las mismas labores que usualmente los productores de la zona efectúan en las plantaciones comerciales (control de malezas, control de plagas, fertilización, aporca y riego).

La cosecha se realizo en cada uno de los cortes a la edad de 12 meses y los análisis industriales se efectuaron en el laboratorio que para este fin posee el ingenio Taboga.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos de la primera cosecha se presentan en el Cuadro 1. El rendimiento industrial mostró un comportamiento particular entre variedades, sobresaliendo la variedad CP 94-1604 la cual obtuvo la mejor concentración de sacarosa del experimento (10,8 %); el resto de variedades a excepción de CP 72-2086 y LAICA 00-301 presentaron valores inferiores al 10 % de concentración.

Según los datos las variables (Brix, Pol, Pureza y Fibra) evidenciaron diferencias significativas, sin embargo no existió un comportamiento preciso entre las variedades.

CUADRO 1
Resultados Agroindustriales del Experimento de Variedades en Fase VI. Primer Corte. CURTS, Cañas Guanacaste. 2004

Variedad	Porciento				Rendimiento	TM/ha		PRT	Relación
	Brix	Pol	Pureza	Fibra	kg azúcar/t	Caña	Azúcar		Sacarosa (%)
LAICA 00-301	20,15 bc	18,11 bcd	89,79	15,22	100,81 abcd	104,83 ab	10,57 a	107,00	9,92
CP 80-1743	18,25 d	16,04 de	85,78	13,76	90,64 de	115,65 a	10,46 ab	106,00	11,05
CC 84-75	20,25 bc	17,02 cde	84,34	14,39	91,79 cde	112,51 ab	10,31 abc	104,00	10,91
CP 72-2086 (T)	20,13 bc	18,53 abc	93,55	15,04	102,96 abc	96,32 bc	9,91 abcd	100,00	9,72
LAICA 00-303	19,88 bcd	17,72 bcd	89,01	15,64	97,06 abcde	94,98 bcd	9,22 abcd	93,04	10,30
LAICA 00-307	18,38 cd	15,75 e	85,64	13,85	87,37 e	104,32 abc	9,11 cde	91,92	11,45
C 137-81	19,63 bcd	17,36 bcde	88,41	15,19	95,68 bcde	86,65 cd	8,29 de	83,65	10,45
B 80-689(T)	20,91 b	18,91 ab	90,44	15,02	91,84 cde	86,49 cde	7,94 e	80,00	10,89
CP 94-1604	22,68 a	19,81 a	87,32	16,43	108,15 a	70,15 e	7,59 e	76,60	9,24
CP 88-1834	20,03 bc	18,28 abcd	88,09	15,46	98,51 abcde	75,33 de	7,42 e	74,87	10,15
Promedio	21,75	17,75	88,23	15,00	96,48	94,72	9,10	91,71	10,41
CV%	5,93	6,45	3,30	6,61	8,13	8,28	9,90		8,44

** Tratamientos cuyas Medias tiene Letras Iguales en una Misma Columna No Difieren Según Prueba Tukey*
(T) Variedad Testigo

En cuanto a la variable toneladas de caña por hectárea la mejor variedad fue CP 80-1743, ya que fue la única que superó en forma significativa al Testigo CP 72-2086 (P > 0,05). Las variedades de la serie LAICA mostraron en términos promedio un rendimiento de caña por hectárea importante (entre 90 y 100 TM/ha), siendo muy similar al testigo CP 72-2086.

Respecto a la variable toneladas de azúcar por hectárea en orden descendente las mejores variedades fueron: LAICA 00-301, CP 80-1743 y CC 84-75, las cuales superaron al testigo CP 72-2086 en un 7.0%, 6.0% y 4.0% respectivamente, sin ser estos resultados estadísticamente significativos (P > 0,05). El Testigo si fue estadísticamente superior en esta variable a las variedades: B 80-689, CP 94-1604 y CP 88-1834 (Cuadro 1).

En el Cuadro 2 detallan los resultados obtenidos en la segunda cosecha. Se observa que en esta cosecha la mayoría de variedades superaron el 10 % en concentración de sacarosa, lográndose los mejores rendimientos de azúcar con las variedades CP 94-1604 y CP 72-2086, siendo estas estadísticamente superiores (P ≤ 0,01) a LAICA 00-301, LAICA 00-307, CP 80-1743, LAICA 00-303, CC 84-75, Y C 137-81. Es importante indicar la excelente producción de caña por hectárea obtenida con la variedad LAICA 00-301, la cual superó en forma significativa al Testigo (CP 72-2086) (P ≤ 0,01).

En cuanto a la variable toneladas de azúcar por hectárea el mejor comportamiento lo presentan las variedades: LAICA 00-301, LAICA 00-307 y CP 80-1743, las cuales superaron al testigo, en un 10,47%, 5,11% y 0,70% respectivamente, sin ser estos resultados estadísticamente significativos.

La información obtenida en la tercera cosecha se presenta en el Cuadro 3. Es impresionante el rendimiento industrial obtenido por la mayoría de variedades, oscilando su concentración de sacarosa entre 10,9% y 12, 1 %, prevaleciendo el mejor rendimiento para B 80 689. Las variables productivas caña y azúcar por hectárea mostraron un excelente comportamiento entre variedades, por ejemplo los mejores resultados de toneladas de caña por hectárea se logro con las variedades: LAICA 00-301, LAICA 00-303, LAICA 00-307 y CP 80-1743, las cuales fueron superiores al testigo y con significancia estadística (P ≤ 0,01).

En relación a las toneladas de azúcar por hectárea se encontró que las variedades LAICA 00-301, LAICA 00-303 y LAICA 00-307 obtuvieron los mejores rendimientos, superando al Testigo en 30,32%, 25,46% y 23,77% respectivamente. Esta diferencia fue estadísticamente significativa, Similarmente las variedades CP 80-1743 y C 137-81 sobresalieron al Testigo en un 15,45% y 3,53% respectivamente, aunque sin mostrar diferencias significativas (P > 0,01).

El análisis promedio de las tres cosechas se presenta en el Cuadro 4. En el se observa que la mejor variedad durante la evaluación resulto ser LAICA 00-301 la cual mostró diferencias estadísticas significativas respecto al testigo (CP 72-2086) en las variables toneladas de caña y toneladas de azúcar por hectárea, con un incremento que oscilo entre un 21,98% y 17,38% respectivamente.

CUADRO 2
Resultados Agroindustriales del Experimento de Variedades en Fase VI. Segunda Cosecha. CURTS. Cañas Guanacaste

Variedad	Porciento				Rendimiento	TM/ha		PRT	Relación
	Brix	Pol	Pureza	Fibra	kg azúcar/t	Caña	Azúcar		Sacarosa (%)
LAICA 00-301	21,65	19,37	89,61	16,32	106,03 b	104,69 a	11,08 a	110,47	9,45 ab
LAICA 00-307	20,80	18,78	87,80	13,70	107,98 b	97,30 abc	10,48 ab	105,11	9,27 bc
CP 80-1743	20,55	17,70	86,21	14,10	102,48 b	98,92 ab	10,10 ab	100,70	9,77 ab
CP 72-2086 (T)	22,27	20,18	90,53	14,22	118,93 a	84,65 bcd	10,03 ab	100,00	8,42 d
LAICA 00-303	21,05	18,73	89,97	15,43	106,28 b	94,10 abc	9,98 ab	99,50	9,42 ab
B 80-689	21,52	19,87	89,71	13,22	117,14 a	79,50 cde	9,38 abc	93,52	8,57 dc
CC 84-75	20,17	18,12	85,92	14,32	99,15 b	92,67 abc	9,16 abc	91,33	10,14 a
C 137-81	20,60	18,36	88,86	14,72	106,30 b	82,82 bcd	8,79 bc	87,64	9,42 ab
CP 88-1834	22,17	20,02	90,37	14,59	117,10 a	72,32 de	8,47 bc	84,45	8,54 d
CP 94-1604	22,95	20,26	88,24	13,74	121,98 a	62,50 e	7,70 c	76,77	8,22 d
Promedio	21,37	19,14	88,62	14,44	110,33	86,94	9,51	94,95	9,12
CV%	4,68	4,57	2,19	5,69	5,58	14,24	15,4		5,50

CUADRO 3
Resultados Agroindustriales del Experimento de Variedades en Fase VI. Tercera Cosecha. CURTS. Cañas Guanacaste

Variedad	Porciento				Rendimiento	TM/ha		PRT	Relación
	Brix	Pol	Pureza	Fibra	kg azúcar/t	Caña	Azúcar		Sacarosa (%)
LAICA 00-301	21,23	19,37 abc	91,32	14,11	115,29 abc	153,67 a	17,71 a	130,32	8,68 abc
LAICA 00-303	21,60	19,28	89,24	14,02	113,84 bc	149,17 a	17,05 a	125,46	8,81 abc
LAICA 00-307	21,43	19,10	89,09	12,77	116,50 abc	145,20 a	16,82 a	123,77	8,65 abc
CP 80-1743	20,55	18,33	89,17	12,32	112,93 bc	139,18 a	15,69 ab	115,45	8,86 ab
C 137-81	21,73	19,52 abc	89,87	13,50	117,26 abc	120,00 b	14,07bc	103,53	8,55 abc
CP 72-2086 (T)	20,50	18,69 a	91,07	12,31	116,26 abc	118,70 b	13,59 bcd	100,00	8,64 abc
CC 84-75	20,33	17,63	87,71	11,91	109,31 bc	120,50 b	13,18 bcd	96,98	9,15 a
B 80-689	22,03	20,00 a	90,80	13,14	121,28 ab	107,32 bc	12,98 cd	95,51	8,25 bc
CP 88-1834	20,95	18,98	90,54	13,01	116,07 abc	106,98 bc	12,40 cd	91,24	8,63 abc
CP 94-1604	21,68	20,33 a	93,47	13,04	125,21 a	89,00 c	11,20 d	82,41	8,02 c
Promedio	21,20	19,11	90,23	13,01	116,4	124,77	14,47	106,47	8,62
CV%	15,02	5,21	3,30	6,27	6,44	10,21	12,38		6,52

CUADRO 4
Resultados Agroindustriales del Experimento de Variedades en Fase VI. Promedio de Tres Cosechas. CURTS. Cañas Guanacaste

Variedad	Porciento				Rendimiento	TM/ha		PRT	Relación
	Brix	Pol	Pureza	Fibra	kg azúcar/t	Caña	Azúcar		Sacarosa (%)
LAICA 00-301	21,00	18,95	90,24	15,22	107,37 bcd	121,06 a	13,10 a	117,38	9,38 bcd
LAICA 00-307	20,20	17,87	87,51	13,44	103,95 de	115,60 ab	12,14 ab	108,78	9,82 ab
LAICA 00-303	20,73	18,57	89,07	15,03	105,72 cde	112,75 ab	12,08 ab	108,24	9,53 abc
CP 80-1743	19,78	17,35	87,05	13,39	102,01 de	117,91 ab	12,08 ab	108,24	9,91 ab
CP 72-2086 (T)	20,93	19,13	91,72	13,86	112,71 ab	99,24 cd	11,16 bc	100,00	8,94 de
CC 84-75	20,25	17,59	85,99	13,58	100,07 e	108,56 bc	10,88 bc	97,49	10,07 a
C 137-81	20,65	18,41	89,04	14,47	106,41 cd	96,49 cde	10,37 cd	92,92	9,49 bcd
B 80-689	21,48	19,59	90,31	13,79	110,11 bc	91,10 de	10,10 cde	90,50	19,24 cd
CP 88-1834	21,00	19,09	89,66	14,35	110,58 bc	84,88 ef	9,42 de	84,41	9,12 cd
CP 94-1604	22,43	20,09	89,66	14,15	118,45 a	75,88 ef	8,83 e	79,12	8,50 de
Promedio	20,84	18,66	89,02	14,13	107,74	102,15	11,02	98,71	9,40
CV%	5,06	3,24	1,73	3,12	3,73	8,18	7,98		4,18

También se observa que las variedades LAICA 00-307, LAICA 00-303 y CP 80-1743 brindaron excelentes resultados, ya que superaron con significancia estadística al Testigo en la variable toneladas de caña por hectárea y en producción de Azúcar por hectárea superaron al Testigo en un 8,78%, 8,24% y 8,24% respectivamente, sin ser esta diferencia estadísticamente significativa. La variedad testigo (CP 72 2086) ratificó su riqueza azucarera al ser una de las mejores variedades en el rendimiento industrial (Kg. Azúcar/t), y solamente fue superada levemente por CP 94 1604; ambas variedades mostraron un gran potencial azucarero durante la evaluación. Comparativamente CP 72-2086 fue superior en esta variable respecto a: LAICA 00-307, LAICA 00-303 y CP 80- 1743, mientras que con LAICA 00-301 no se perciben diferencias significativas.

CONCLUSIONES

La variedad que mejor se comportó a través del estudio (tres cosechas) fue LAICA 00-301, la cual supero al Testigo de referencia en las variables productivas, (Caña y Azúcar /Ha) con resultados estadísticamente significativos. Es probable que este clon a futuro sea de preferencia entre los productores de la región de Guanacaste.

Asimismo en el análisis de las tres cosechas (cuadro 4), las variedades LAICA 00-303, LAICA 00-307 y CP 80-1743 mostraron un comportamiento excelente superando estadísticamente al testigo (CP 72-2086) en la variable toneladas de caña por hectárea, mientras que en la variable toneladas de azúcar por hectárea también fueron superiores, aunque no estadísticamente ($P > 0,05$).

Se comprobó a través de las evaluaciones (tres cosechas), que las mejores variedades en términos del rendimiento industrial (concentración de sacarosa) fueron: CP 94-1604 y CP 72 2086.

El Testigo mostró un alto rendimiento de azúcar por tonelada y superó estadísticamente a tres de las cuatro variedades que mejor comportamiento ofrecieron en este estudio, es decir a la LAICA 00-303, LAICA 00-307 y CP 80-1743.

De las dos variedades comerciales utilizadas en esta prueba, es decir B 80-689 y CP 72-2086, la que obtuvo el mejor comportamiento productivo en términos de caña y azúcar por hectárea fue CP 72- 2086.

ESTUDIO COMPARATIVO DE 14 VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR EN ATIRRO, TURRIALBA. CAÑA PLANTA

Gilberto Calderón A.
José Roberto Durán A.
Marvin Oviedo A.
Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA)
E-mails: gcalderon@laica.co.cr, jduran@laica.co.cr, moviedo@laica.co.cr

RESUMEN

La región de Turrialba dispone actualmente de cuatro variedades comerciales de uso preferencial caracterizadas por su alta capacidad de concentración de azúcar: B77-95, B76-259, Q96 y PINDAR, lo cual le ha permitido alcanzar altos rendimientos industriales en las últimas tres zafras (03-04, 04-05 y 05-06). No obstante, continuar con la búsqueda de nuevas alternativas con capacidad productiva y de adaptación a los diferentes ambientes de la zona, constituye una prioridad regional, de modo tal que se pueda ampliar y disponer más opciones al sector productivo del grupo de las ya existentes. Por tal motivo, se estableció el presente estudio cuyo objetivo fue evaluar el rendimiento agroindustrial de 14 variedades nacionales y extranjeras, con el objeto de satisfacer los objetivos mencionados anteriormente. La prueba se estableció en Atirro, en una finca del ingenio del mismo nombre, cantón Turrialba, a una altitud de 600 msnm, con una precipitación pluvial anual de 3.159,7 mm y una temperatura de 22,3 ºC. La siembra se realizó en mayo del 2005 en un suelo del orden Inceptisol y la primera cosecha se efectuó a los 11,5 meses de edad. Se utilizó un Diseño Estadístico de Bloques Completos al Azar con 4 repeticiones; la unidad experimental constó de cinco surcos de 8 m de largo, para un área total y útil de 60 m^2. Los resultados obtenidos revelan que cinco variedades superaron al mejor Testigo PINDAR con respecto a producción de caña y azúcar (t/ha), a saber: BJ 82-119, B 76-375, CC 87-251, LAICA 01-213 y LAICA 98-215, encontrándose diferencias estadísticas según Prueba de Tuckey al 5 %, en la variable productividad agrícola (TM caña/ha). El incremento en producción de azúcar (TM/ha) de la mejor variedad (BJ 82-119) con respecto al Testigo fue 17,5 % (3,14 TM/ha). Con relación al Rendimiento Industrial, la variedad CC 87-251 fue la mejor del grupo de las cinco mencionadas, alcanzando un rendimiento de 134,25 kg de azúcar / t, siendo superada por el Testigo B 77-95 (136,55 kg azúcar / t) y por la variedad LAICA 96-02 (135,95 kg azúcar / t), las cuales no ocuparon lugares importantes, desde el punto de vista productivo. Además, dichas diferencias son leves y no significativas estadísticamente. En general, se requiere al menos disponer de cuatro cosechas, para que la información generada en esta investigación sea de mayor confiabilidad, no obstante, los resultados obtenidos marcaron una tendencia importante durante la primera cosecha.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la Región de Turrialba dispone de variedades comerciales con una alta capacidad de concentración de sacarosa, lo que le ha permitido alcanzar altos rendimientos industriales que han variado en las últimas tres zafras (2003-2004, 2004-2005 y 2005-2006) entre 114,41 - 116,53 kg de azúcar por tonelada métrica (Rendimiento Producido, 96º Pol). Según el último Censo Cañero realizado en el año 2003, las principales variedades cultivadas de acuerdo a su mayor porcentaje de área sembrada fueron: B 77-95, B 76-259, Q 96 y PINDAR (Chaves *et al*. 2004), siendo las dos primeras, las alternativas comerciales que prefieren los productores debido a sus adecuadas características agronómicas e industriales.

A pesar de contar con opciones sobresalientes respecto a características agronómicas e industriales, el continuar con la búsqueda de nuevas variedades

representa institucionalmente una necesidad prioritaria, pues como lo indicara Calderón (1999), la región de Turrialba se ha caracterizado tradicionalmente por presentar una gran diversidad de condiciones edafoclimáticas, que hacen obligante la necesidad de trabajar en forma permanente y sistemática en la búsqueda e identificación de nuevas alternativas varietales, con mejor capacidad de adaptación y producción, que puedan sumarse a las que se siembran actualmente.

Por otra parte, como bien se ha mencionado en relación con este tema, la variedad cultivada ha constituido por tradición y predilección, el factor controlable de la producción posiblemente más determinante e importante de la agroindustria azucarera mundial, en virtud a que mediante el empleo de materiales genéticos idóneos, es posible inducir incrementos significativos en los niveles de producción de caña y azúcar por unidad de área (Chaves 1995).

Con base en lo anterior, se tiene claro la importancia de trabajar con esmero, dedicación y sentido de orientación en el área de mejoramiento genético en la zona de Turrialba, pues como ya se indicó, dicha línea de acción conduce al éxito de la agroindustria azucarera.

OBJETIVO

Evaluar el rendimiento agroindustrial de 14 nuevas variedades nacionales y extranjeras, con el objeto de disponer de un mayor número de alternativas con capacidad productiva y de adaptación a las diferentes condiciones de clima y suelo predominantes en la Zona de Turrialba. Dicha valoración se realizará contra las variedades de uso comercial más difundido en la región.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se estableció en una finca propiedad del Ingenio Atirro, ubicada en la localidad del mismo nombre, distrito La Suiza, cantón Turrialba, a una altitud de 600 msnm, con una precipitación total anual de 3.159,7 mm y una temperatura media de 22,3 °C. El tipo de suelo utilizado pertenece al orden Inceptisol. La siembra se realizó el 31 de mayo del año 2005 empleando un Diseño Experimental de Bloques Completos al Azar con cuatro repeticiones. La unidad experimental constó de cinco surcos de 8 m de largo, separados entre sí a 1,5 m, para un área total y útil de 60 m^2.

Figura 1. Producción de Caña (t / ha) del Estudio Comparativo de 14 Variedades en Atirro, Turrialba. Caña Planta. 2006.

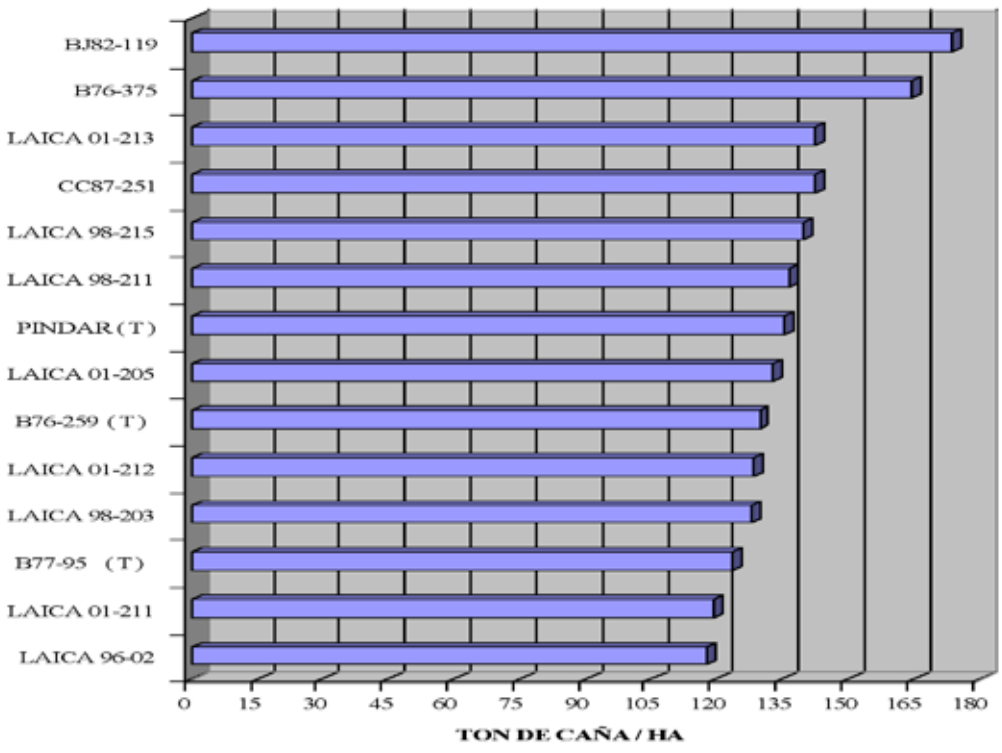
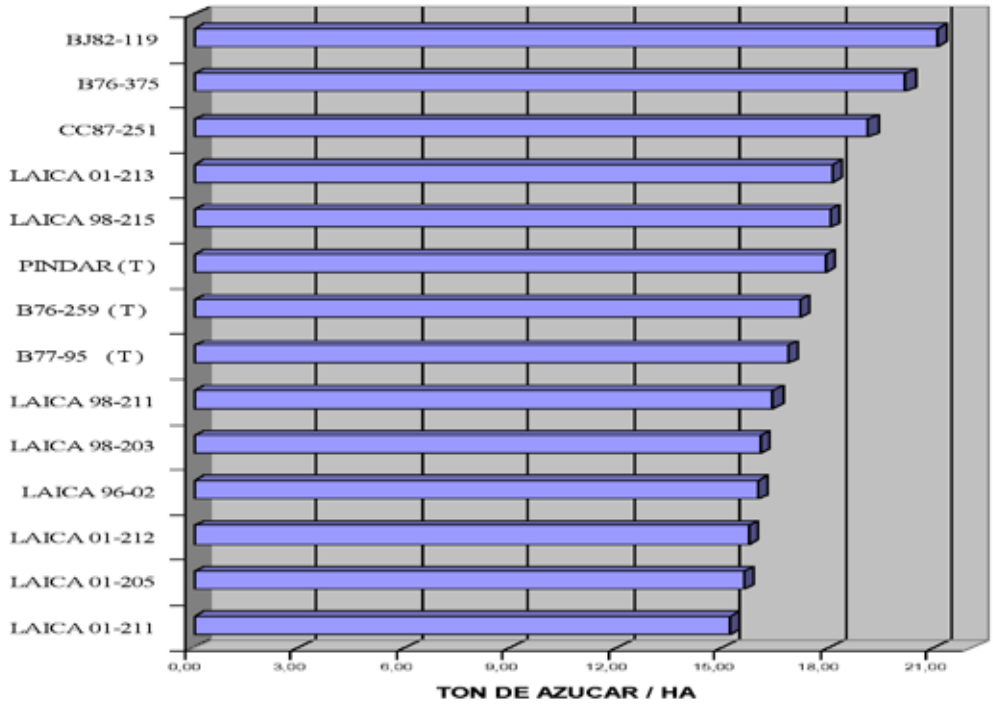


Figura 2. Producción de Azúcar (t/ha) del Estudio Comparativo de 14 Variedades de Caña, en Atirro, Turrialba. Caña Planta. 2006.



Se fertilizó utilizando los niveles 173,70, 117,45 y 133,65 kg/ha de N, P_2O_5 y K_2O, respectivamente. La cosecha se realizó a los 11,5 meses de edad, en el Ciclo Planta. El resultado agroindustrial de las 14 variedades evaluadas se presentan en el Cuadro 1, Figuras 1 y 2.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro1, Figuras 1 y 2. Como se puede notar, cinco variedades a saber: BJ 82-119, B 76-375, CC 87-251, LAICA 01-213 y LAICA 98-215 superaron al mejor Testigo comercial (PINDAR) con respecto a la variable Producción de Azúcar (TM/ha); sin embargo, no existieron diferencias estadísticas significativas entre éstas y la variedad PINDAR, según la Prueba de Tuckey al 5% de probabilidad. De manera similar, dichas variedades expresaron su alta capacidad productiva con respecto al Rendimiento Agrícola (TM/ha de caña), siendo la mejor la BJ 82-119 (Figura 1), cuyo resultado si mostró diferencias estadísticas con respecto al resto de los materiales evaluados, excepto con la B 76-375, la cual sobresalió tanto en producción de caña como en azúcar (TM/ha).

Cabe señalar que en trabajos realizados en donde se evaluó la variedad BJ 82-119 en una fase de selección realizada en la localidad de Tuis (Calderón y Zúñiga 1995) y en una prueba comparativa de rendimiento en la localidad de Florencia, ambas del cantón Turrialba (Calderón *et al*. 1999), el comportamiento agroindustrial de esta variedad fue sobresaliente, razón por la cual se tomó la decisión de establecer actualmente parcelas semi comerciales ubicadas en diferentes fincas, para conocer mejor su comportamiento en siembras en gran escala comercial.

Con relación a la variable Rendimiento Industrial, la variedad CC 87-251 fue la mejor del grupo de las cinco variedades mencionadas (Cuadro1), alcanzando un rendimiento de 134 kg de azúcar por tonelada, resultado estadísticamente diferente y por tanto significativo (según Prueba de Tuckey al 5%) únicamente al obtenido con la variedad LAICA 01-205. Desde el punto de vista agronómico, esta variedad así como la LAICA 01-213 tienen un buen porte, son precoces, erectas, presentan entrenudos largos y su despaje es bueno. Por otra parte, la B 76-375 es una caña de tallo grueso, buena cepa, buen despaje, presenta acáme (volcamiento), pero no es muy fuerte. Continuando con la caracterización agronómica, la variedad LAICA 98-215 se distingue por presentar un buen despaje y un excelente fenotipo hasta una edad próxima a los cuatro meses después de la siembra, período luego del cual experimenta un fuerte acáme. Esta característica se le ha visto a esta variedad en parcelas de tamaño semi comercial ubicadas en diferentes fincas de la zona, por tanto, posee una limitante que probablemente la dejará excluida del grupo de las variedades promisorias. Ninguna de las variedades evaluadas presentó floración,

CUADRO 1
Resultados del análisis agroindustrial de 14 variedades de caña de azúcar evaluadas en la localidad de Atirro, Turrialba. Caña Planta. 2006

VARIEDAD	PORCIENTO				Rendim. kg Azúc/t	PRODUCCIÓN TM / ha		Relación* Sacarosa	PRT** (%)
	Brix	Pol	Pureza	Fibra		CAÑA	AZÚCAR		
BJ 82-119	19,30	17,14	88,79	12,75	121,24 ab	173,46 a	21,05 a	8,28 ab	117,5
B 76-375	19,75	17,31	87,57	12,45	122,63 ab	164,58 ab	20,16 ab	8,20 ab	112,6
CC 87-251	20,55	18,68	90,90	12,58	134,25 a	142,08 bc	19,12 abc	7,46 b	106,8
LAICA 01-213	20,15	17,99	89,20	12,88	127,20 ab	142,08 bc	18,08 abc	7,91 ab	101,0
LAICA 98-215	19,73	17,72	89,84	11,76	129,47 ab	139,38 bc	18,02 abc	7,75 ab	100,6
PINDAR (T)	19,95	18,17	91,02	11,94	132,79 ab	135,09 c	17,91 abc	7,55 ab	100,0
B 76-259 (T)	20,38	18,70	91,78	13,25	132,58 ab	129,58 c	17,16 abc	7,56 ab	95,8
B 77-95 (T)	21,05	19,16	91,00	12,90	136,55 a	123,17 c	16,83 bc	7,34 b	94,0
LAICA 98-211	18,98	16,94	89,25	12,64	120,49 ab	136,25 bc	16,41 bc	8,32 ab	91,6
LAICA 98-203	19,18	17,45	91,01	12,50	125,66 ab	127,50 c	16,04 bc	7,96 ab	89,6
LAICA 96-02	21,15	19,15	90,52	12,95	135,95 a	117,42 c	15,99 bc	7,37 b	89,3
LAICA 01-212	19,45	17,39	89,38	13,05	122,41 ab	128,21 c	15,70 c	8,19 ab	87,7
LAICA 01-205	19,35	16,98	87,72	13,43	117,26 b	132,63 c	15,58 c	8,55 a	87,0
LAICA 01-211	20,10	17,99	89,48	12,81	127,49 ab	119,04 c	15,18 c	7,86 ab	84,8
Promedio:	19,93	17,91	89,81	12,70	127,57	136,46	17,37	7,89	-
CV (%):	3,17	4,13	2,03	4,66	5,21	8,53	9,56	5,38	-

** Relación Sacarosa: TM de caña necesarias moler para fabricar una TM de azúcar en ingenio*
*** PRT: Diferencia (%) respecto al mejor Testigo (T) en TM de azúcar / ha.*
Tratamientos con la misma letra no difieren estadísticamente entre si al 5%, según Tuckey.

muy probablemente debido a la época de siembra del experimento, razón por la cual se le deberá prestar especial atención en el segundo y siguientes cortes a esta característica fenotípica.

En general, los resultados obtenidos en este estudio son interesantes, pues el que haya cinco nuevas variedades que superen a los testigos comerciales de la zona (B 77-95, B 76-259 y PINDAR) en producción de caña y azúcar, es un resultado realmente relevante e importante. Lo anterior, en virtud a que normalmente en las diferentes pruebas de selección y de competición de variedades que se realizan en Turrialba, dichos testigos muestran un comportamiento agroindustrial sobresaliente tanto a nivel experimental como a nivel comercial, lo cual genera dificultad para identificar variedades iguales o superiores a ellas.

CONCLUSIONES

Con base en las condiciones de clima, suelo y manejo donde se estableció la presente investigación, se concluye a partir de los resultados obtenidos lo siguiente.

a. Desde el punto de vista de características agronómicas convenientes y sobresalientes, así como desde la perspectiva del rendimiento productivo (TM/ha de caña y azúcar), las variedades que demostraron poseer un buen potencial como promisorias son: BJ 82-119, B 76-375, CC 87-251 y LAICA 01-213.

b. De acuerdo al rendimiento agrícola, las mejores variedades desde una perspectiva productiva fueron: BJ 82-119 y B 76 -375, no existiendo diferencias

estadísticas significativas entre ambas, según Prueba de Tuckey al 5%.

c. La variedad de origen Colombiano CC 87-251 se destacó como una de las mejores en cuanto a rendimiento industrial, así como en la Relación Sacarosa, siendo ligeramente superada en ambas variables por la B 77-95 y por la LAICA 96-02, aunque tal diferencia no fue estadísticamente significativa según la Prueba de Tuckey al 5%.

d. Si bien el experimento mostró resultados interesantes con respecto a nuevas variedades promisorias, dichos resultados probablemente podrían cambiar al realizar un mayor número de cosechas, razón por la cual la información obtenida es preliminar y así debe ser interpretada.

LITERATURA CONSULTADA

1. Calderón, G.; Zúñiga, R. 1995. Avances del Programa de Mejoramiento Genético de la Caña de Azúcar en la Región de Turrialba. *In:* Simposio sobre Mejoramiento Genético de la Caña de Azúcar en Costa Rica, 1. Puntarenas, Costa Rica, 1995. Memorias. San José, DIECA, Setiembre. p: 178 - 354.

2. Calderón, G.; Durán, J.R.; Oviedo, M. 1999a. Estudio Comparativo de Rendimiento Agroindustrial de 14 Variedades Promisorias de Caña de Azúcar, en Florencia de Turrialba. Promedio de dos Cosechas. *In* Congreso de ATACORI "Randal Mora". 13avo. 1999 set. 16-18: Guanacaste, C.R. Memoria. 1ª ed. San José, C.R. Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica ATACORI. p: 36.

3. Calderón, G.; Durán, J.R.; Oviedo, M. 1999 b. Prueba Comparativa de Rendimiento Agroindustrial de 12 Variedades de Caña de Azúcar en Tuis de Turrialba. Promedio de Cuatro Cosechas. *In* Congreso de ATACORI "Randal Mora". 13avo. 1999 set. 16-18: Guanacaste, C.R. Memoria. 1ª ed. San José, C.R. Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica, ATACORI, 1999. p: 37.

4. Chaves, M. 1995. Variedades de Caña de Azúcar de Uso Comercial en Costa Rica: una Sinopsis Histórica. *In*: Simposio sobre Mejoramiento Genético de la Caña de Azúcar en Costa Rica, 1. Puntarenas, Costa Rica, 1995. Memorias. San José, DIECA, Setiembre. p: 347 – 354.

5. Chaves, M., Rodríguez, M.; Alfaro, R., Villalobos, C.; Angulo, A.; Barrantes, J.C.; Calderón, G.; Rodríguez, J.M. 2004. Censo de Variedades de Caña de Azúcar Sembradas en Costa Rica Año 2003. LAICA-DIECA. San José, Costa Rica, Setiembre. 126 p.

ESTUDIO AGROINDUSTRIAL COMPARATIVO, DEL EFECTO DE LA PRESENCIA DEL HONGO *FUSARIUM MONILIFORME* SHELDON, EN LA VARIEDAD DE CAÑA DE AZÚCAR B80−689

Manuel Rodríguez Rodríguez[a], *Jesús Vargas Acosta*[b]

RESUMEN

El experimento se realizó con el objetivo de conocer el efecto agroindustrial, que produce la presencia del hongo *Fusarium moniliforme* Sheldon en la variedad de caña B80–689, en el cantón de Liberia, provincia de Guanacaste. Se seleccionó un lote comercial de caña planta de 20 hectáreas ubicado en las plantaciones de la Central Azucarera del Tempisque S.A. (CATSA), con la variedad B80–689. El suelo pertenece al orden de los Inceptisoles, sub orden Ustropept, de textura Franco Arcillosa, buen drenaje y con una profundidad de moderada a profunda. El lote se subdividió en cuatro secciones de igual número de surcos, con la finalidad de realizar las evaluaciones agroindustriales en forma individual y consecutiva una sección cada mes de zafra (diciembre, enero, febrero y marzo), en un lapso de 30 días entre evaluaciones. En un espacio de 10 metros lineales, se efectuaron conteos de tallos enfermos y de tallos sanos, esta labor se repitió en ocho puntos distintos distribuidos al azar . También se cosecharon 24 tallos enfermos y 24 tallos sanos los cuales se pesaron, se les midió el largo y el grosor. Con los mismos tallos se formaron tres muestras de ocho tallos sanos y tres muestras de ocho tallos enfermos, a las cuales se les efectuó el análisis industrial respectivo. Las evaluaciones se realizaron durante tres períodos consecutivos (2003-2004,2004-2005 y 2005-2006). Se determinó la Incidencia en porcentaje de tallos con síntomas con respecto al total evaluados. Los datos sugieren la presencia de la enfermedad a un nivel estable, pero con tendencia a aumentar, razón por la cual se considera que el hongo *F. moniliforme* siempre va a estar presente en esta variedad, y que gran parte de los resultados se apegan a una fecha y lugar específico que coincide con los meses finales de la zafra (febrero y marzo). El estudio indicó también que las variables Peso (kg/tallo) y Grosor (cm/tallo), se vieron afectadas con la presencia de *F. moniliforme* con resultados estadísticamente significativos. La variable Altura de Tallo (m/tallo) refleja un mayor crecimiento de los tallos sanos, sin embargo, este margen es muy pequeño como para encontrar diferencias estadísticamente significativas. En lo que respecta a la influencia del *F. moniliforme* sobre las variables industriales, los resultados son categóricos e indican que no tienen efecto negativo sobre las concentraciones de sacarosa en la variedad de caña B80–689.

INTRODUCCIÓN

La enfermedad conocida como Pokkah boeng es una de las más antiguas en el cultivo de la caña de azúcar, en la actualidad posee una amplia distribución en los principales países que producen caña de azúcar en el mundo.

Martin *et al* (1961), reportan que el Pokkah boeng es un término javanes que denota la presencia de un cogollo mal formado ó retorcido, y que originalmente fue descrita por Wakker y Went en Java, en el año 1896, sin que descubriera su agente causal; posteriormente Bolle, en el año 1927, demuestra que la enfermedad es causada por el hongo *Fusarium moniliforme* (*Giberella moniliformis*).

Actualmente se reporta que el organismo causal del Pokkah boeng en su estado conidial o imperfecto es el *Fusarium moniliforme* Sheldon, y el estado sexual o perfecto como *Gibberella moniliformis* (Sheldon) Wineland.

Los síntomas se desarrollan inicialmente en las hojas jóvenes, las cuales en su base se tornan de color amarillento o clorótico, se inicia un arrugamiento, de-

formación y reducción de las hojas afectadas; en esta primera etapa la sintomatología se asemeja mucho a la deficiencia de boro, lo que puede generar confusión. En una segunda etapa del desarrollo de la sintomatología, las deformaciones son más drásticas y evidentes, con la consiguiente aparición de necrosis en el tejido foliar, las cuales se inician en los márgenes y ápices de las hojas, continuando la necrosis a las vainas y al tercio superior del tallo lo que origina la fase aguda de la enfermedad, caracterizada por el acortamiento drástico de las hojas más activas; se observan bandas o rayas así como manchas café rojizas que invaden el tejido verde y la parte superior de la vaina, muerte de la yema apical y brotación intensiva de las yemas ó laleo. En otros casos estos síntomas se encuentran acompañados por una pudrición severa del cogollo y muerte de la planta. Con relación a los daños que se producen a nivel de tallo, se producen lesiones en forma escalonada las cuales acortan drásticamente los entrenudos, éstos se tornan combados con aspecto de bastón, también pueden ocurrir rajaduras en la corteza que asemejan cortes hechos con machetes (Chinea *et al*, 1994; Tokeshi, 1980; Victoria *et al*, 1984; Flores, 1997; Subiros, 1995)**.**

La enfermedad se disemina eficazmente por medio del viento, donde las esporas del hongo que se producen sobre las hojas infectadas son transportadas de un lugar a otro.

Las plantas de 3 a 7 meses de edad, así como los retoños tardíos, son los más vulnerables a la infección, que las cañas viejas. Martín *et al* (1961), opinan que el incremento de la enfermedad se ve favorecida por las condiciones de alta y continua humedad relativa, producida por constantes lluvias**,** también indican que condiciones secas y calurosas seguidas por una alta humedad relativa producto de una constante lluvia favorecen al patógeno. Flores (1997), comenta que la susceptibilidad al *Pokkah boeng*, se puede incrementar por aplicaciones tardías de nitrógeno o por riegos pesados, seguidos por tiempos secos, lo que produce un aumento suave y suculento de la planta que la hace más susceptible.

Tokeshi (1980), señala las bajas temperaturas, los ataques de insectos, las defoliaciones mecánicas, y las deficiencias minerales, como condiciones que predisponen a la planta para la incursión del *Fusarium moniliforme* (*F. moniliforme*) y la consecuente aparición del Pokkah boeng.

Como hospederos alternos para el *F. moniliforme* Chinea *et al* (1994) citan a la *Rotboellia cochinchinensis* (Lour). Tokeshi (1980) señala que al menos 16 familias de plantas son hospederas del hongo, en donde destacan las gramíneas, bromeliaceae, amarylidaceae, liliaceae, musaceae y palmaceae; así como algunos cultivos importantes como el sorgo, café, algodón, cacao y crotalaria.

Como medidas básicas para el control del Pokkah boeng varios autores coinciden en el empleo de variedades resistentes, buenas atenciones culturales, selección del material de siembra, aplicación del tratamiento hidrotérmico y químico a los propágulos antes de la siembra, así como evitar los riegos pesados y las fertilizaciones tardías **(**Chinea *et al*, 1994; Ovalle, 1997; Flores, 1997; Martín *et al*, 1961).

Actualmente el Programa de Mejoramiento Genético de DIECA considera la presencia del Pokkah boeng en los materiales que evalúa.

OBJETIVOS

El objetivo principal del presente estudio consistió en determinar que efecto agroindustrial produce la presencia del hongo *Fusarium moniliforme* en la variedad de caña B80–689.

Como objetivos específicos se citan los siguientes:

- Por medio de evaluaciones agronómicas, determinar los posibles efectos de la presencia del hongo *Fusarium moniliforme* en el desarrollo de la variedad de caña B80–689,

- Determinar los posibles efectos que produce la presencia del hongo *Fusarium moniliforme* sobre el rendimiento industrial de la variedad de caña B80–689.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

El estudio estableció en diciembre del 2003 (período de zafra 2003- 2004), y concluyó en marzo del 2006 (período de zafra 2005-2006), en la Central Azucarera Tempisque S.A. (CATSA), localizada en el cantón de Liberia, Guanacaste.

Geográficamente se ubica a 10°3047' latitud Norte y 85°33"47' longitud Oeste, a una altitud de 24,4msnm, con una temperatura anual media de 26,8°C, siendo la máxima de 32.9 °C y la mínima de 22.3°C. La precipitación anual ha promediado en los últimos 21 años un total de 1742,7mm.

El ensayo se ubicó en un lote con un tipo de suelo perteneciente al orden de los Inceptisoles, sub orden Ustropept, de textura franco arcillosa, con buen drenaje y una profundidad de moderada a profunda.

Unidad Experimental

Se seleccionó un lote comercial con la variedad B80–689 en condición de caña planta, cuya área total es de 20ha, posteriormente se definió la totalidad de los surcos que lo componían, y se subdividió el mismo mediante la señalización en cuatro secciones con igual número de surcos.

Cada sección fue analizada agroindustrialmente en forma individual, consecutivamente una sección cada mes de zafra (diciembre–enero–febrero-marzo), en un lapso de 30 días de separación aproximadamente entre cada una de ellas.

Con respecto a las variables agronómicas evaluadas en cada sección, se efectuaron conteos de tallos en 10 metros lineales, obteniéndose los datos de tallos enfermos (con sintomatología evidente), tallos sanos, y totalidad de tallos, a partir de los cuales se calculó la incidencia en porcentaje de tallos con síntomas en relación al total de tallos. Esta medición se repitió en los 8 puntos escogidos en forma al azar dentro de la sección en estudio.

También se cosecharon 24 tallos enfermos y 24 tallos sanos para conformar 3 muestras de 8 tallos cada una, que agrupaban tallos sanos y 3 muestras de 8 tallos enfermos por separado, a cada muestra se le efectúo mediciones de longitud, peso y grosor.

Cada muestra de caña, conformada por 8 tallos (sanos y enfermos por separado) se envió al laboratorio de análisis industrial, en donde se determinaron las variables de Brix, Pol, Fibra, y Pureza en caña, así como las variables de kilogramos de azúcar por tonelada de caña.

Escogencia de la variedad

Se escogió la variedad B80–689 para el desarrollo del estudio por cuanto es una de las variedades establecidas comercialmente en la zona que más expresa la presencia de la enfermedad, y por consiguiente los presuntos daños por Pokkah boeng.

Fue introducida por DIECA a Costa Rica en el año 1988. Su lugar de origen es la West Indies Central Sugar Cane Breeding Station, ubicadas en las Islas Barbados, y se origina a partir de un cruce múltiple entre B 76-78 X ?

Las áreas de siembra de esta variedad se han venido incrementado en la zona, no sólo a nivel de ingenios (2.698,22ha equivalentes al 70.8%), sino a nivel de productores particulares (1.115,00ha, correspondientes al 29.2 %) tal y como se aprecia en el cuadro 1.

CUADRO 1
Área sembrada con la Variedad B80–689 en la Provincia de Guanacaste. Año 2006

Provincia	Cantón	Condición	Área cultivada con B80–689 (ha)
Guanacaste	Cañas	Productores	865,00 (22.7%)
		Ingenio Taboga	953,22 (25%)
	Liberia	Productores	200,00 (5.2%)
		CATSA	1.400,00 (36.7%)
	Carrillo	Productores	50,00 (1.3%)
	Santa Cruz	Azucarera El Viejo	345,00 (9.5%)
Total			3.813,22 (100 %)

Algunas de las características agronómicas y fenotípicas por las cuales se ha destacado la B80–689 en la zona son su porte erecto, aunque en algunos casos es semi abierta, adaptabilidad a suelos de textura franca, con riego y bien drenados; aunque algunos productores la han establecidos en suelos de textura arcillosa sus respuestas agroindustriales no son las mismas que las reportadas en suelos francos. No tolera los encharcamientos, posee buen grosor de tallo, cuyo promedio oscila entre los 3,3 y 3,5cm, lo que la hace ser una variedad con tonelajes de caña por hectárea que superan los 120–130 toneladas. No florece y sus tallos son compactos, altos (2,7m), y con un peso promedio de 2,15kg.

A la fecha se cataloga como resistente al carbón (*Ustilago scitaminea* Sydow).

Presenta madurez intermedia a tardía y sus rendimientos oscilan entre los 95 y 100 kg.azúcar/t. Responde a la aplicación de madurantes obteniéndose rendimientos industriales promedio de 100 a 110 kg azúcar/t.

Algunas características negativas que se le han observado son la presencia de tricomas en sus tallos, lo cual genera problemas a los cortadores de caña. Posee tallos quebradizos lo que incrementa las pérdidas al momento de la cosecha.

Con respecto a su germiación y posterior crecimiento, éste es lento durante los primeros 3 meses, condición que no es buena por la competitividad con la maleza. Presenta de poco a regular número de tallos por metro (de 9 a 10 tallos/m).

Muestra cierta susceptibilidad a algunas mezclas de herbicidas.

Diseño Estadístico

Los datos recopilados durante la investigación fueron analizados estadísticamente, conjuntando datos para dos grupos de poblaciones que fueron Tallos Enfermos (aquellos con la sintomatología evidente) y Tallos Sanos. Se les aplicó la Prueba de T, de esta forma, se pudo calcular la probabilidad y determinar su nivel de significancia estadística.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Porcentaje de Incidencia

En el cuadro 2 se exponen los resultados del análisis estadístico para los valores de incidencia promedio encontrados durante el tiempo que se llevó a cabo la investigación.

Para el período 2003–2004, se efectuaron un total de tres muestreos, que incluyeron los meses de diciembre, enero, y febrero. El resultado promedio durante este período fue de un 3,9% de incidencia. La evaluación efectuada en el mes de diciembre reportó un 4,14% de incidencia, valor levemente superior a los reportados en los meses de enero y febrero, el cual fue de 3,8 % de incidencia para ambos meses. Los niveles incidencia no muestran ser estadísticamente significativos, son de tendencia relativamente baja y estable, esto cuando se comparan los meses de muestreo y las diferentes secciones evaluadas dentro de la totalidad del área del lote.

A diferencia de los resultados obtenidos para el periodo 2003–2004, los valores alcanzados durante el período de evaluación 2004–2005 son el producto de efectuar cuatro muestreos de incidencia, tal y como se muestran en el cuadro 2. Hay un incremento de alrededor de un 50% más del nivel de incidencia, tal y como se pone de manifiesto al observar el dato promedio que es de un 6,12 % de incidencia.

Inicialmente los valores obtenidos para los meses de diciembre y enero (4,12 y 4,18% respectivamente), tienen similitud a los encontrados durante el período anterior con un ligero incremento en el mes de enero.

En los meses de febrero y marzo la valores incidencia se incrementó, siendo el mes de marzo el que presentó los mayores valores con 10,84 % de incidencia del *F. moniliforme*, esto genera diferencias altamente significativas al compararse con el resultado de los meses anteriores.

Durante el período de evaluación comprendido 2005–2006, el nivel de incidencia porcentual promedio alcanzado fue de 9,85%, este valor es muy superior a los reportados en los dos períodos anteriores, dicho incremento se da en forma lineal ascendente.

Los valores porcentuales de la incidencia reportados mes a mes en este período son altamente variables y no guardan congruencia, con respecto a los obtenidos en anteriores períodos. El mes de diciembre muestra un 12,05% de incidencia de la enfermedad, en el mes de enero el nivel desciende a un 6,4%, posteriormente asciende a un 13,33 % en el mes de febrero, y finalmente decae a un 7,61% de incidencia de la enfermedad. Hay un comportamiento muy puntual acorde al periodo de la evaluación. Hay diferencias significativas al comparar los resultados del mes de enero con respecto al mes de diciembre. Lo mismo sucede cuando el mes de febrero se compara con los resultados del mes de enero. Finalmente los resultados de marzo guardan diferencias significativas al compararse con los resultados del mes de febrero.

CUADRO 2
Resultados Obtenidos de la Estimación de la Incidencia (%) del *F. moniliforme* sobre la Variedad B80-689 en 4 Épocas de Muestreo, y Evaluada Durante Tres Periodos Consecutivos en un Lote Comercial Perteneciente a CATSA, Liberia, Guanacaste

Período 2003—2004				
Época de Muestreo	Incidencia[1] Promedio (%)	Valor de la probabilidad[2] de t para laIncidencia Promedio (%) por época de muestreo.		
		Enero	Febrero	
Diciembre	4,14	0,7693	0,7693	
Enero	3,80		1,0000	
Febrero	3,80			
Promedio	3,91			
Período 2004–2005				
		Enero	Febrero	Marzo
Diciembre	4,12	0,9553	0,3036	0,0001
Enero	4,18		0,3293	0,0001
Febrero	5,33			0,0002
Marzo	10,84			
Promedio	6,12			
Período 2005–2006				
		Enero	Febrero	Marzo
Diciembre	12,05	0,0218	0,5732	0,0623
Enero	6,40		0,0068	0,5933
Febrero	13,33			0,0205
Marzo	7,61			
Promedio	9,85			

1. $\text{Incidencia}(\%) = 100 \times \frac{\text{Tallos Enfermos}}{\text{Tallos Totales}}$

2. *Todos los valores de probabilidad de t menores a 0,05 se consideran estadísticamente significativos.*

Variables Agronómicas

Los resultados del cuadro 3 presentan los resultados de las valoraciones efectuadas a las variables Peso (kg/tallo), Altura (m/tallo) y Grosor (cm/tallo); para determinar el efecto de la presencia del *F. moniliforme* en el desarrollo de la planta.

CUADRO 3
Resultados Obtenidos en Peso de los Tallos (kg/tallo) Durante la Estimación del Efecto de la Presencia del *F. moniliforme* sobre la Variedad de caña B80–689, Evaluada Durante 3 Periodos Consecutivos en un Lote Comercial Perteneciente a CATSA, Liberia, Guanacaste

Período de la Evaluación	Peso Promedio (kg/tallo)		Diferencia[1] (%)	Valor de t	Probabilidad[2] de t
	Enfermos	Sanos			
2003–2004	1,90	2,77	31,40	-14,17	0,00
2004–2005	1,88	1,97	4,60	-1,56	0,12
2005–2006	1,37	1,71	19,90	-5,40	0,00
Promedios	1,72	2,15	20,00	-7,05	0,04

1. *Diferencia (%) con respecto al peso promedio de los tallos sanos.*
2. *Todos los valores de probabilidad de t menores a 0,05 se consideran estadísticamente significativos.*

En cada período de evaluación el peso promedio de los tallos enfermos fue inferior al peso promedio obtenido para los tallos sanos, lo cual sugiere que los tallos enfermos expresan una reducción del peso de un 20% (0,43kg/tallo) con respecto al peso de los tallos sanos, como consecuencia de la presencia del *F. moniliforme*.

Durante el período 2003–2004 los tallos enfermos fueron 31,4 % (0,87kg/tallo) menos pesados que los tallos sanos, estos valores reflejan una condición estadísticamente significativa. Importante mencionar que en este período la condición de la plantación era de caña planta.

Los datos del período 2004–2005 reflejan una condición similar a la mencionada anteriormente, reducción del peso de los tallos enfermos en comparación con los tallos sanos. Sin embargo, hay una disminución de la diferencia en peso de solo un 4,6% (0,09kg/tallo), esta condición hace suponer que los valores no reflejen diferencias estadísticas debido a esta reducción de margen de diferencia.

La respuesta encontrada durante el período 2005–2006 refleja una similitud a la obtenida durante el primer período, en donde se detecta una importante reducción de peso por parte de los tallos enfermos en un 19,9% (0,34kg/tallos), con respecto al valor estimado para los tallos sanos, condición que nos da un valor de probabilidad de t significativa.

La altura de los tallos (m) se constituye en otra característica en donde la presencia del *F. moniliforme* conduce a una reducción del tamaño de los tallos, tal y como se demuestra en el cuadro 4 donde se resumen los datos obtenidos durante la evalución.

CUADRO 4
Resultados Obtenidos en Altura de los Tallos (m) Durante la Estimación del Efecto de la Presencia del *F. moniliforme* sobre la Variedad de caña B80–689, Evaluada durante 3 Periodos Consecutivos en un Lote Comercial Perteneciente a CATSA, Liberia, Guanacaste

Período de Evaluación	Altura Promedio Tallos (m)		Diferencia[1] (%)	Valor de t	Probabilidad[2] de t
	Enfermos	Sanos			
2003–2004	2,55	3,01	25,2	-9,54	0,00
2004–2005	2,67	2,70	1,1	-0,68	0,50
2005–2006	2,11	2,34	9,8	-4,91	0,00
Promedios	2,44	2,68	8,9	-5,04	0,17

1. *Diferencia (%) con respecto a la altura promedio de los tallos sanos.*
2. *Todos los valores de probabilidad de t menores a 0,05 se consideran estadísticamente significativos.*

La observación del valor promedio indica una reducción del tamaño por parte de los tallos enfermos en un 8,9% (0,24m) con respecto a los tallos sanos, sin embargo dicho valor no resulta estadísticamente significativo.

Durante el período 2003–2004 se produce la mayor reducción del tamaño de los tallos enfermos con un 25,2% (0,46 m), al compararseles con los tallos sanos se obtiene un valor de probabilidad de t significativo. En el período 2004–2005, se da una reducción de altura por parte de los tallos enfermos en un 1,1% (0,03m) al compararlos con la altura de los tallos sanos, no obstante esta reducción es mínima lo que implicó que esta diferencia no fuera estadísticamente significativa. En el período 2005–2006 se observa la misma reducción del tamaño por parte de los tallos enfermos, pero en este caso con un 9,8% (0,23m)con respecto a los tallos sanos, condición que aportó valores estadísticamente significativos al determinarse la probabilidad de t.

El grosor promedio de los tallos (cm) es otra característica que se ve afectada por la presencia del *F. moniliforme*. Se pudo estimar que existe una reducción significativa del espesor de los tallos tal y como lo muestran los datos en el cuadro 5.

CUADRO 5
Resultados Obtenidos en Grosor de los Tallos (cm) Durante la Estimación del Efecto de la Presencia del *F. moniliforme* sobre la Variedad de caña B80–689, Evaluada Durante 3 Periodos Consecutivos en un Lote Comercial Perteneciente a CATSA, Liberia, Guanacaste

Período de Evaluación	Grosor Promedio (cm)		Diferencia[1](%)	Valor de t	Probabilidad[2] de t
	Enfermos	Sanos			
2003–2004	2,98	3,34	10,8	-10,48	0,00
2004–2005	2,84	3,07	7,5	-9,08	0,00
2005–2006	2,77	2,93	5,5	-3,76	0,00
Promedios	2,86	3,11	8,0	-7,77	0,00

1. *Diferencia (%) con respecto a la altura promedio de los tallos sanos.*
2. *Todos los valores de probabilidad de t menores a 0,05 se consideran estadísticamente significativos.*

La reducción en grosor de los tallos enfermos es una condición evidente que se expresa por causa de la presencia del *F. moniliforme* en todos los períodos de evaluación de la investigación, cuyos resultados presentan diferencias altamente significativas.

Los datos del período 2003–2004 presentan una reducción del grosor de los tallos enfermos en el orden de un 10,8% (0,36 cm) con respecto a los tallos sanos.

En el período 2004–2005 la reducción del grosor de los tallos enfermos prevalece aunque en menor escala, siendo en este caso de un 7,5% (0,23 cm) con respecto a los tallos sanos. Para el período siguiente, 2005–2006, se produce una reducción del grosor promedio de los tallos enfermos de un 5,5% (0,16 cm) con respecto al los tallos sanos.

El promedio general de reducción del grosor de los tallos enfermos fue de 8,0% (0,25 cm) con respecto a los tallos sanos. Se observa una clara reducción del grosor del tallo enfermo al compararse con los valores encontrados para los tallos sanos, sin embargo, este margen de diferencia del grosor se aparentemente reduce con el pasar del tiempo.

Variables Industriales

Los datos del cuadro 6 corresponden a los promedios de los resultados industriales de laboratorio entre los tallos sanos y los enfermos, independientemente de la época en que la muestra fue tomada.

CUADRO 6
Resultados Obtenidos de los Análisis Industriales de las Muestras de Tallos Sanos y Enfermos Durante la Estimación del Efecto de la Presencia del *F. moniliforme* Sobre la Variedad de Caña B80–689, Evaluada Durante 3 Periodos Consecutivos en un Lote Comercial Perteneciente a CATSA, Liberia, Guanacaste

Período 2003–2004					
Condición	Brix	Pol	Fibra	Pureza	kg azúcar/t
Enfermos	18,03	13,00	14,12	90,34	87,68
Sanos	18,68	13,02	13,33	85,97	86,50
Valor de t	-1,61	-0,05	1,16	1,98	0,39
Probabilidad[1] de t	0,12	0,96	0,26	0,06	0,70
Período 2004–2005					
Condición	Brix	Pol	Fibra	Pureza	kg azúcar/t
Enfermos	20,89	15,12	16,35	93,79	101,55
Sanos	21,21	15,64	15,07	93,63	106,24
Valor de t	-1,08	-1,79	2,22	0,36	-1,90
Probabilidad[1] de t	0,29	0,09	0,04	0,72	0,07
Período 2005–2006					
Condición	Brix	Pol	Fibra	Pureza	kg azúcar/t
Enfermos	20,79	16,64	14,28	92,95	96,83
Sanos	20,80	15,43	14,25	92,64	104,46
Valor de t	-0,02	2,26	0,12	0,39	-0,98
Probabilidad[1] de t	0,99	0,04	0,91	0,70	0,34

1. *Todos los valores de probabilidad de t menores a 0,05 se consideran estadísticamente significativos.*

Para el período 2003–2004 los resultados obtenidos muestran poco margen de variabilidad entre los tallos enfermos y los sanos para cada una de las variables analizadas, y los valores de la probabilidad de t estimados no muestran diferencias estadísticamente significativas.

Con respecto al período 2004–2005, persiste la misma tendencia, en el sentido de prevalecen pocas diferencias en los resultados de las variables industriales, con la excepción de que la variable Fibra % en caña muestra diferencias significativas para la prueba de t.

Los resultados del período 2005–2006 no muestran ninguna tendencia diferente a los de los dos periodos anteriores entre los resultados de las variables industriales de los tallos enfermos contra los tallos sanos. Solamente en la variable pol % en caña los tallos enfermos presentaron un incremento de 1,21 % con respecto al

valor obtenido por los tallos sanos, diferencia que posee significancia estadística.

Desde el punto de vista estadístico la concentración de azúcar en la variedad B80–689 no se ve afectada por la presencia del *F. moniliforme*, aunque en los tres periodos se puede ver que las diferencias en kg azúcar/t pueden llegar a ser notables, como es el caso de la concentración de azúcar alcanzada en el periodo 2005–2006.

CONCLUSION

En términos generales y con base en los resultados encontrados durante el desarrollo de la investigación puede concluirse que el % de incidencia de *F. moniliforme* en la variedad B80–689se mantiene en un nivel estable, pero con tendencia al aumento, razón por la cual la presencia de F. *moniliforme* va a representar una característica más en esta variedad.

En los dos primeros períodos de evaluación (2003–2004 y 2004–2005) las determinaciones de los % de incidencia en la variedad B80–689 muestran gran similitud, con la excepción del mes de marzo del período 2004–2005 donde el valor aumentó. Se esperaba un comportamiento similar para el período 2005–2006 , sin embargo, los resultados expresan tendencias fluctuantes, lo que sugiere que los niveles de incidencia se podrían apegar a condiciones específicas del instante, que en determinado momento benefician o perjudican a la enfermedad.

Características agronómicas como el peso, la altura y el grosor de los tallos, tienden a mostrar con más claridad los efectos de la enfermedad sobre la variedad.

El efecto aparentemente negativo del *F. moniliforme* sobre el peso y grosor y altura de los tallos sugiere que se podrían, en determinadas circunstancias, presentar reducciones importantes en el rendimiento agronómico de la B80–689.

La presencia del *F. moniliforme* en la variedad de caña B80–689 aparentemente no tiene efecto negativo sobre las concentraciones de azúcar, lo anterior se sustenta en el criterio estadístico que fue incapaz de encontrar diferencias en los resultados de Brix, Pol, Fibra, y kg azúcar/t.

NOTAS

a Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA). Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). Santa Gertrudis Sur, Grecia. Costa Rica. Tels.: 494-1129 / 494-2955 / 494-7555. Fax: (506) 494-4451. E–mail: mrodriguez@laica.co.cr

b Central Azucarera Tempisque S.A. Liberia, Guanacaste. Costa Rica. Tels.: 667-80-66 . Fax.: 667-83-85 E–mail : jevargas@catsa.net

LITERATURA CITADA

1. FLORES, S. 1997. Las Enfermedades de la Caña de Azúcar en México. México, D.F. 1a. Ed. 95p.

2. MARTÍN, J.; ABBOTT, E.; HUGHES, C. 1961. Sugar Cane Diseases of the World. p: 247–259. Committee (ed).

3. MARTIN, CH,; LEMA, R. 1994. Enfermedades de la Caña de Azúcar. Cuba, INICA. 34–36p.

4. SAENZ, O. 1997. Manual para la Identificación de Enfermedades de la Caña de Azúcar. Guatemala, CENICAÑA. 20-23p.

5. SUBIRÓS, J.F. 1995. El Cultivo de la Caña de Azúcar. EUNED (eds). San José, Costa Rica. p: 247 – 268.

6. TOKESHI, H. 1980. Doenças da Cana–de–Açucar. Piracicaba, PLANALSUCAR. 70p.

7. VICTORIA, K.; OCHOA, B.; CASSALETT, D. 1984. Enfermedades de la Caña de Azúcar en Colombia. Colombia, CENICAÑA. 27p.

ESTUDIO DE LA DISTRIBUCIÓN DE LAS ENFERMEDADES VIROSAS DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN COSTA RICA[A]

Erick Chavarría Soto[b], Lisela Moreira Carmona[c], Benham E. Lockhart[d], Carmen Rivera Herrero[e], William Villalobos Müller[f].

RESUMEN

El estudio de las enfermedades de origen viral requiere de técnicas inmunológicas de alta precisión y confiabilidad. Haciendo uso de estas herramientas y con el apoyo del Ministerio de Ciencia y Tecnología y del Centro de Investigaciones en Biología Celular y Molecular de la Universidad de Costa Rica, se procedió a desarrollar los anticuerpos para la detección del ScYLV con el fin de aplicar la técnica de ELISA para determinar la distribución del ScYLV en las plantaciones comerciales de caña de azúcar de Costa Rica. El estudio abarcó también a los Virus del Mosaico (ScMV), al Badnavirus de la caña de azúcar (ScBV), y al Virus del Enanismo del Maíz (MDCV). Se logró determinar que el ScYLV, pese a ser un virus de reciente descubrimiento, se encuentra en un 61% de los lotes muestreados a nivel nacional, mientras que el ScMV, que está reportado para Costa Rica desde 1958, se encuentra en un 15,2% de los lotes muestreados y particularmente concentrado en la región del Valle Central. Los virus ScBV y el MDCV no mostraron estar presentes en ninguna de los lotes analizados, por lo que se presume que no se encuentran en el país asociados a caña de azúcar.

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades de las plantas ocasionadas por virus pueden llegar a ocasionar pérdidas importantes a nivel comercial. La caña de azúcar es un cultivo en el cual el componente genético es la herramienta más importante en el combate de enfermedades, plagas, y en la adaptación a las diversas condiciones de cultivo en el país. Específicamente, la resistencia a las enfermedades es una de las cualidades básicas que debe poseer una variedad para su uso comercial, debido a que en caña no se acostumbra a utilizar labores como el combate químico para reducir el efecto de las enfermedades sobre la producción.

Las enfermedades de origen viral son un problema, debido a que por sus características no hay otra opción más que el uso de materiales resistentes o tolerantes y la utilización de semilla sana, para minimizar los efectos negativos.

En Costa Rica por mucho tiempo se ha reconocido la presencia del Virus del Mosaico de la Caña de Azúcar (ScMV), cuyos síntomas son muy característicos por la conspicua clorosis variegada que muestran las hojas de las plantas afectadas. Así mismo ha sido evidente la concentración del problema en la región del Valle Central, donde históricamente el ScMV se ha mostrado con más intensidad.

En Costa Rica lo que se ha conocido como el Síndrome de la Hoja Amarilla (YLS) de la caña de azúcar produce una serie de síntomas que se han caracterizado por el amarillamiento de la nervadura central de la hoja, clorosis y quema de las puntas de la lámina foliar, acortamiento de los entrenudos y el enanismo de las cepas en casos severos. Inicialmente, el amarillamiento se nota en la vena central y posteriormente en la lámina foliar, en casos de alta sensibilidad se puede observar el enrojecimiento de la vena central, las hojas, y necrosis del tejido iniciando en los bordes y extendiéndose desde el ápice hacia la base de las hojas. Tanto los tallos como en el sistema radical de las cepas enfermas presentan menos desarrollo en comparación con los de las plantas sanas. Otros efectos que se han asociado al YLS son la acumulación de pigmentos de antocianina en la hoja lo que genera la coloración rojiza, y el bloqueo de la

translocación de solutos de la hoja al tallo, por lo que se da el acúmulo de azúcares en la nervadura central de la hoja. La enfermedad ha sido relacionada independientemente con dos diferentes patógenos: el virus de la hoja amarilla de la caña de azúcar (ScYLV) y el fitoplasma del amarillamiento de la caña de azúcar (SCYLP) (Chavarría *et al*, 2003).

En Costa Rica, desde 1994 se han observado plantas con síntomas similares a los informados para el YLS en las zonas de San Carlos y Turrialba, donde los síntomas más fuertes se han observado en plantaciones comerciales ubicadas en las zonas medias y altas (800-1600 msnm) en la región occidental del Valle Central y en la provincia de Cartago (Chavarría *et al*, 2003).

Colombia ha reportado pérdidas de hasta 1,2 TM de caña por cada 1% de infección (Victoria et al, 1999) En Costa Rica se le han atribuido pérdidas de hasta un 50% en el tonelaje en el periodo que comprende desde 1995 hasta el 2000, en los cantones de Jiménez y Alvarado, provincia de Cartago.

Ávila y colaboradores (2001) determinaron la presencia del Virus de la Hoja Amarilla de la Caña de Azúcar mediante pruebas de detección en diferentes muestras obtenidas de plantaciones comerciales con síntomas de la enfermedad.

El presente trabajo es un informe de los resultados preliminares obtenidos en el proyecto de Establecimiento y Estandarización de la Metodología de Diagnóstico de Enfermedades Virosas en el Cultivo de la Caña de Azúcar, investigación que se está llevando a cabo en forma conjunta entre la Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA) y el Centro de Investigaciones en Biología Celular y Molecular (CIBCM) de la Universidad de Costa Rica (UCR), el cual cuenta con el patrocinio del Consejo para la Investigación Científica y Tecnológica (CONICIT) y de la Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA).

OBJETIVO

Desarrollar anticuerpos y la metodología para la detección del virus de la hoja amarilla de la caña de azúcar (ScYLV) mediante el método de ELISA y transferir la tecnología para la detección de este virus y el virus del mosaico de la caña del azúcar (ScMV) a la Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA) para el estudio de la distribución de las enfermedades virosas en plantaciones comerciales, semilleros y en material de reproducción *in vitro*.

METODOLOGÍA

Muestreo de Campo:

El muestreo se realizó en las diferentes zonas productoras de caña de Costa Rica de acuerdo a lo que muestra el Cuadro 1. A cada zona se le asignó una cantidad de lotes evaluar en concordancia con el área sembrada de caña, de manera que cada lote muestreado representa un área de aproximadamente 25 ha, lo que brinda una confiabilidad del 99,4% y una precisión del 3% al muestreo.

CUADRO 1
Distribución de Muestras para la Determinación de la Presencia de Enfermedades Virosas en Costa Rica.

REGIÓN		ÁREA[2] (ha)	Número de Lotes[3]
Guanacaste	Carrillo, Liberia, Santa Cruz, Nicoya	14.157	576
	Cañas, Bagaces, Abangares	8.033	334
Total Guanacaste		22.190	910
Pacífico Central		6.284	303
Valle Central		6.751	248
Norte		6.302	219
Atlántica		3.683	151
Sur		4.167	169
TOTAL[1]		49.377	2.000

1 Área total estimada con base en documento publicado por DIECA en 1998.
2 El área de cada zona está calculada en base a las entregas de caña.
3 Cada lote a muestrear representa aproximadamente un área de 25 ha.

Una vez seleccionados los lotes o fincas, se procedió extraer de manera sistemática un total de 5 muestras de 5 hojas cada una, recorriendo el lote en forma de zeta en un área representativa no mayor a 1 ha. La hoja seleccionada para la muestra en todos los casos fue la hoja +3.

Los lotes se seleccionaron al azar con la excepción de aquellos casos en que existía un especial interés de carácter técnico en evaluar áreas específicas, tales como semilleros de cultivo de tejidos, lotes para semilla, variedades nuevas de importancia, o áreas con sospechas

y manifestaciones poco evidentes del síntoma de la enfermedad.

Análisis Serológicos:

En el Laboratorio del Programa de Caracterización y Diagnóstico de Virus y Viroides en Cultivos de Interés Económico y Alimentario del Centro de Investigaciones en Biología Celular y Molecular de la Universidad de Costa Rica (PCDV-CIBCM), las 5 muestras que correspondían cada lote fueron procesadas para el respectivo análisis. Cada muestra fue macerada empleando un rodillo mecánico y Tris-HCl 0.1M pH6.0 con 1% de $NaSO_3$ como amortiguador de extracción, y posteriormente se evaluó para la presencia del Virus de la Hoja Amarilla de la Caña de Azúcar (ScYLV) mediante la prueba de DAS-ELISA (double antibody sandwich enzyme linked immunosorbent assay).

Los anticuerpos para el ScYLV fueron desarrollados por el PCDV-CIBCM, el cual fue purificado a partir de plantas sintomáticas de caña. Una vez purificadas las partículas virales, se procedió a la etapa de inmunización, para la cual se utilizaron conejos "New Zealand" a los que se les inyectó el virus para la obtención de los anticuerpos.

Del total de las muestras, se seleccionaron al azar un total de 198 para realizar las valoraciones del Virus del Mosaico de la Caña de Azúcar (ScMV), Badnavirus de la Caña de Azúcar (ScBV), y el Virus del Mosaico del Enanismo del Maíz (MDCV), para los cuales se utilizaron anticuerpos comerciales específicos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Virus de la Hoja Amarilla de la Caña de Azúcar (ScYLV):

Con base en los resultados de las pruebas publicadas por Arrieta y colaboradores en el 2000, a partir de extractos para purificación obtenidos de la variedad H 65-7052, así como las llevadas a cabo por microscopía electrónica, se revela la presencia del ScYLV en Costa Rica asociado al amarillamiento observado en el campo. La figura 1 evidencia la forma de las partículas virales en la muestra, lo que fue corroborado por análisis de isoenzimas que determinaron la presencia de la proteína viral.

Partículas del Virus de la Hoja Amarilla de la Caña de Azúcar (ScYLV) observadas a 125.000 aumentos mediante ISEM a partir de purificaciones parciales de caña de azúcar con síntomas de amarillamiento de la vena y la lámina foliar. (Arrieta *et al*, 2000)

El cuadro 2 muestra una fuerte presencia del ScYLV en todas las regiones cañeras del país, destacándose la región del Valle Central como la de mayor incidencia de

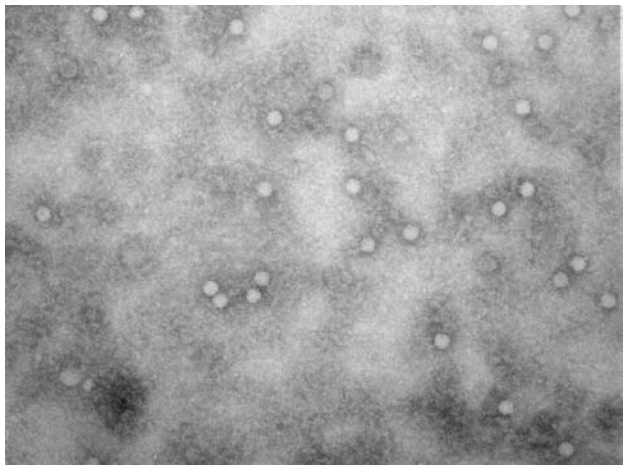


Figura 1

la enfermedad. Tal y como fue reportado en avances del proyecto publicados anteriormente (Chavarría *et al*, 2003), la gran mayoría de las muestras positivas se obtuvieron de plantas asintomáticas. Esto se debió a que la gran mayoría de las muestras se tomaron en estados tempranos de desarrollo de la planta, que es cuando se da la mayor tasa de crecimiento del cultivo. En algunos casos de muestreos en edades avanzadas, se pudieron notar síntomas muy visibles en variedades como la H60-8521, H65-7052, SP71-5574, RB73-9735, CP72-1210 y CP72-2086 principalmente. El cuadro 2A en los anexos muestra el listado de variedades evaluadas con los respectivos niveles obtenidos para el ScYLV.

La zona Sur, la cual depende únicamente de la variedad SP 71-5574 mostró niveles aceptables de incidencia, en comparación con las otras regiones. Esta situación brinda cierta tranquilidad debido a que la SP 71-5574 ha manifestado síntomas muy fuertes en la región del Valle Central, por lo que la posible susceptibilidad de esta variedad al ScYLV constituía un temor latente tomando en cuenta su alto desempeño en la región de Pérez Zeledón y la dificultad que ha existido de encontrar otros clones que le superen en productividad. Los síntomas de ScYLV en la región Sur fueron observados en su mayoría en plantaciones marginales con limitantes fuertes en cuanto a su producción y con deficiencias visibles en su manejo.

El cuadro 3 destaca el alto nivel de incidencia en la provincia de Alajuela, influenciado por el hecho de que esta provincia abarca una porción importante de la región del Valle Central en donde los niveles encontrados fueron bastante altos. El cuadro 1A de los anexos detalla los valores de incidencia obtenidos para cada localidad en la que se efectuó el muestreo.

Costa Rica tiene la particularidad, en comparación con otros países, de que se produce caña de azúcar en

CUADRO 2
Resultados parciales por regiones de la evaluación del Virus de la Hoja Amarilla de la Caña de Azúcar (ScYLV) en plantaciones comerciales de Costa Rica.

Regiones	Lotes muestreados	Lotes analizados	Muestras positivas	Muestras negativas	Incidencia por lotes (%)[1]	Incidencia (%)[2]	
Guanacaste A: Filadelfia, Liberia, Santa Cruz y Nicoya	576	576	1.282	1.598	58,2	44,5	bd
Guanacaste B: Cañas, Bagaces y Abangares	334	334	837	833	65,0	50,1	a
Guanacaste	910	910	2.119	2.431	61,6	47,3	
Puntarenas	303	303	421	1.094	45,9	27,8	**e**
Valle Central	252	252	776	484	81,0	61,6	**f**
San Carlos	215	215	416	659	60,5	38,7	**bcd**
Turrialba	151	151	331	424	68,2	43,8	**abc**
Sur	169	169	233	612	54,4	27,6	**e**
TOTAL:	**2.000**	**2.000**	**4.296**	**5.704**			
PROMEDIO NACIONAL:					61,0	43,0	

1 Relación porcentual entre los lotes positivos y el total muestreado en cada región.
2 Relación porcentual promedio entre el total de muestras positivas entre el total analizadas. Los valores con las mismas letras no difieren estadísticamente según prueba de t al 5%.

CUADRO 3.
Resultados por provincias de la evaluación del Virus de la Hoja Amarilla de la Caña de Azúcar (ScYLV) en plantaciones comerciales de Costa Rica.

Provincia	Lotes muestreados	Lotes analizados	Muestras positivas	Muestras negativas	Incidencia por lotes[1] (%)	Incidencia (%)[2]	
Alajuela	470	470	1.196	1.154	71,7	50,9	a
Cartago	151	151	331	424	68,2	43,8	ab
Guanacaste	910	910	2.119	2.431	60,7	46,6	c
Puntarenas	363	363	515	1.300	46,8	28,4	ab
San José	106	106	135	395	54,7	25,5	b
TOTAL:	**2.000**	**2.000**	**4.296**	**5.704**			
PROMEDIO:					61,0	43,0	

1 Relación porcentual entre los lotes positivos y el total muestreado en cada región.
2 Relación porcentual promedio entre el total de muestras positivas entre el total analizadas. Los valores con las mismas letras no difieren estadísticamente según prueba de t al 5%.

múltiples condiciones agroclimáticas, de ahí que se pueden encontrar plantaciones en diferentes estratos, destacándose la característica prácticamente única a nivel mundial de la presencia de plantaciones a más de los 1.000 msnm. Debido a que la manifestación de los síntomas en enfermedades virosas pueden variar de a cuerdo a las condiciones agroecológicas de las regiones, se evaluaron los resultados de acuerdo al piso altitudinal en que se encontraban las plantaciones. De esta manera se obtuvieron niveles más elevados de ScYLV en las plantaciones de altura, y pese a que no se encontraron diferencias significativas desde el punto de vista estadístico, se puede notar en el cuadro 4 que en términos absolutos, las zonas que se encuentran a más de los 900

CUADRO 4
Resultados por piso altitudinal de la evaluación del Virus de la Hoja Amarilla de la Caña de Azúcar (ScYLV) en plantaciones comerciales de Costa Rica.

Piso Altitudinal	Lotes muestreados	Lotes analizados	Muestras positivas	Muestras negativas	Incidencia por lotes (%)	Incidencia (%)	
Zona Alta (a más de 901 msnm)	211	211	616	439	76,8	58,4	b
Zona Media (201 a 900 msnm)	396	396	780	1.200	65,4	39,4	a
Zona Baja (0 a 200 msnm)	1.393	1.393	2.900	4.065	57,4	41,6	a
TOTAL:	2.000	2.000	4.296	5.704			
PROMEDIO NACIONAL:					61,0	43,0	

msnm presenta en promedio un incremento de casi un 10% en incidencia.

El Cuadro 5 muestra los resultados obtenidos en cuanto a lo que a plantaciones de caña soca y de caña planta se refiere, vale aclarar que la caña planta incluye los datos tanto de semilleros como de plantaciones comerciales renovadas. No se encontraron diferencias y se puede notar que los niveles obtenidos no difieren en magnitud a la media nacional. Sin embargo es preocupante que en plantaciones nuevas se encuentren valores tan altos, lo que refleja la posible transmisión de la enfermedad a través de la semilla.

El cuadro 6 muestra que existe una diferencia a considerable entre los resultados de las determinaciones en plantaciones de ingenios y de productores independientes. Tomando en cuenta que los ingenios ejercen influencia sobre los productores de su región, se esperaba que los niveles fueran más cercanos entre si a los obtenidos, sin embargo se nota una diferencia bastante significativa la cual puede deberse a los ciclos de renovación que los ingenios programan de una temporada a otra, los cuales se dan con mayor frecuencia que en las plantaciones de los productores independientes.

Virus del Mosaico de la Caña de Azúcar (ScMV):

El ScMV se valoró con menor intensidad que el ScYLV por dos razones importantes. La primera es que se tenía bastante certeza de la presencia del ScMV desde mucho tiempo atrás debido a la manifestación de síntomas muy claros en el cultivo, y la segunda corresponde a la facilidad de encontrar anticuerpos comerciales específicos para este virus, lo cual disminuye la presión de probar y estandarizar una metodología de diagnóstico.

El ScYLV al contrario del ScMV, es una enfermedad de reciente descubrimiento en cuanto al asocio con el síntoma en el campo, no solo en Costa Rica sino que también a nivel mundial. De hecho se le ha denominado

CUADRO 5
Resultados parciales por tipo de plantación de la evaluación del Virus de la Hoja Amarilla de la Caña de Azúcar (ScYLV) en plantaciones comerciales de Costa Rica.

Plantación	Lotes muestreados	Lotes analizados	Muestras positivas	Muestras negativas	Incidencia por lotes (%)[1]	Incidencia (%)[2]
Planta	220	220	504	596	64,5	45,8
Soca	1.092	1.092	2.362	3.098	60,1	43,3
Sin determinar	688	688	1.430	2.010	61,3	41,6
TOTAL:	2.000	2.000	**4.296**	**5.704**		
PROMEDIO NACIONAL:					**61,0**	**43,0**

1 Relación porcentual entre los lotes positivos y el total muestreado en cada región.

2 Relación porcentual promedio entre el total de muestras positivas entre el total analizadas.

3 Los resultados no difieren estadísticamente con un valor de F de 0,64 y una probabilidad de 42,2%. Las plantaciones sin determinar no fueron incluidas en el análisis.

CUADRO 6
Resultados parciales por grupo productivo de la evaluación del Virus de la Hoja Amarilla de la Caña de Azúcar (ScYLV) en plantaciones comerciales de Costa Rica.

Grupo productivo	Lotes muestreados	Lotes a nalizados	Muestras positivas	Muestras negativas	Incidencia por lotes[1] (%)	Incidencia (%)[2]
Ingenios	1.260	1.260	2.867	3.433	62,9	45,5
Productores	636	636	1.198	1.982	56,1	37,7
Sin determinar	104	104	231	289	68,3	44,4
TOTAL:	2.000	2.000	**4.296**	**5.704**		
PROMEDIO:					**61,0**	**43,0**

1 Relación porcentual entre los lotes positivos y el total muestreado en cada región.

2 Relación porcentual promedio entre el total de muestras positivas entre el total analizadas. Las diferencias entre las medias son estadísticamente significativas con un valor de F de 14,4 y una probabilidad de F menor a 0,015%. Las plantaciones sin determinar se excluyeron del análisis.

como Síndrome de la Hoja Amarilla (YLS) debido a que no se conocía con certeza la causa del amarillamiento. Por esta razón se esperaba que la distribución de la enfermedad no alcanzara los niveles encontrados, sin embargo el cuadro 7 muestra que la frecuencia de lotes infectados con ScMV es mucho menor que la de aquellos con ScYLV.

El promedio nacional de incidencia para ScMV sobrepasó levemente el 15% del total de lotes evaluados mientras que en el ScYLV alcanzó el 61%.

Nuevamente se destaca el Valle Central como un foco importante en cuanto a la presencia del ScMV, lo cual se ha observado a través del tiempo debido a que concuerda con el hecho de que en esta región es donde se observan las manifestaciones sintomáticas más fuertes de la enfermedad. Por el contrario hay que destacar también que las regiones de Puntarenas y de Pérez Zeledón se hayan libres del virus.

El cuadro 8 muestra los valores obtenidos por provincias, en donde Alajuela se muestra con los mayores

CUADRO 7
Resultados por regiones de la evaluación del Virus del Mosaico de la Caña de Azúcar (ScMV) en plantaciones comerciales de Costa Rica.

Regiones	Lotes muestreados	Muestras positivas	Muestras negativas	Incidencia por lotes (%)
Guanacaste A: Filadelfia, Liberia, Santa Cruz y Nicoya	76	6	70	7,9
Guanacaste B: Cañas, Bagaces y Abangares	14	4	10	28,6
Guanacaste	90	10	80	11,1
Puntarenas	30	-	30	-
Valle Central	25	13	12	52,0
San Carlos	21	3	18	14,3
Turrialba	15	4	11	26,7
Sur	17	-	17	-
TOTAL:	198	30	168	
PROMEDIO NACIONAL:				15,2

problemas debido a que gran parte de las plantaciones de esta provincia se ubican en el Valle Central.

CUADRO 8.
Resultados por provincias de la evaluación del Virus del Mosaico de la Caña de Azúcar (ScMV) en plantaciones comerciales de Costa Rica.

Provincia	Lotes muestreados	Muestras positivas	Muestras negativas	Incidencia por lotes (%)
Alajuela	46	16	30	34,8
Cartago	15	4	11	26,7
Guanacaste	90	10	80	11,1
Puntarenas	35	-	35	-
San José	12	-	12	-
TOTAL:	**198**	**30**	**168**	
PROMEDIO NACIONAL:				15,2

Las plantaciones ubicadas en zonas altas muestran la tendencia de verse más afectadas por el ScMV, de la misma forma que con el ScYLV. El cuadro 9 muestra esta situación en donde las plantaciones a más de 900 msnm tienen un incremento mayor a un 27% en incidencia, en relación a las plantaciones de la zona media.

CUADRO 9
Resultados por piso altitudinal de la evaluación del Virus del Mosaico de la Caña de Azúcar (ScMV) en plantaciones comerciales de Costa Rica.

Piso altitudinal	Lotes muestreados	Muestras positivas	Muestras negativas	Incidencia por lotes (%)
Zona Alta (a más de 901 msnm)	30	13	17	43,3
Zona Media (201 a 900 msnm)	31	5	26	16,1
Zona Baja (0 a 200 msnm)	137	12	125	8,8
TOTAL:	198	30	168	
PROMEDIO:				15,2

Badnavirus de la Caña de Azúcar (ScBV) y Virus del Mosaico del Enanismo del Maíz (MDCV):

Las muestras analizadas para ScBV y MDCV no mostraron reacción positiva para estos virus por lo que se presume que hasta el momento las plantaciones de caña de azúcar de Costa Rica están libres de estas enfermedades.

CONCLUSIONES

- El procedimiento de valoración con los anticuerpos de ScYLV producidos por el PCDV-CIBCM resultó en un éxito, produciendo resultados confiables que permitieron realizar el diagnóstico de los lotes seleccionados para la valoración de enfermedades virales. Esta herramienta permitirá en el futuro realizar los controles necesarios para disminuir paulatinamente la incidencia de las enfermedades virales, especialmente el ScYLV.
- De la misma manera que se publicó en avances anteriores , la alta incidencia obtenida hasta el momento y la amplia distribución de la enfermedad en todas las regiones, parece revelar que el ScYLV entró al país más tiempo atrás que para el instante en que se comenzaron a detectar los primeros síntomas. La diseminación por semilla pudo haber sido el mecanismo más viable para la dispersión de la enfermedad, la cual se ha establecido con éxito convirtiéndose ya en un problema endémico de las plantaciones de Costa Rica (Chavarría *et al*, 2003). La dispersión de la enfermedad ha sido tan eficiente que ha superado en gran cantidad al ScMV el cual se presumía que por estar más tiempo en el país, obtendría niveles de incidencia mayores.
- Se puede decir que la evidencia no es suficientemente clara, pero se presume que los ciclos más cortos de siembra que los ingenios implantan en sus programas de renovación programada, podrían tener influencia negativa ya que se podría dar una mayor diseminación del ScYLV en comparación con los productores, los cuales tienen la tendencia de extender más los ciclos de renovación. De ahí que los resultados obtenidos en las plantaciones de los productores sean más bajos que los de los ingenios.
- Los resultados obtenidos ratifican la necesidad mejorar en lo que a la calidad de la semilla se refiere, ya que presumiblemente la transmisión del ScYLV por este medio es mucho más exitosa que por la vía de los insectos. Aunque no se descarta la transmisión por insectos vectores, en vista que este vehículo también se da y en Costa Rica existen las dos especies de áfidos transmisoras del ScYLV que son el *Rhopalosiphum maydis* y el *Melanaphis sacchari*
- Como se ha indicado, hasta el momento no se han detectado problemas drásticos con el ScYLV con las variedades que se siembran en Costa Rica, con la excepción de la variedad LAICA82-135 que presenta una alta susceptibilidad a la enfermedad y que tuvo que ser remplazada por otras alternativas.

De la misma manera la H65-8521 ha tenido que ser remplazada en las zonas altas de producción, debido a los efectos negativos que la enfermedad ejerce sobre ella. Sin embargo la presencia en el campo de niveles tan elevados podrían estar teniendo efectos negativos en cuanto a la vida útil de las plantaciones, lo cual no ha sido medido hasta la fecha (Chavarría *et al*, 2003). No obstante, evaluaciones realizadas por Rassaby y colaboradores (2003) indican que los efectos de la enfermedad sobre el rendimiento son más apreciables después de la primera soca, los cuales pueden oscilar desde un 28 hasta un 37% de pérdidas por efectos directos de la enfermedad.

– La ausencia en el país del ScBV y el MDCV en plantaciones de caña, obliga a valorar responsablemente los materiales que ingresan al país, para evitar la introducción de otros problemas de origen viral que se establezcan de la misma forma que el ScYLV.

LITERATURA CITADA

1. ARRIETA, M.C.; ÁVILA, R.; CHAVARRÍA, E.; VILLALOBOS, W.; MOREIRA, L.; LOCKHART, B.E.L.; RIVERA, C. 2000. Virus de la hoja amarilla de la caña de azúcar (ScYLV) en Costa Rica. En Memoria 5to Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Latinoamérica, San José, Costa Rica. 290 p.

2. ÁVILA, R.; ARRIETA, M.C.; VILLALOBOS, W.; MOREIRA, L.; CHAVARRÍA, E.; LOCKHART, B.E.; RIVERA, C. 2001. First report of *Sugarcane yellow leaf virus* (ScYLV) in Costa Rica. Plant Disease 85: 919.

3. CHAVARRÍA, E.; LOCKHART, B. E.; MOREIRA, C.; RIVERA, C.; VILLALOBOS, W. 2003. Resultados Preliminares del Estudio de la Distribución del Virus de la Hoja Amarilla en Plantaciones Comerciales de Caña en Costa Rica. En Memoria 15to Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica. Guanacaste, Costa Rica. 432 p.

4. RASSABY, L.; GIRARD, J. C.; LETOURMY, P.; CHAUME, J.; IREY, M.S.; LOCKHART, B.E.L.; KODJA, H.; ROTT, P. 2003. Impact of Sugarcane Yellow Leaf Virus on sugarcane yield and juice quality in Réunion Island. European Journal of Plant Pathology 109: 459-466.

5. SCAGLIUSI, S.; LOCKHART B.E. 2000. Transmission, Characterization and serology of a luteovirus associated with yellow leaf syndrome of sugarcane. Phytopathology 90:120-124.

6. VICTORIA, J.I.; GUZMÁN, M.L.; CUERVO, E.; LOCKHART, B. 1999. Síndrome de la Hoja Amarilla en Colombia. CENICAÑA. Serie Divulgativa 7. 4 p.

ANEXOS

CUADRO 1A
Resultados por distritos de la evaluación del Virus de la Hoja Amarilla de la Caña de Azúcar (ScYLV) en plantaciones comerciales de Costa Rica.

Provincia	Cantón	Distrito	Lotes muestreados	Lotes analizados	Muestras positivas	Muestras negativas	Incidencia por lotes (%)	Incidencia(%)
		Alajuela	2	2	10	-	100,0	100,0
		La Guácima	7	7	27	8	85,7	77,1
	Alajuela	San Isidro	3	3	15	-	100,0	100,0
		San José	6	6	25	5	100,0	83,3
		San Rafael	4	4	13	7	100,0	65,0
		Tambor	15	15	44	31	66,7	58,7
	Atenas	Santa Eulalia	17	17	37	48	58,8	43,5
		Bolívar	1	1	-	5	-	-
		Puente de Piedra	30	30	94	56	76,7	62,7
	Grecia	San Isidro	5	5	13	12	100,0	52,0
		San José	25	25	99	26	92,0	79,2
		Tacares	47	47	124	111	78,7	52,8
	Los Chiles	Los Chiles	8	8	13	27	37,5	32,5
		Pocosol	20	20	38	62	75,0	38,0
	Poás	Carrillos	30	30	79	71	80,0	52,7
		San Pedro	9	9	19	26	77,8	42,2
Alajuela		Aguas Zarcas	11	11	6	49	18,2	10,9
		Cutris	73	73	132	233	52,1	36,2
	San Carlos	Florencia	85	85	184	241	69,4	43,3
		La Fortuna	4	4	-	20	-	-
		La Palmera	3	3	8	7	100,0	53,3
		Quesada	11	11	35	20	90,9	63,6
	San Mateo	San Mateo	3	3	4	11	100,0	26,7
		Alfaro	1	1	5	-	100,0	100,0
		Concepción	1	1	5	-	100,0	100,0
		Los Ángeles	3	3	2	13	33,3	13,3
		Piedades Norte	12	12	38	22	83,3	63,3
	San Ramón	San Juan	3	3	10	5	66,7	66,7
		San Rafael	1	1	5	-	100,0	100,0
		San Ramón	3	3	7	8	66,7	46,7
		Santiago	1	1	2	3	100,0	40,0
		Volio	6	6	22	8	83,3	73,3
	Valverde Vega	Sarchí Norte	20	20	81	19	100,0	81,0
Subtotal			470	470	1.196	1.154		
Promedio Alajuela							71,7	50,9

CUADRO 1A (Continuación)
Resultados por distritos de la evaluación del Virus de la Hoja Amarilla de la Caña de Azúcar (ScYLV) en plantaciones comerciales de Costa Rica.

Provincia	Cantón	Distrito	Lotes muestreados	Lotes analizados	Muestras positivas	Muestras negativas	Incidencia por lotes (%)	Incidencia(%)
		Juan Viñas	60	60	180	120	81,7	60,0
	Jiménez	Pejibaye	16	16	45	35	93,8	56,3
		Tucurrique	2	2	9	1	100,0	90,0
		La Suiza	7	7	8	27	42,9	22,9
Cartago		Pacayitas	6	6	-	30	-	-
	Turrialba	Pavones	6	6	4	26	16,7	13,3
		Tayutic	3	3	4	11	66,7	26,7
		Tuis	3	3	11	4	100,0	73,3
		Turrialba	48	48	70	170	58,3	29,2
Subtotal			151	151	331	424		
Promedio Cartago							68,2	43,8
	Abangares	Colorado	3	3	-	15	-	-
		Las Juntas	4	4	1	19	-	5,0
	Bagaces	Bagaces	36	36	125	55	86,1	69,4
		Bebedero	124	124	267	353	52,4	43,1
	Cañas	Cañas	67	67	228	107	82,1	68,1
		Porozal	31	31	71	84	67,7	45,8
		San Miguel	69	69	145	200	63,8	42,0
		Filadelfia	211	211	585	470	65,9	55,5
Guanacaste	Carrillo	Belén	11	11	8	47	-	14,5
		Palmira	10	10	7	43	-	14,0
		Sardinal	4	4	2	18	-	10,0
	Liberia	Nacascolo	9	9	2	43	22,2	4,4
		Liberia	277	277	590	795	59,6	42,6
	Nicoya	San Antonio	4	4	1	19	-	5,0
		Diriá	26	26	85	45	69,2	65,4
	Santa Cruz	Bolsón	19	19	2	93	-	2,1
		Santa Cruz	5	5	-	25	-	-
Subtotal			910	910	2.119	2.431		
Promedio Guanacaste							60,7	46,6

CUADRO 1A (Continuación)
Resultados por distritos de la evaluación del Virus de la Hoja Amarilla de la Caña de Azúcar (ScYLV) en plantaciones comerciales de Costa Rica.

Provincia	Cantón	Distrito	Lotes muestreados	Lotes analizados	Muestras positivas	Muestras negativas	Incidencia por lotes (%)	Incidencia(%)
Puntarenas	Buenos Aires	Buenos Aires	19	19	34	61	78,9	35,8
		Volcán	44	44	64	156	43,2	29,1
	Esparza	Espíritu Santo	3	3	3	12	-	20,0
		San Rafael	1	1	-	5	-	-
		Macacona	5	5	7	18	-	28,0
		San Juan Grande	2	2	1	9	-	10,0
	Montes de Oro	Miramar	3	3	1	14	-	6,7
	Puntarenas	Barranca	80	80	195	205	67,5	48,8
		Chomes	19	19	13	82	-	13,7
		Pitahaya	187	187	197	738	37,4	21,1
Subtotal			363	363	515	1.300		
Promedio Puntarenas							46,8	28,4
San José	Pérez Zeledón	Cajón	26	26	16	114	38,5	12,3
		Daniel Flores	19	19	11	84	36,8	11,6
		General Viejo	11	11	2	53	18,2	3,6
		San Isidro	16	16	37	43	93,8	46,3
		San Pedro	34	34	69	101	70,6	40,6
Subtotal			106	106	135	395		
Promedio San José							54,7	25,5
TOTAL:			2.000	2.000	4.296	5.704		
PROMEDIO NACIONAL:							61,0	43,0

CUADRO 2A.
Resultados parciales por variedades de la evaluación del Virus de la Hoja Amarilla de la Caña de Azúcar (ScYLV) en plantaciones comerciales de Costa Rica.

Variedad	Lotes muestreados	Lotes analizados	Muestras positivas	Muestras negativas	Incidencia por lotes[1] (%)	Incidencia (%)[2]
B47-44	4	4	-	11	350,0	-
B60-125	18	18	52	38	77,8	57,8
B60-267	1	1	3	2	100,0	60,0
B74-132	29	29	43	102	51,7	29,7
B76-259	50	50	76	174	50,0	30,4
B77-95	28	28	42	98	67,9	30,0
B80-689	73	73	169	196	64,4	46,3
B82-333	5	5	7	18	60,0	28,0
B82-50	1	1	1	4	100,0	20,0
BJ75-04	7	7	24	11	85,7	68,6
BT65-152	9	9	17	28	44,4	37,8
CP57-603	2	2	1	9	50,0	10,0
CP70-1133	11	11	55	-	100,0	100,0
CP72-1210	182	182	386	524	57,7	42,4
CP72-1312	3	3	4	11	66,7	26,7
CP72-2086	212	212	574	486	67,0	54,2
CP73-1547	1	1	5	-	100,0	100,0
CP80-1557	1	1	5	-	100,0	100,0
CP80-1743	5	5	-	25	-	-
CP80-1827	1	1	3	2	100,0	60,0
CP80-1842	1	1	-	5	-	-
CP86-1633	2	2	10	-	100,0	100,0
H60-8521	2	2	5	5	50,0	50,0
H61-1721	3	3	6	9	66,7	40,0
H62-4671	2	2	10	-	100,0	100,0
H65-7052	3	3	11	4	100,0	73,3
H68-1158	3	3	10	5	66,7	66,7
H72-1365	1	1	4	1	100,0	80,0
H74-1715	7	7	23	12	85,7	65,7
H77-2545	21	21	62	43	76,2	59,0
H77-4643	26	26	64	66	73,1	49,2
H78-2313	4	4	12	8	75,0	60,0
H82-7318	3	3	9	6	100,0	60,0
JA60-5	7	7	15	20	42,9	42,9
LAICA85-653	10	10	15	35	50,0	30,0
LAICA87-601	2	2	5	5	50,0	50,0
LAICA92-14	1	1	5	-	100,0	100,0
LAICA94-316	2	2	-	10	-	-
MEX57-473	8	8	18	22	87,5	45,0
MEX69-290	2	2	6	4	100,0	60,0
MEX74-431	2	2	5	5	50,0	50,0
MZC74-275	1	1	5	-	100,0	100,0
NA56-42	151	151	340	415	59,6	45,0

CUADRO 2A.
Resultados parciales por variedades de la evaluación del Virus de la Hoja Amarilla de la Caña de Azúcar (ScYLV) en plantaciones comerciales de Costa Rica.

Variedad	Lotes muestreados	Lotes analizados	Muestras positivas	Muestras negativas	Incidencia por lotes[1] (%)	Incidencia (%)[2]
NCO310	26	26	8	122	11,5	6,2
NCO376	28	28	-	128	50,0	-
PINDAR	71	71	143	212	60,6	40,3
PR87-2080	6	6	10	20	66,7	33,3
Q96	81	81	211	194	70,4	52,1
Q99	7	7	28	7	85,7	80,0
Q32	4	4	2	18	50,0	10,0
Q35	1	1	5	-	100,0	100,0
RB72-1012	3	3	10	5	66,7	66,7
RB73-9735	44	44	130	90	77,3	59,1
RD75-10	2	2	5	5	50,0	50,0
RD75-11	20	20	70	30	100,0	70,0
SABORIANA	30	30	-	67	46,7	-
SP70-1143	5	5	18	7	80,0	72,0
SP70-1284	155	155	371	404	63,2	47,9
SP71-3149	21	21	86	19	100,0	81,9
SP71-5574	232	232	321	839	52,2	27,7
SP71-6180	42	42	96	114	61,9	45,7
SP79-1011	1	1	-	2	1.400,0	-
SP79-2233	68	68	150	190	54,4	44,1
SP80-1520	1	1	-	5	-	-
SP80-1816	4	4	1	19	25,0	5,0
SP80-1842	1	1	4	1	100,0	80,0
SP81-2068	3	3	12	3	100,0	80,0
SP81-3250	2	2	1	9	50,0	10,0
SP82-1176	1	1	3	2	100,0	60,0
DESCONOCIDAS	221	221	361	744	53,4	32,7
OTRAS	13	13	36	29	76,9	55,4
TOTAL:	2.000	2.000	4.189	5.704		
PROMEDIO NACIONAL:					61,0	43,0

1 Relación porcentual entre los lotes con positivos y el total muestreado en cada región.
2 Relación porcentual promedio entre el total de muestras positivas entre el total analizadas.

CUADRO 3A.
Resultados por variedad de la evaluación del Virus del Mosaico de la Caña de Azúcar (ScMV) en plantaciones comerciales de Costa Rica.

Variedad	Lotes muestreados	Muestras positivas	Muestras negativas	Incidencia por lotes (%)
B47-44	1	1	-	100,0
B76-259	3	-	3	-
B77-95	2	-	2	-
B80-689	6	2	4	33,3
BT65-152	3	-	3	-
CP57-603	1	-	1	-
CP70-1133	1	-	1	-
CP72-1210	13	1	12	7,7
CP72-2086	30	1	29	3,3
CP80-1743	1	-	1	-
H60-8521	1	1	-	100,0
H61-1721	1	1	-	100,0
H74-1715	2	-	2	-
H77-2545	2	2	-	100,0
H77-4643	4	2	2	50,0
H82-7318	1	1	-	100,0
LAICA85-653	2	-	2	-
LAICA92-14	1	-	1	-
MEX74-431	1	1	-	100,0
NA56-42	17	2	15	11,8
NCO310	2	-	2	-
NCO376	5	1	4	20,0
PINDAR	7	1	6	14,3
Q132	1	-	1	-
Q96	7	4	3	57,1
Q99	3	-	3	-
RB73-9735	3	-	3	-
SABORIANA	2	-	2	-
SP70-1143	1	1	-	100,0
SP70-1284	19	1	18	5,3
SP71-3149	3	-	3	-
SP71-5574	24	2	22	8,3
SP71-6180	3	-	3	-
SP79-2233	4	-	4	-
SP81-2068	1	1	-	100,0
SP81-3250	1	-	1	-
OTRAS	19	4	15	21,1
TOTAL:	5	51	214	
PROMEDIO:				15,2

CUADRO 4A.
Resultados por región y piso altitudinal de la evaluación del Virus de la Hoja Amarilla de la Caña de Azúcar (ScYLV) en plantaciones comerciales de Costa Rica.

Regiones	Piso Altitudinal	Lotes muestreados	Lotes analizados	Muestras positivas	Muestras negativas	Incidencia por lotes (%)	Incidencia (%)
Puntarenas	Zona Media (201 a 900 msnm)	16	16	15	65	43,8	18,8
	Zona Baja (0 a 200 msnm)	287	287	406	1.029	54,7	28,3
Valle Central	Zona Alta (a más de 901 msnm)	134	134	423	247	18,7	63,1
	Zona Media (201 a 900 msnm)	118	118	353	237	19,5	59,8
San Carlos	Zona Alta (a más de 901 msnm)	1	1	5	-	100,0	100,0
	Zona Media (201 a 900 msnm)	18	18	36	54	33,3	40,0
	Zona Baja (0 a 200 msnm)	196	196	375	605	40,3	38,3
Turrialba	Zona Alta (a más de 901 msnm)	76	76	188	192	31,6	49,5
	Zona Media (201 a 900 msnm)	75	75	143	232	32,0	38,1
TOTAL:		921	921	1.944	2.661		
PROMEDIO NACIONAL:						61,0	43,0

CUADRO 5A.
Resultados por región y piso altitudinal de la evaluación del Virus del Mosaico de la Caña de Azúcar (ScMV) en plantaciones comerciales de Costa Rica.

Regiones	Piso altitudinal	Lotes muestreados	Muestras positivas	Muestras negativas	Incidencia por lotes (%)
Puntarenas	Zona Media (201 a 900 msnm)	1	-	1	-
	Zona Baja (0 a 200 msnm)	29	-	29	-
Valle Central	Zona Alta (a más de 901 msnm)	21	10	11	47,6
	Zona Media (201 a 900 msnm)	4	3	1	75,0
San Carlos	Zona Media (201 a 900 msnm)	3	1	2	33,3
	Zona Baja (0 a 200 msnm)	18	2	16	11,1
Turrialba	Zona Alta (a más de 901 msnm)	9	3	6	33,3
	Zona Media (201 a 900 msnm)	6	1	5	16,7
TOTAL:		91	20	71	
PROMEDIO NACIONAL:					15,2

NOTAS

a Proyecto financiado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología a través del Consejo Nacional para la Investigación Científica y Tecnológica de Costa Rica, MICIT-CONICIT FC-018-2000.

b Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar. Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar. Santa Gertrudis Sur, Grecia, Alajuela, Costa Rica. Teléfonos: 494-1129, 494-2955, 494-7555. Fax: (506) 494-4451, (506) 223-0839. E – mail: echavarria@laica.co.cr

c Centro de Investigaciones en Biología Celular y Molecular. Universidad de Costa Rica. San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica. Teléfonos: 207-3197, 207-3195, 207-3104. Fax: (506) 207-3190. E – mail: lmoreira@cariari.ucr.ac.cr

d Departamento de Fitopatología. Minnesota University, Saint Paul. MN 55108, USA. E – mail: lockh002@umn.edu

e Facultad de Microbiología, Universidad de Costa Rica, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica. E – mail: crivera@cariari.ucr.ac.cr

f Centro de Investigaciones en Biología Celular y Molecular. Universidad de Costa Rica. San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica. Teléfonos: 207-3197, 207-3195, 207-3104. Fax: (506) 207-3190. E – mail: williamv@cariari.ucr.ac.cr

DETERMINACIÓN DEL RAQUITISMO DE LOS RETOÑOS (RSD) MEDIANTE EL EMPLEO DE TRES METODOLOGÍAS DE DIAGNÓSTICO

Erick Chavarría Soto[a]; Javier Alfaro Porras[b]; Manuel Rodríguez Rodríguez[c].

RESUMEN

La enfermedad del Raquitismo del Retoño (RSD) de la caña de azúcar ha sido la enfermedad de origen bacteriano más difícil de diagnosticar. Ocasionada por *Leifsonia xyli* subsp. *xyli* la cual se aloja en el xilema, ocasionando la obstrucción de los haces vasculares, la enfermedad no produce síntomas visibles que delaten su ataque, a excepción de la disminución gradual del rendimiento en tonelaje. El RSD se transmite exitosamente por semilla y herramientas de corte lo que compromete en gran medida la sanidad de las plantaciones, especialmente los semilleros. El RSD se ha combatido satisfactoriamente con el tratamiento de la semilla con agua caliente (hidrotermoterapia), lo que se ha comprobado que disminuye su efecto negativo. Sin embargo el problema del diagnóstico oportuno sigue ocasionando incertidumbre entre los productores, razón por la que se estableció esta prueba con el fin de evaluar la viabilidad de tres metodologías para la estimación de la incidencia del RSD a nivel de plantaciones. Las pruebas seleccionadas consisten en la microscopía de autofluorescencia directa del metaxilema, y la tinción de los haces vasculares con safranina, ambas comparadas contra la prueba serológica de impresiones en membranas de nitrocelulosa (tissue blot). Los resultados de incidencia de las tres pruebas fueron estadísticamente significativos, en donde la prueba de autofluorescencia produjo menor cantidad de falsos positivos que la de tinción de los haces vasculares. Sin embargo la prueba del tissue blot cuenta con una limitación muy grande en la disponibilidad de anticuerpos y su ejecución requiere de personal calificado y de un mayor costo.

INTRODUCCIÓN

La enfermedad conocida como Raquitismo del Retoño (o de las socas), conocida como RSD (por sus siglas en inglés), ha sido a través de la historia mundial de la caña de azúcar, una de las enfermedades más difíciles de diagnosticar. Inicialmente se creía que la enfermedad era ocasionada por un virus, y no fue hasta 1974 en que se pudieron observar bacterias asociadas con la enfermedad. Pruebas sucesivas pudieron demostrar que la enfermedad era ocasionada por bacterias y no por partículas virales como originalmente se pensaba hasta ese momento (Gillaspie *et al*, 1974; Teakle, 1974).

Fue hasta 1980 que se logró aislar y caracterizar a la bacteria asociada a esta enfermedad, originalmente clasificada por Davis (1980) como *Clavibacter xyli* subsp. *xyli*, actualmente conocida reclasificada como *Leifsonia xyli* subsp. *xyli* (Lxx). Su difícil aislamiento y multiplicación por medios artificiales ha sido parte de las causas que han dificultado su identificación y diagnóstico (Ricaud, 1974), el cual por mucho tiempo ha estado basado en la microscopía, especialmente la electrónica y la de contraste de fases (Damman *et al*, 1977; Bailey y Fox, 1984). La utilización de hospederos indicadores altamente sensibles a Lxx fue una alternativa que se evaluó para realizar pruebas de diagnóstico por inoculación directa (Teakle *et al*, 1978).

La implementación de diversas técnicas moleculares han facilitado el diagnóstico y la precisión de los resultados a nivel de laboratorio, en comparación con algunas pruebas de microscopía (Luna, 1983; Guzmán *et al*, 1987, Harrison y Davis, 1990). Sin embargo el uso de este tipo de técnicas obliga a la utilización de herramientas y reactivos especializados, implementación de procedimientos minuciosos, y a la utilización de personal calificado.

La aplicación de métodos rápidos y de bajo costo para la detección de RSD ha sido una preocupación y se

presentan alternativas como la microscopía de contraste de fases y la de autofluorescencia, las cuales se muestran como opciones viables (Guzmán y Victoria, 1990; Roach y Jackson, 1990; Roach, 1990; Hernández *et al*, 1995). No obstante la mayoría de los investigadores se inclinan por la utilización de metodologías serológicas o la combinación de métodos serológicos con microscopía, debido a la precisión de sus resultados y a la capacidad de detectar la presencia de Lxx a muy bajas concentraciones (Guzmán y Victoria, 1990; Leaman *et al*, 1991; Pan *et al*, 1998; Rao y Singh, 1999; Guzmán y Victoria, 2001)

OBJETIVO

Evaluar dos metodologías de diagnóstico del RSD: a) tinción de los haces vasculares con safranina (THV), y b) microscopía de autofluorescencia directa (MAFD), y compararlas contra la metodología del tissue blot (TB) con el fin comprobar su precisión y viabilidad como método de diagnóstico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el estudio se seleccionaron un total de 26 lotes comerciales en la región de Guanacaste, los que fueron muestreados seleccionando al azar 20 tallos por lote, los cuales se cortaron desde la base para ser evaluados por los tres métodos, a partir de los que se calculó la incidencia en porcentaje de tallos con RSD con respecto al total de tallos de la muestra. Los tallos deben extraerse íntegros del lote, lo que significa que deben ir completos con todo y follaje.

Metodología de Microscopía de Autofluorescencia Directa (MAFD):

Este método consiste en cortar el primer entrenudo de cada tallo, al que se le extraerá una sección cilíndrica de 1cm de diámetro de parénquima. A cada sección se le realizó un corte de tejido de aproximadamente 0,5mm de espesor. Los cortes se trataron con un búfer de tris hidroximetil amino metano HCl 0,1M pH 10, posteriormente se hicieron las lecturas siguiendo el procedimiento descrito por Hernández y colaboradores (1995) al microscopio de epifluorescencia con filtro excitador de 570 nm, espejo difusor de 580 nm y filtro de supresión de 580nm. La incidencia se calculó en porcentaje de tallos con respuesta positiva al RSD con respecto al total de tallos.

Metodología de Tissue Blot (TB):

Para esta evaluación se siguió la metodología propuesta por Comstock y colaboradores (1995), utilizando las mismas secciones cilíndricas de tallo de las que se extrajeron los cortes para el paso anterior. Las secciones se apoyaron sobre papel de nitrocelulosa para dejar una impresión sobre el mismo, posteriormente fueron tratados con antisuero específico para Lxx y revelado utilizando una solución de Fast Blue. Los tallos con presencia de RSD dejan una impresión azul sobre el papel.

Metodología de Tinción de Haces Vasculares con Safranina (THV):

Esta metodología consiste en la teñir los haces vasculares de los tallos con una solución al 0,25% de safranina O, utilizando la corriente transpiratoria normal de la planta.

El procedimiento consiste en sumergir los 20 tallos de la muestra, una vez que se les ha retirado el primer entrenudo para las valoraciones por MAFD y TB, y sumergir el corte en la solución de safranina O. Es importante anotar que el tiempo transcurrido entre la extracción de los tallos, la remoción del primer entrenudo y la inmersión en la solución de safranina O debe ser mínimo, para evitar la cavitación lo que interrumpiría la corriente transpiratoria necesaria para la absorción del tinte. También los tallos deben poseer su tejido foliar para que se dé la evapotranspiración. Los tallos se dejaron descansar en la solución por espacio de 30min para asegurar que se dé la absorción del tinte.

Luego de sacar los tallos de la solución de safranina O, se procedió a extraer una muestra cilíndrica de 1cm de diámetro del parénquima del entrenudo inmediatamente superior al corte del tallo. A esta muestra se le realizaron cortes transversales para realizar el conteo de haces vasculares teñidos y sin teñir.

Para determinar la incidencia de RSD se asumió que los haces vasculares teñidos se encuentran libres de Lxx, mientras que aquellos que no absorbieron la safranina O se asume que están bloqueados por la Lxx. De esta manera se calculó la incidencia de la misma manera que con los dos métodos anteriores.

Para determinar si existen diferencias estadísticas significativas entre los tres métodos, los resultados se analizaron utilizando la prueba de Wilcoxon–Mann–Whitney para variables no paramétricas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al final de la evaluación se pudo encontrar diferencias muy marcadas entre los tres métodos, esto debido a que los tres difieren mucho en cuanto a su naturaleza, es decir, se están comparando dos métodos de evaluación del RSD indirectos que son el MAFD y el THV, los cuales a su vez se están contrastando con respecto a los

resultados de la valoración de la enfermedad por un método directo y de alta especificidad como es el TB.

Los resultados del cuadro 1 muestran los valores obtenidos para las medias de cada método y el cuadro 2 muestra los valores obtenidos de la probabilidad de Z para la comparación entre los métodos.

CUADRO 1
Resultados obtenidos de la estimación del Raquitismo del Retoño de la Caña de Azúcar (*Leifsonia xyli* sub. sp. *xyli*) por medio de tres metodologías de detección.

Parámetros Estimados	Método		
	MAFD	TB	THV
Incidencia Promedio (%)	8	2	98
Severidad Promedio (%)	18	6	43
σ Incidencia	7,89	4,92	5,74
σ Severidad	21,23	16,79	14,80
Error Incidencia (%)	1,55	0,96	1,13
Error Severidad (%)	4,16	3,29	2,90
N° Casos Positivos	17	5	26
N° Casos Negativos	9	21	0
Muestras Evaluadas	26	26	26
Probabilidad Positivos (%)	65	19	100

CUADRO 2
Resultados obtenidos de la comparación de tres métodos de diagnóstico del Raquitismo del Retoño de la Caña de Azúcar (*Leifsonia xyli* sub. sp. *xyli*) por medio de la estimación de la probabilidad de Z en las variables de incidencia y severidad.

Método	P(Z)[1] Incidencia	
	THV	TB
MAFD	6,18 x 10-10	0,00224088
TB	6,18 x 10-10	
	P(Z)1 Severidad	
MAFD	3,01 x 10-05	0,00340942
TB	2,64 x 10-08	

1. *Valores de P(Z) menores a 0,05 se consideran estadísticamente significativos.*

Los resultados no dejan duda sobre al veracidad y confiabilidad del método del TB, debido a la utilización de anticuerpos específicos para detectar a la bacteria del RSD. Sin embargo este detalle es lo que lo hace poco accesible para su uso como método de diagnóstico de rutina. La disponibilidad a nivel comercial de los anticuerpos para RSD no existe, lo que restringe mucho la obtención de los mismos.

El método de MAFD es muy sencillo de aplicar para el diagnóstico, no obstante en comparación con el de TB resulta con un 0,59% de imprecisión en la estimación de la incidencia y de un 0,87% en la severidad, lo que es suficiente para obtener un 46% más de probabilidades de obtener casos positivos. Esta metodología es una técnica indirecta de detección lo que presuntamente afecta su precisión. Por otro lado su resolución depende mucho de la concentración de células de Lxx en el hospedero, que según Guzmán y Victoria (1994), en el caso del TB para obtener una reacción positiva es necesario solamente un 0,96% de la concentración de células que se necesitan para el MAFD.

La metodología de THV es un método indirecto el cual se aplica bajo el supuesto de que los haces vasculares que no absorben el tinte, son haces vasculares no funcionales por el bloqueo ocasionado por la Lxx. Esta es una técnica muy simple que no requiere de un laboratorio ni de equipo extremadamente sofisticado para su realización, sin embargo, durante toda la evaluación fue posible encontrar tallos con haces vasculares sin teñir, lo que hace presumir la presencia de Lxx. No obstante al comparar con los resultados del TB se pudo constatar la gran cantidad de falsos positivos obtenidos por esta técnica, lo que cuestiona el supuesto de que todos los haces vasculares no funcionales que se encuentren en el tallo de la caña de azúcar, se deban precisamente al bloqueo por RSD.

CONCLUSIONES

- La utilización de técnicas inmunomoleculares para el diagnóstico de enfermedades son técnicas de mucha confiabilidad, y en el caso específico del RSD no es la excepción. Tal y como lo han reportado otros investigadores (Luna, 1983; Harrison y Davies, 1990; Guzmán y Victoria, 1994) estas técnicas en todas sus variaciones son de amplia utilidad en el diagnóstico del RSD y más precisas que los métodos de microscopía.

- Las técnicas de MAFD y THV son menos precisas y confiables en comparación al TB, sin embargo no tienen el inconveniente de necesitar anticuerpos específicos para su aplicabilidad. Actualmente la disponibilidad de anticuerpos para RSD es muy limitada, por lo que su utilización está muy restringida a centros de investigación que tengan la capacidad de producirlos por sus propios medios.

- Es de vital importancia realizar trabajos de calibración de los métodos, tanto del MAFD como el THV respecto al TB, para determinar los niveles de incertidumbre y ajustar los límites de tolerancia para cada

metodología, ya que los métodos de MAFD y THV podrían resultar útiles y prácticos para hacer estimaciones a nivel de semilleros y plantaciones comerciales, ya que como reportan Guzmán *et al* (1987) y Guzmán y Victoria (1994), pese a la detección de reacciones inespecíficas, el método de MAFD puede ser de utilidad al detectar las disminuciones en la incidencia de Lxx en las plantaciones. De la misma manera la metodología de THV también tiene el potencial de ser útil a este mismo nivel, si se realiza una exhaustiva investigación y ajuste en las tolerancias.

– La utilización de las técnicas inmunológicas resultarían de gran utilidad y una herramienta esencial para trabajos en los que se requiere mayor precisión y certeza en las estimaciones.

LITERATURA CITADA

1. BAILEY, R. A.; FOX, P. H. 1984. A large-scale diagnostic service for ratoon stunting disease of sugarcane. Proceedings of the South African Sugar Technologists' Association 58: 204–210.
2. DAMANN, K. E.; DERRICK, K. S.; GILLASPIE, A. G.; FONTENOT, D. B.; KAO, J. 1978. Detection of the RSD–associates bacterium by serologically specific electron microscopy. *In*: Congress of the International Society of Sugar Cane Technologists. Vol. 1. Sao Paulo, Brasil. p: 433–437.
3. GILLASPIE, A. G.; DAVIS, R. E.; WORLEY, J. F. 1974. Nature of the ratoon stunting disease agent. *In*: Congress of the International Society of Sugar Cane Technologists. Vol. 1. Durban, South Africa. p: 218–224.
4. GUZMÁN, M. L.; OCHOA B. O.; LUNA, G. J.; VICTORIA, J. I. 1987. El diagnóstico del raquitismo de la soca en semilleros de caña de azúcar. *In*: Congreso de la Sociedad Colombiana de Técnicos de la caña de azúcar. Cali, Colombia. p: 26–28.
5. GUZMÁN, M. L.; VICTORIA, J. I. 1990. Incidencia del raquitismo de la soca (*Clavibacter xyli* subsp. *xyli*) en semilleros de la caña de azúcar. *In*: Congreso de la Sociedad Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar y Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de América Latina y El Caribe. Tomo 1. Cali, Colombia. p: 167–176.
6. GUZMÁN, M. L.; VICTORIA, J. I. 1994. Empleo del método de inmunofluorescencia directa en la detección del raquitismo de la soca (*Clavibacter xyli* subsp. *xyli*). CENICAÑA No 288: 20.
7. GUZMÁN, M. L.; VICTORIA, J. I. 2001. Evaluación de cinco enfermedades de la caña de azúcar mediante las técnicas de Dot-Blot a partir de la misma muestra de tejido. Fitopatología Colombiana 25(1-2): p:103–110.
8. HARRISON, N. A.; DAVIS, M. J. 1990. Comparison of serological techniques for diagnosis of ratoon stunting disease. Sugar Cane p: 5–9.
9. HERNÁNDEZ, C. A.; HERNÁNDEZ, A. M.; MACHADO, J. R.; DUEÑAS, M. 1995. Uso de la autofluorescencia del metaxilema como método de diagnóstico para detectar el raquitismo de los retoños de caña de azúcar. Centro Azúcar 22(3): 36–40.
10. LEAMAN, T. M.; TEAKLE, D. S.; CROFT, B. J. 1991. Comparison of serological diagnostic tests for the detection of *Clavibacter xyli* subsp. *xyli*, the causal bacterium of ratoon stunting disease in sugarcane. Proceedings of the Australian Society of Sugar Cane Technologists p: 88-94.
11. LUNA, G. J. 1983. Desarrollo de un sistema de detección del raquitismo de la caña de azúcar. Tesis M. Sc. Universidad de los Andes, Facultad de Artes y Ciencias, Bogotá, Colombia. 81 p.
12. PAN, Y. B.; GRISHAM, M. P.; BURNER, D. M.; WEI, Q.; DAMANN, K. E. 1998. Detecting *Clavibacter xyli* subsp. *xyli* by tissue blot DNA hybridization. Sugar Cane No.3: 3–8.
13. RAO, G. P.; SINGH, G. P. 1999. Serological diagnosis of ratoon stunting disease of sugarcane in India. *In*: Congress of the International Society of Sugar Cane Technologists. Vol. 2. New Delhi, India. p: 412–413.
14. RICAUD, C. 1974. Problems in the diagnosis of ratoon stunting disease. *In*: Congress of the International Society of Sugar Cane Technologists. Vol. 1. Durban, South Africa. p: 241–249.
15. ROACH, B. T. 1990. Sampling and diagnostic procedures for testing sugarcane resistance to ratoon stunting disease by phase contrast microscopy. Proceedings of the Australian Society of Sugar Cane Technologists p: 111–119.
16. ROACH, B. T.; JACKSON, P. A. 1990. Comparison of phase contrast and fluorescence microscopy for assessment of ratoon stunting disease infection in sugarcane. Proceedings of the Australian Society of Sugar Cane Technologists p: 120–128.
17. ROACH, B. T.; JACKSON, P. A. 1992. Screening sugar cane clones for resistance to ratoon stunting disease. Sugar Cane No.2: 2–12.
18. TEAKLE, D. S. 1974. The causal agent of sugarcane ratoon stunting disease (RSD). *In*: Congress of the International Society of Sugar Cane Technologists. Vol. 1. Durban, South Africa. p: 225–233.
19. TEAKLE, D. S.; BIRCH, R. G.; APPLETON, J. M. 1978. Diagnosis of RSD using sugar cane uprights. *In*: Conference of the Queensland Society of Sugar Cane Technologists. Queensland, Australia. p: 107-110.
20. VICTORIA, J. I.; GUZMÁN, M. L.; ANGEL, J. C.; OCHOA B. O. 1990. El raquitismo de la soca de la caña de azúcar en Colombia. CENICAÑA No 223: 11.

NOTAS

a Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA). Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). Santa Gertrudis Sur, Grecia. Costa Rica. Tels.: 494-1129 / 494-2955 / 494-7555. Fax: (506) 494-4451. echavarria@laica.co.cr

b jalfaro@laica.co.cr

c mrodriguez@laica.co.cr

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA APLICACIÓN SECUENCIAL DEL TRATAMIENTO HIDRO-TÉRMICO DE LA SEMILLA EN CUATRO VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR EN CAÑAS, GUANACASTE

Erick Chavarría Soto[a]; Javier Bolaños Porras[b]; Álvaro Angulo Marchena[c]; Álvaro Rojas Solórzano[d]; Albar Conejo Bravo[e].

RESUMEN

Con el objetivo de determinar el efecto que tiene la temperatura en el tratamiento hidro térmico secuencial de la semilla de caña de azúcar en las variedades comerciales más importantes de la zona de Cañas, Guanacaste, y su efecto sobre la enfermedad del Raquitismo del Retoño o RSD (*Leifsonia xyli* susp. *xyli*), se estableció un ensayo con 4 variedades de caña B80-689, CP72-1210, CP72-2086 y NA56-42 a las que se les aplicó 3 tratamientos de inmersión en agua caliente, 50°C por 120min, 51°C por 60min, y 53°C por 30min, los cuales se compararon contra un testigo sin tratar. El ensayo se estableció siguiendo un diseño de bloques completos al azar con un arreglo factorial 4 x 4 con 4 repeticiones. Los tratamientos se aplicaron durante 3 años seguidos de manera consecutiva siguiendo el mismo modelo y respetando los tratamientos. Las parcelas se les evaluó germinación a los 45 días después de la siembra, además se midió el peso de las parcelas, incidencia y severidad de la enfermedad a los nueve meses después de la siembra. Se determinó que hubo un efecto beneficioso en la germinación y el peso de la semilla al aplicar tratamientos con agua caliente durante 3 años consecutivos a la semilla. También se obtuvo un efecto de reducción en la incidencia del RSD con la cantidad de tratamientos, no así en la severidad la cual se mantuvo con niveles muy erráticos a lo largo de la evaluación.

INTRODUCCIÓN

El tratamiento hidrotérmico, conocido también como hidro termo terapia, de la semilla de caña de azúcar es una práctica que se ha estudiado desde finales de los años 50, como una alternativa para el combate de enfermedades y algunas plagas que se transmiten a través del material de siembra (Flores, 1959; Gálvez y Thurston, 1961)

Principalmente enfocado a minimizar los efectos negativos causados por la enfermedad conocida como raquitismo de las socas o raquitismo de los retoños (RSD, por sus siglas en inglés), el tratamiento térmico con agua caliente se ha convertido en una herramienta importante para combatir a la bacteria *Leifsonia xyli* subsp. *xyli*, agente causal de esta enfermedad. Por tanto el tratamiento hidrotérmico se ha recomendado ampliamente como una práctica necesaria en la producción de semilla de buena calidad (Benda y Ricaud, 1978; Victoria *et al*, 1985).

El tratamiento térmico de la caña de azúcar consiste en la exposición del material reproductivo, ya sean esquejes o yemas independientes, a una fuente de calor que bien puede ser agua caliente, vapor de agua, aire caliente o vapor aireado. La efectividad del tratamiento va a depender del método empleado, de la temperatura, del tiempo de exposición al calor, de la edad de la caña, del tamaño de los propágulos y de la variedad de caña (James, 1971; Benda y Ricaud, 1978; Pérez, 1988).

Se ha sugerido que la aplicación secuencial de tratamiento de yemas con calor es una alternativa factible en la disminución del efecto de algunas enfermedades, incluyendo enfermedades de origen viral (Benda *et al*, 1989).

OBJETIVO

Determinar el efecto que tiene la temperatura en el tratamiento hidro térmico secuencial de la semilla de caña de azúcar en las variedades comerciales más importantes de la zona de Cañas, Guanacaste, y su efecto sobre la enfermedad del Raquitismo del Retoño o RSD (*Leifsonia xyli* susp. *xyli*).

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se estableció en las fincas del Ingenio Taboga, Cañas, Guanacaste en mayo del 2003. De igual forma el tratamiento de la semilla se llevó a cabo en el tratador térmico del mismo ingenio.

Para el tratamiento hidro térmico de la semilla se escogieron 3 temperaturas y periodos de exposición, las cuales fueron 51°C durante 120min, 52°C durante 60min y 53°C por 30min. La semilla tratada con agua caliente fue sometida a un tratamiento por inmersión a temperatura ambiente en una solución de captan a una dosis de producto comercial de 2g/L.

Se seleccionaron las 4 variedades comerciales más importantes para la zona de Cañas, Guanacaste: a) CP72-2086, b) NA56-42, c) CP72-1210 y B80-689. A cada una de ellas se les aplicaron los 3 tratamientos con agua caliente, dejando un testigo sin tratar para cada variedad. La semilla utilizada fue suministrada por el Ingenio Taboga proveniente de sus semilleros comerciales, la cual fue seleccionada a mano para el establecimiento de las parcelas.

El ensayo se sembró siguiendo un diseño de bloques completos al azar con 4 repeticiones y un arreglo factorial 4 x 4, en donde hay tres tratamientos diferentes con agua caliente y un testigo sin tratar, y cuatro variedades de caña de azúcar. En total el ensayo contó con 16 tratamientos.

El tamaño de la unidad experimental fue de 6 x 6m en donde cada parcela constó de 4 surcos con 1,5m de distancia entre ellos. Cada parcela se sembró con una densidad de 12 yemas por metro lineal de surco, utilizando esquejes de caña de tres yemas previamente seleccionados. Todos los esquejes debían de estar sanos, posee yemas de buena calidad y viables. Los esquejes fueron obtenidos a partir de la parte media de los tallos, descartando las secciones muy viejas o muy jóvenes del tallo.

El trabajo se dividió en tres etapas, cada una consistió en la selección de la semilla utilizando el mismo procedimiento y los mismos criterios; posteriormente se aplicaron los tratamientos con agua caliente y luego se realizó la siembra de la semilla la cual a los nueve meses fue evaluada y cosechada. Al final del ensayo el material de cada parcela recibiría 3 tratamientos seguidos para un total de 3 ciclos de 9 meses, con la excepción del testigo sin tratar. Cada etapa fue sembrada siguiendo el mismo diseño experimental con el mismo arreglo factorial.

En cada una de las etapas a cada parcela se le evaluó el porcentaje de germinación a los 45 días después de la siembra. A los nueve meses se realizó un conteo de tallos en los dos surcos centrales de cada parcela, para estimar la cantidad promedio de tallos por metro lineal de surco.

A los nueve meses también se realizó la toma de muestras de cada parcela para determinar la incidencia del Raquitismo del Retoño (RSD), mediante la metodología de microscopía de inmuno fluorescencia directa del metaxilema sobre cortes de tejido de los tallos. Cada muestra constó de 20 cañas tomadas al azar en cada parcela, a las cuales se les extrajo con sacabocados una sección cilíndrica de tejido de 1cm de diámetro de los entrenudos de la parte basal de cada tallo (primeros dos entrenudos de la base), posteriormente se realizaron cortes transversales aproximadamente de 0,5mm para realizar las observaciones al microscopio. En cada sección de tejido se realizaron conteos de haces vasculares libres y haces vasculares con bacteria para se determinar la Incidencia promedio de la muestra en porcentaje tallos con RSD, y la Severidad promedio de cada muestra estimada en porcentaje de haces vasculares con reacción positiva.

Cada parcela se pesó para determinar su rendimiento agrícola en t/parcela a los nueve meses después de la siembra.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto Sobre la Germinación:

Esta es una de las variables más importantes de la evaluación y en las que se pudo observar una respuesta visual inmediata favoreciendo a los tratamientos de las variedades CP, no así con las variedades NA56-42 y B80-689 las cuales el tratamiento con agua caliente tuvo un efecto ligeramente negativo sobre la germinación. El cuadro 1 muestra los valores obtenidos en la germinación a los 45 después de la siembra, para cada uno de los tratamientos durante las tres temporadas que se realizó el ensayo. Se puede notar que estadísticamente no se dan diferencias significativas entre los tratamientos con agua caliente y los testigos no tratados, incluso las parcelas sin tratar se vieron favorecidas en la germinación producto de la selección de la semilla que se aplicó durante el momento del establecimiento del ensayo en las dos etapas posteriores al 2003.

CUADRO 1.
Resultados de la evaluación del efecto del tratamiento hidro térmico continuo durante tres temporadas consecutivas, sobre la germinación de la semilla de caña de azúcar evaluada en número de tallos por metro lineal a los 45 días después de la siembra. Ingenio Taboga, Cañas, Guanacaste.

Descripción de los tratamientos			N° tallos/m por temporada					
	Variedad	Tratamiento	2003*		2004*		2005*	
1	B80-689	50,5°C 120min	1,8	d	2,6	c	7,3	E
2	B80-689	51°C 60min	3,3	cd	3,3	c	9,6	De
3	B80-689	53°C 30min	2,9	cd	6,1	abc	8,4	De
4	B80-689	Testigo	3,1	cd	5,4	bc	10,3	cde
5	CP72-1210	50,5°C 120min	3,6	bcd	8,1	ab	10,6	cde
6	CP72-1210	51°C 60min	5,7	abc	7,8	ab	10,7	cde
7	CP72-1210	53°C 30min	5,1	abc	8,8	ab	10,8	cde
8	CP72-1210	Testigo	5,6	abc	7,1	ab	10,1	cde
9	CP72-2086	50,5°C 120min	6,4	ab	7,3	ab	18,8	Ab
10	CP72-2086	51°C 60min	7,3	a	8,2	ab	19,4	A
11	CP72-2086	53°C 30min	7,1	a	9,7	a	18,8	Ab
12	CP72-2086	Testigo	5,4	abc	8,4	ab	19,2	Ab
13	NA56-42	50,5°C 120min	1,8	d	3,3	c	10,2	cde
14	NA56-42	51°C 60min	5,3	abc	2,8	c	12,7	Cd
15	NA56-42	53°C 30min	6,0	abc	8,9	ab	11,3	cde
16	NA56-42	Testigo	5,6	abc	8,6	ab	14,5	Bc
Promedio			4,7		6,6		12,7	
σ			2,0		2,6		4,7	
CV			41,8		39,4		37,3	

**Valores con la misma letra no difieren estadísticamente según prueba de Tukey al 5%.*

De los materiales evaluados, la B80-689 fue la presentó una capacidad germinativa más pobre, independientemente del tratamiento aplicado. Sin embargo su respuesta fue mejorando de una temporada a la siguiente (58 y 104% de aumento para el 2004 y 2005 respectivamente), esto se refleja en los datos del cuadro 2. Sin embargo el mayor índice de mejoría en esta variable lo alcanzó la variedad CP72-2086, la cual mostró incrementos de un 28 y 127% en la cantidad de tallos/m para el 2004 y 2005 respectivamente en comparación con el año del primer tratamiento térmico; le siguió la NA56-42 con porcentajes del 26 y 107 para los mismos años, y por último la CP72-1210 con aumentos del 59 y 33% también para el 2004 y 2005 respectivamente.

CUADRO 2.
Resultados de la evaluación por variedad del efecto del tratamiento hidro térmico continuo durante tres temporadas consecutivas, sobre la germinación de la semilla de caña de azúcar evaluada en número de tallos por metro lineal a los 45 días después de la siembra. Ingenio Taboga, Cañas, Guanacaste.

Variedad	N° tallos/m por temporada					
	2003*		2004*		2005*	
B80-689	2,8	c	4,4	c	8,9	c
CP72-1210	5,0	b	8,0	a	10,6	bc
CP72-2086	6,6	a	8,4	a	19,0	a
NA56-42	4,7	b	5,9	b	12,2	b
Promedio	4,7		6,6		12,7	
σ	1,6		1,9		4,5	
CV	32,8		28,2		35,2	

**Valores con la misma letra no difieren estadísticamente según prueba de Tukey al 5%.*

Si se analizan los datos del cuadro 3 analizando solamente el factor tratamiento con agua caliente propiamente, se puede notar que aunque no hayan diferencias estadísticas significativas, todos los tratamientos sin excepción tuvieron un efecto levemente negativo sobre la germinación, esta aseveración la refuerza el cuadro 4 en donde se observa que por análisis de contrastes octogonales hay diferencias significativas entre todos los tratamientos con agua caliente y las parcelas no tratadas. No obstante los mayores incrementos de un año al otro se presentaron en los tratamientos con agua caliente, con la excepción del tratamiento de 53°C por 30min. Del cuadro 3 podemos desprender que el tratamiento con agua caliente a 50,5°C por 2h presentó incrementos en la germinación de 57% en el 2004 y de 121% en el 2005; por otro lado el tratamiento de 51°C por 60min presentó mejorías que van de un pobre 2% en el 2004 a un extraordinario 137% para el 2005. El testigo sin tratar exhibe incrementos del 50 y 83% para el 2004 y 2005 respectivamente.

CUADRO 3.
Resultados de la evaluación del efecto del tratamiento hidro térmico continuo durante tres temporadas consecutivas, sobre la germinación de la semilla de caña de azúcar evaluada en número de tallos por metro lineal a los 45 días después de la siembra. Ingenio Taboga, Cañas, Guanacaste.

Temperatura	N° tallos/m por temporada					
	2003*		2004*		2005*	
50,5°C 120min	3,4	b	5,3	b	11,7	b
51°C 60min	5,4	a	5,5	b	13,1	ab
53°C 30min	5,3	a	8,4	a	12,3	ab
Testigo	4,9	a	7,4	a	13,5	a
Promedio	4,7		6,6		12,7	
σ	0,9		1,5		0,8	
CV	19,6		22,3		6,3	

**Valores con la misma letra no difieren estadísticamente según prueba de Tukey al 5%.*

CUADRO 4.
Comparación por contrastes ortogonales de la variable germinación (tallos/m lineal de surco) de las parcelas con tratamiento térmico continuo contra las parcelas con semilla de caña de azúcar no tratada durante la evaluación de tres cosechas consecutivas, Ingenio Taboga, Cañas, Guanacaste.

Descripción de las variables evaluados por contrastes ortogonales	Promedio tallos/m por temporada		
	2003	2004	2005
Parcelas con tratamiento hidro térmico	4,7	6,4	12,4
Parcelas sin tratamiento hidro térmico	4,9	7,4	13,5
Probabilidad de F*	0,0001	0,0001	0,0093

**Los valores de probabilidad de F menores a 0,05 se consideran estadísticamente significativos.*

Efecto Sobre el Peso de la Semilla:

Es importante mencionar que por la naturaleza de esta variable, existen factores que pueden afectar el comportamiento del peso final de la semilla después de 9 meses de establecidas las parcelas en el campo. Factores importantes como el manejo de la nutrición y combate de malezas se realizaron siguiendo el mismo esquema de una fase a otra, sin embargo otros factores agroclimáticos pueden cambiar de un año a otro, tales como el régimen de lluvia, disponibilidad de agua para el riego, temperaturas, luminosidad, etc.; todos estos factores sumados pueden hacer que la respuesta de la caña de azúcar varíe alterando el peso final de una temporada a otra.

CUADRO 5.
Resultados de la evaluación del efecto del tratamiento hidro térmico continuo durante tres temporadas consecutivas, sobre el peso de la semilla de caña de azúcar evaluada en kg/parcela a los 9 meses después de la siembra. Ingenio Taboga, Cañas, Guanacaste.

Descripción de los tratamientos			Peso (kg/parcela) por temporada					
	Variedad	Tratamiento	2003*		2004*		2005*	
1	B80-689	50,5°C 120min	158	c	246	b	455	c
2	B80-689	51°C 60min	202	bc	339	ab	479	bc
3	B80-689	53°C 30min	206	bc	463	a	471	bc
4	B80-689	Testigo	241	abc	493	a	516	bc
5	CP72-1210	50,5°C 120min	207	bc	445	ab	464	c
6	CP72-1210	51°C 60min	186	bc	424	ab	595	abc
7	CP72-1210	53°C 30min	187	bc	440	ab	533	abc
8	CP72-1210	Testigo	262	abc	471	a	490	bc
9	CP72-2086	50,5°C 120min	219	abc	415	ab	614	abc
10	CP72-2086	51°C 60min	232	abc	451	ab	729	a
11	CP72-2086	53°C 30min	276	ab	438	ab	653	abc
12	CP72-2086	Testigo	323	a	495	a	672	ab
13	NA56-42	50,5°C 120min	218	abc	299	ab	505	bc
14	NA56-42	51°C 60min	217	abc	245	b	567	abc
15	NA56-42	53°C 30min	253	abc	483	a	506	bc
16	NA56-42	Testigo	202	b	482	a	603	abc
Promedio			224		414		553	
σ			68,7		131,2		159,4	
CV			30,6		31,7		28,8	

**Valores con la misma letra no difieren estadísticamente según prueba de Tukey al 5%.*

El efecto del tratamiento de la semilla con agua caliente mostró una mejoría en todas las parcelas en que se aplicó, esto es apreciable en los datos del cuadro 5. De la misma manera, se observó también un incremento del peso en aquellas parcelas testigo, la cual es atribuible a la práctica de la selección de la semilla, ya que para cada una de las temporadas la semilla se escogió tratando de utilizar solamente esquejes de buena calidad con yemas en muy buenas condiciones. Esta selección también se realizó para la etapa inicial de establecimiento del ensayo, sin embargo sus efectos se evidenciaron hasta las dos ciclos sucesivos.

CUADRO 6

Resultados de la evaluación por variedad del efecto del tratamiento hidro térmico continuo durante tres temporadas consecutivas, sobre el peso de la semilla de caña de azúcar evaluada en kg/parcela a los 9 meses después de la siembra. Ingenio Taboga, Cañas, Guanacaste.

Variedad	Peso (kg/parcela) por temporada					
	2003*		2004N.F.	2005*		
B80-689	202	b	385	480	b	
CP72-1210	210	b	445	520	b	
CP72-2086	262	a	450	667	a	
NA56-42	222	b	377	545	b	
Promedio	224		414	553		
σ	27		38	80		
CV	12		9	15		

**Valores con la misma letra no difieren estadísticamente según prueba de Tukey al 5%.*
N.F.: No se encontraron diferencias estadísticas significativas al 5%.

Uno de los efectos que se presumía podría incidir en el resultado de esta variable era las diferencias intrínsecas que existen a nivel varietal, lo que podría ser una fuente de variación que de alguna forma puede ocasionar distorsiones en los resultados. Sin embargo, el cuadro 6 muestra que con la excepción de la CP72-2086, las demás variedades no muestran diferencias estadísticas significativas, incluso en el 2004 no se dieron del todo diferencias a nivel estadístico. Este comportamiento en el factor variedad nos permite sugerir que muchas de las diferencias encontradas se pueden deber más por influencia del factor tratamiento térmico que por la variedad. Los datos del cuadro 7 ilustran esta situación, en donde llama mucho la atención que las parcelas sin tratamiento tienden a mostrar un mayor peso que las tratadas, con la excepción de la evaluación del 2005, en donde las parcelas con tratamiento a 51°C durante 60min mostró el mejor peso, aunque sin diferencias con respecto al testigo que fue el segundo mejor.

Los datos del cuadro 7 y la tendencia que se marcó durante los tres años del experimento reflejan un leve efecto detrimental del tratamiento con agua caliente sobre el peso de las variedades evaluadas. Los valores promedio de los pesos de las parcelas con tratamiento térmico en comparación con los promedios de los testigos, muestran diferencias estadísticas por prueba de contrastes ortogonales. Los pesos promedio de los testigos superan al de los demás tratamientos, tal y como lo refleja el cuadro 8. Sin embargo, al separar el factor variedad se puede notar que hay algunos materiales más sensibles que otros. Esta situación la muestra el cuadro 9, en donde la comparación por contrastes ortogonales de los promedios de las parcelas con tratamiento térmico contra los promedios de los testigos difiere para cada una de las variedades.

CUADRO 7.

Resultados de la evaluación por variedad del efecto del tratamiento hidro térmico continuo durante tres temporadas consecutivas, sobre el peso de la semilla de caña de azúcar evaluada en kg/parcela a los 9 meses después de la siembra. Ingenio Taboga, Cañas, Guanacaste.

Temperatura	Peso (kg/parcela) por temporada					
	2003*		2004*		2005*	
50,5°C 120min	201	b	351	b	509	b
51°C 60min	209	a	365	b	592	a
53°C 30min	230	a	456	a	541	ab
Testigo	257	a	485	a	570	ab
Promedio	224		414		553	
σ	25,0		66,4		36,1	
CV	11,1		16,0		6,5	

**Valores con la misma letra no difieren estadísticamente según prueba de Tukey al 5%.*

CUADRO 8.

Comparación por contrastes ortogonales de la variable peso (kg) de las parcelas con tratamiento térmico continuo contra las parcelas con semilla de caña de azúcar no tratada durante la evaluación de tres cosechas consecutivas, Ingenio Taboga, Cañas, Guanacaste.

Descripción de las variables evaluados por contrastes octogonales	Promedio kg/parcela por temporada		
	2003	2004	2005
Parcelas con tratamiento hidro térmico	213	390	548
Parcelas sin tratamiento hidro térmico	257	485	570
Probabilidad de F*	0,7577	0,0043	0,2214

**Los valores de probabilidad de F menores a 0,05 se consideran estadísticamente significativos.*

CUADRO 9.
Comparación por variedad utilizando contrastes ortogonales en la variable peso (kg) de las parcelas con tratamiento térmico continuo contra las parcelas con semilla de caña de azúcar no tratada durante la evaluación de tres cosechas consecutivas, Ingenio Taboga, Cañas, Guanacaste.

Variedad	Contraste	Peso promedio (kg/parcela) por etapa		
		2003	2004	2005
B80-689	Con Tratamiento	189	349	468
	Testigo	241	493	516
Probabilidad de F*		0,00290	0,0124	0,242
CP72-1210	Con Tratamiento	193	436	530
	Testigo	262	471	490
Probabilidad de F*		0,0120	0,393	0,516
CP72-2086	Con Tratamiento	242	434	665
	Testigo	323	495	672
Probabilidad de F*		0,00970	0,206	0,904
NA56-42	Con Tratamiento	229	342	526
	Testigo	202	482	603
Probabilidad de F*		0,264	0,0426	0,122

**Los valores de probabilidad de F menores a 0,05 se consideran estadísticamente significativos.*

Efecto Sobre la Incidencia y la Severidad del RSD:

Estas dos variables fueron las más difíciles de medir y analizar a lo largo de todo el ensayo. La incidencia se obtuvo a partir de la relación entre los tallos con RSD y el total de tallos de la muestra, mientras que la severidad es el promedio ponderado de la relación entre la cantidad de haces vasculares con RSD y el total de haces vasculares en la muestra. A cada parcela se le tomó una muestra de 20 tallos la cual se analizó siguiendo la metodología mencionada anteriormente, para obtener un valor porcentual de incidencia y severidad promedio por tratamiento.

El comportamiento de las variables está dado por su propia naturaleza y por la metodología empleada para la determinación de la presencia del RSD en las muestras. A lo largo del ensayo se pudo notar que la metodología de microscopía por autofluorescencia es inconsistente en los resultados que brinda, esto la cataloga como inadecuada para este tipo de evaluaciones donde se requiere de mayor precisión en los resultados.

Otro factor que pudo haber incidido negativamente en los resultados de la evaluación del RSD, es el hecho de que durante las tres etapas se trabajó dependiendo del inóculo natural y de su dinámica en el campo. El cuadro 10 muestra los valores iniciales de incidencia y severidad determinados en el material inicial que se utilizó como semilla para el establecimiento del ensayo el primer año.

Los datos obtenidos no muestran una tendencia clara y contundente entre los tratamientos, de igual forma la variabilidad de los valores de incidencia y severidad dentro de los tratamientos fue tan alta que no fue posible alcanzar diferencias estadísticas significativas, con la excepción de la incidencia en el primer año de evaluación (Cuadro 11).

CUADRO 10.
Niveles iniciales en porcentaje de incidencia y severidad del material utilizado como semilla para el establecimiento inicial del ensayo.

Variedad	Incidencia (%)N.F.	Severidad (%)N.F.
B80-689	11	4
CP72-1210	15	7
CP72-2086	0	0
NA56-42	28	28

N.F.: No se encontraron diferencias estadísticas significativas al 5%.

Pese al comportamiento de estas variables, es posible apreciar en los datos de incidencia del cuadro 13, que los tratamientos con temperaturas mas bajas y tiempos más prolongados produjeron un resultado más satisfactorio con niveles de incidencia menores que los obtenidos por el tratamiento a 53°C por 30min y el testigo. Una tendencia similar se observa con los valores de severidad del cuadro 17.

La comparación entre las medias en incidencia de las parcelas tratadas con las medias de los testigos muestran diferencias que desde el punto de vista estadístico no son significativas, sin embargo se aprecian una diferencia grande especialmente para la evaluación del 2005 (Cuadro 14). No obstante esta situación no es apreciable en los valores obtenidos para severidad mostrados en el cuadro 18.

CUADRO 11.
Resultados de la evaluación del efecto del tratamiento hidro térmico continuo durante tres temporadas consecutivas, sobre la incidencia (% tallos afectados) del raquitismo del retoño de la caña de azúcar (*Leifsonia xyli* subsp. *xyli*) a los 9 meses después de la siembra. Ingenio Taboga, Cañas, Guanacaste.

	Descripción de los tratamientos		Incidencia (%) por temporada			
	Variedad	Tratamiento	2003*		2004N.F.	2005N.F.
1	B80-689	50,5°C 120min	14	a	55	3
2	B80-689	51°C 60min	10	ad	65	6
3	B80-689	53°C 30min	6	ad	35	0
4	B80-689	Testigo	14	ad	43	5
5	CP72-1210	50,5°C 120min	10	ad	5	1
6	CP72-1210	51°C 60min	8	ad	8	1
7	CP72-1210	53°C 30min	1	b	5	18
8	CP72-1210	Testigo	13	ad	8	19
9	CP72-2086	50,5°C 120min	4	ad	3	3
10	CP72-2086	51°C 60min	0	c	3	6
11	CP72-2086	53°C 30min	1	b	5	14
12	CP72-2086	Testigo	1	b	5	4
13	NA56-42	50,5°C 120min	3	ad	20	6
14	NA56-42	51°C 60min	10	ad	18	4
15	NA56-42	53°C 30min	9	ad	20	11
16	NA56-42	Testigo	5	ad	10	19
Promedio			7		19	7
σ			5		20	6
CV			74,8		108,8	89,5

**Valores con la misma letra no difieren estadísticamente según prueba de Tukey al 5%.*
N.F.: No se encontraron diferencias estadísticas significativas al 5%.

CUADRO 12.
Resultados de la evaluación del efecto del tratamiento hidro térmico continuo durante tres temporadas consecutivas, sobre la incidencia (% tallos afectados) del raquitismo del retoño de la caña de azúcar (*Leifsonia xyli* subsp. *xyli*) a los 9 meses después de la siembra. Ingenio Taboga, Cañas, Guanacaste.

Variedad	Incidencia (%) por temporada		
	2003N.F.	2004N.F.	2005N.F.
B80-689	11	49	3
CP72-1210	8	6	10
CP72-2086	2	4	6
NA56-42	7	17	10
Promedio	7	19	7
σ	4	21	3
CV	58	110	41

N.F.: No se encontraron diferencias estadísticas significativas al 5%.

En general la variedad CP72-2086 fue la que mantuvo los niveles más bajos de incidencia (Cuadro 12), sin embargo hay que considerar que al inicio del ensayo, esta variedad estaba presuntamente libre de la enfermedad, según los datos del cuadro 10. Sin embargo, las variedades B80-689 y NA56-42 recibieron un impacto más favorable al final del ensayo, ya que sus niveles de incidencia se redujeron visiblemente después de los tres tratamientos consecutivos con agua caliente.

CUADRO 13.
Resultados de la evaluación del efecto del tratamiento hidro térmico continuo durante tres temporadas consecutivas, sobre la incidencia (% tallos afectados) del raquitismo del retoño de la caña de azúcar (*Leifsonia xyli* subsp. *xyli*) a los 9 meses después de la siembra. Ingenio Taboga, Cañas, Guanacaste.

Temperatura	Incidencia (%) por temporada		
	2003N.F.	2004N.F.	2005N.F.
50,5°C 120min	8	21	3
51°C 60min	7	23	4
53°C 30min	4	16	11
Testigo	8	16	12
Promedio	6,7	19,1	7,4
σ	1,6	3,4	4,3
CV	24,5	17,9	57,9

N.F.: No se encontraron diferencias estadísticas significativas al 5%.

CUADRO 14.

Resultados de la comparación entre las parcelas con tratamiento hidro térmico continuo durante tres temporadas consecutivas y las no tratadas, sobre la incidencia (% tallos afectados) del raquitismo del retoño de la caña de azúcar (*Leifsonia xyli* subsp. *xyli*) a los 9 meses después de la siembra. Ingenio Taboga, Cañas, Guanacaste.

Descripción de las variables evaluados por Kruskal – Wallis	Incidencia (%) por temporada		
	2003	2004	2005
Parcelas con tratamiento hidro térmico	6,5	18,5	8,8
Parcelas sin tratamiento hidro térmico	8,1	16,3	11,5
Probabilidad de t*	0,9876	0,6983	0,5250

**Los valores de probabilidad de t menores a 0,05 se consideran estadísticamente significativos.*

CUADRO 15.

Resultados de la evaluación del efecto del tratamiento hidro térmico continuo durante tres temporadas consecutivas, sobre la severidad (% haces vasculares afectados) del raquitismo del retoño de la caña de azúcar (*Leifsonia xyli* subsp. *xyli*) a los 9 meses después de la siembra. Ingenio Taboga, Cañas, Guanacaste.

Descripción de los tratamientos			Severidad (%) por temporada		
	Variedad	Tratamiento	2003N.F.	2004N.F.	2005N.F.
1	B80-689	50,5°C 120min	16	22	2
2	B80-689	51°C 60min	19	37	14
3	B80-689	53°C 30min	20	19	0
4	B80-689	Testigo	10	45	12
5	CP72-1210	50,5°C 120min	10	6	1
6	CP72-1210	51°C 60min	23	28	4
7	CP72-1210	53°C 30min	13	3	10
8	CP72-1210	Testigo	26	5	9
9	CP72-2086	50,5°C 120min	8	1	5
10	CP72-2086	51°C 60min	0	1	10
11	CP72-2086	53°C 30min	1	17	13
12	CP72-2086	Testigo	18	6	13
13	NA56-42	50,5°C 120min	7	15	27
14	NA56-42	51°C 60min	23	23	4
15	NA56-42	53°C 30min	23	27	29
16	NA56-42	Testigo	14	16	7
Promedio			14	16	10
σ			8	13	8
CV			60,8	82,6	86,1

N.F.: No se encontraron diferencias estadísticas significativas al 5%.

CUADRO 16.

Resultados de la evaluación del efecto del tratamiento hidro térmico continuo durante tres temporadas consecutivas, sobre la severidad (% haces vasculares afectados) del raquitismo del retoño de la caña de azúcar (*Leifsonia xyli* subsp. *xyli*) a los 9 meses después de la siembra. Ingenio Taboga, Cañas, Guanacaste.

Variedad	Severidad (%) por temporada		
	2003N.F.	2004N.F.	2005N.F.
B80-689	16	31	7
CP72-1210	18	10	6
CP72-2086	7	6	10
NA56-42	17	20	17
Promedio	14	17	10
σ	5	11	5
CV	35	65	48

N.F.: No se encontraron diferencias estadísticas significativas al 5%.

CUADRO 17.

Resultados de la evaluación del efecto del tratamiento hidro térmico continuo durante tres temporadas consecutivas, sobre la severidad (% haces vasculares afectados) del raquitismo del retoño de la caña de azúcar (*Leifsonia xyli* subsp. *xyli*) a los 9 meses después de la siembra. Ingenio Taboga, Cañas, Guanacaste.

Temperatura	severidad (%) por temporada		
	2003N.F.	2004N.F.	2005N.F.
50,5°C 120min	10	11	9
51°C 60min	16	22	8
53°C 30min	14	16	13
Testigo	17	18	10
Promedio	14,4	16,8	9,9
σ	3,0	4,6	2,2
CV	20,7	27,4	22,4

N.F.: No se encontraron diferencias estadísticas significativas al 5%.

CUADRO 18.
Resultados de la comparación entre las parcelas con tratamiento hidro térmico continuo durante tres temporadas consecutivas y las no tratadas, sobre la severidad (% tallos haces vasculares afectados) del raquitismo del retoño de la caña de azúcar (*Leifsonia xyli* subsp. *xyli*) a los 9 meses después de la siembra. Ingenio Taboga, Cañas, Guanacaste.

Descripción de las variables evaluados por Kruskal – Wallis	Severidad (%) por temporada		
	2003	2004	2005
Parcelas con tratamiento hidro térmico	15,7	18,8	10,4
Parcelas sin tratamiento hidro térmico	17,0	18,0	10,0
Probabilidad de t*	0,6869	0,9382	0,5557

**Los valores de probabilidad de t menores a 0,05 se consideran estadísticamente significativos.*

CONCLUSIONES

- Se pudo detectar que hay un efecto positivo del tratamiento con agua caliente sobre la semilla de caña de azúcar cuando es aplicado de manera continua. La aplicación de manera sistemática año con año a las mismas parcelas de semilla mejoró la germinación y el peso final de las parcelas. La aplicación de esta práctica en la producción de semilleros beneficiará en mucho la calidad de la semilla con el paso del tiempo. Es oportuno anotar que los efectos de un solo tratamiento térmico no son tan efectivos como la aplicación secuencial en los mismos lotes de semilla.

- Es de esperar que algunas variedades resulten particularmente sensibles a la temperatura de tratamiento, lo cual fue perceptible en las cuatro variedades acá evaluadas, no obstante la tendencia general fue a mostrar una mejoría en los tratamientos posteriores. La variedad CP72-2086 muestra una gran respuesta al tratamiento con 51°C durante 60min, y es la que muestra una mayor tolerancia a la temperatura. Por otro lado, la variedad B80-689 resultó como la que mejor repunte mostró a lo largo de las tres evaluaciones, tomando en cuenta su situación inicial y sus primeros resultados durante el 2003.

- La variedad NA56-42 responde muy bien al tratamiento térmico en lo que a la disminución de la incidencia del RSD se refiere.

- Los mejores efectos del tratamiento térmico sobre las variedades evaluadas se obtuvieron a una temperatura de 51°C durante 60min.

- Son notables los resultados obtenidos por los testigos, en donde la sola práctica de la selección de la semilla mostró también un resultado positivo en los rendimientos.

- La metodología empleada para la determinación de la incidencia y severidad del RSD, pese a ser un método práctico.

LITERATURA CITADA

1. BENDA, G. T. A.; RICAUD, C. 1978. The use of heat treatment for sugarcane disease control. *In*: XVI Congress of the International Society of Sugar Cane Technologists. Vol. 1. Sao Paulo, Brasil. p:483-496.
2. BENDA, G.T.A.; MOCK, R.G.; GILLASPIE JUNIOR, A.G. 1989. Control of sugar cane mosaic by serial heat treatment. II. The pattern of cure at high temperatures. Sugar Cane 2: 6 – 10.
3. FLORES, S. 1959. Estudio sobre el raquitismo de las socas de la caña de azúcar. México, IMPA. 43 p.
4. GALVEZ, G. E.; THURSTON, H. D. 1961. Ratoon stunting disease of sugarcane in Colombia. Plant Disease Reporter (45)12: 954 – 956.
5. JAMES, G. L. 1971. Hot water treatment and smut. Sugarcane Pathologists' Newsletter 6: 11 – 12.
6. PEREZ, J. R. 1988. Aspectos que se deben considerar en la explotación del tratamiento térmico en la agricultura cañera cubana. Revista de la Asociación de Técnicos Azucareros de Cuba 47(5): 12 – 18.
7. VICTORIA, J. I.; OCHOA B. O.; CASSALETT, C. 1985. Thermic control of ratoon stunting disease of sugar cane in Colombia. CENICAÑA 70: 12.

NOTAS

a Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA). Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). Santa Gertrudis Sur, Grecia. Costa Rica. Tels.: 494-1129 / 494-2955 / 494-7555. Fax: (506) 494-4451. echavarria@laica.co.cr

b jbolanos@laica.co.cr

c aangulo@laica.co.cr

d Ingenio Taboga S.A. Cañas, Guanacaste. Costa Rica. Tels.: 674-0210. Fax: (506) 674-0087.

alvarorojasolo@hotmail.com

e alvarconejo@hotmail.com

LA COMPACTACIÓN DEL SUELO Y EL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZUCAR

Warren Forsythe Hudson
Centro de Investigaciones Agronómicas,
Universidad de Costa Rica, San José.
wforsythe@ice.co.cr

RESUMEN

El objetivo del trabajo es describir la naturaleza de la compactación, su efecto sobre el rendimiento de la caña de azúcar; la relación entre la maquinaria, los sistemas de cultivo y la compactación, y factores importantes en su control. La compactación es la compresión y amasadura de un suelo no saturado que puede resultar en el aumento de su densidad aparente (o reducción en su porosidad y espacio aéreo), de su resistencia a la penetración, y del pudelaje que transforma los poros a microporos produciendo una baja infiltración y la formación de charcos después de una lluvia o riego, y la episaturación y aeración pobre. El valor de la resistencia a la penetración de 2.5 MPa corresponde a una evaluación agronómica general de impenetrable por las raíces y coincide con un valor medido en una pista compactada en un cultivo de caña. El valor de 0.8 MPa en zonas de siembra de buen crecimiento corresponde al valor aceptable de la evaluación agronómica. Hay reportes de reducciones en rendimiento por la compactación hasta mayores de 50%. Los modelos de pistas de tránsito sirven como base para el análisis de la compactación en los sistemas de cultivo. Los factores que influyen sobre el riesgo de la compactación son: 1)La falta de un plan de control de tránsito donde las ruedas pasan por una pista fija designada para ellas y la zona entre pistas queda para la siembra. 2) La falta de igualdad entre el espaciamiento de las hileras y aquello entre los centros de las llantas de la maquinaria.3) Una humedad inadecuada del suelo durante las operaciones.4) La presión de las llantas de la maquinaria. Para caña nueva se puede subsolar, arar, y surcar para eliminar los efectos de compactación producida durante los retoños, pero dicha compactación persiste durante este periodo.

INTRODUCCIÓN

La compactación del suelo en el cultivo de la caña de azúcar ha aumentado en importancia mundialmente debido al uso creciente de la maquinaria para la preparación de suelo, la siembra, el control de plagas, la cosecha y el transporte de la caña del campo y luego al ingenio. En Costa Rica hay 50000 hectáreas sembradas con caña de azúcar, un 50% está localizada en la zona del Pacífico y Guanacaste, y de este 50% la mayoría es cosechada de manera mecanizada (Barquero,2006), lo que implica un uso intensivo de la maquinaria . El objetivo de este trabajo es explicar lo que es la compactación, su efecto sobre el rendimiento de la caña, la relación entre la maquinaria, y los sistemas de cultivo, y la compactación; y factores importantes para su control.

LA NATURALEZA DE LA COMPACTACIÓN

La compactación del suelo es la compresión y amasadura de un suelo no saturado acompañada por la expulsión de aire de su porosidad con aire. La condición resultante puede ser un aumento de su resistencia mecánica y su densidad aparente y la reducción de su porosidad y espacio aéreo. Puede resultar también en la transformación de poros a microporos con o sin la reducción en porosidad especialmente si el efecto principal es la amasadura (pudelaje). Esto produce una disminución en la conductividad hidráulica y la rata de infiltración y la formación de suelos saturados (con aeración pobre) a humedades y succiones correspondientes a la capacidad de campo (episaturación).

La resistencia mecánica y el espacio aéreo (aireación) son factores físicos de crecimiento que separadamente influyen sobre el rendimiento de las plantas. Durante la compactación pueden influir individualmente o en forma conjunta. Robinson (1964) encontró que un espacio aéreo menor de 11% puede reducir el rendimiento de caña de azúcar. La reducción en la rata de infiltración y conductividad hidráulica que pueden ocurrir a menudo provoca la formación de charcos después de una lluvia o riego y estos pueden formar barreras contra la difusión de oxígeno hacia a dentro del suelo y de CO_2 hacia afuera del suelo siendo esto el mecanismo principal de la aireación.

La Fig. 1 (Forsythe y Schweizer 2001) muestra la respuesta de maíz a diferentes niveles de resistencia a la penetración , un indicador de la resistencia mecánica, en un Aquic Haplustepts en Cañas, Costa Rica. Esta es la resistencia experimentada por un penetrómetro estático cuando su pistón de 5mm de diámetro y de acero inoxidable penetró 5mm en un suelo a capacidad de campo (Forsythe 1985). Un valor de 2.75 MPa (a capacidad de campo) corresponde a un suelo sin penetración por las raíces y rendimiento cero. Un valor de 0.9 MPa corresponde al rendimiento máximo y hay un descenso con valores menores de resistencia explicado por un menor contacto entre las raíces y el suelo. Podemos usar la curva de respuesta de maíz para indicar el comportamiento de la caña de azúcar siendo los dos cultivos gramíneas, pero una curva de respuesta de la caña misma seria más adecuada.

Cuadro 1. Resistencia a la penetración estimada con el penetrómetro estático en suelos a capacidad de campo. (Forsythe y Tafur 1985).

Evaluación agronómica	Resistencia a la penetración a capacidad de campo, MPa.
Excelente	0-0.6
Aceptable	0.7-1.2
No aceptable	1.3-2.5
Impenetrable para las raíces.	> 2.5

Forsythe y Tafur (1985) estudiaron varias publicaciones sobre el rendimiento de varios cultivos en diferentes suelos usando el mismo tipo de penetrómetro y elaboraron el Cuadro1, el cual hace una evaluación agronómica general de los valores de resistencia a la penetración.. En Sudáfrica Swinford y Boevey (1984) encontraron una resistencia (con un penetómetro diferente) de 2.2 MPa para suelos de cana de azúcar compactados y 1.4 MPa en suelos no compactados. McGarry et al (1997) observaron resistencias de 2.5MPa en pistas de tránsito controlado en Espodosoles en Australia y valores de 0.8MPa en las zonas de siembra.

Algunos trabajos en Hawaii han reportado reducciones hasta mayores de 50% en el rendimiento de caña debido a la compactación. Esto se atribuyó al inicio del uso de equipo pesado como tractores y vagones grandes

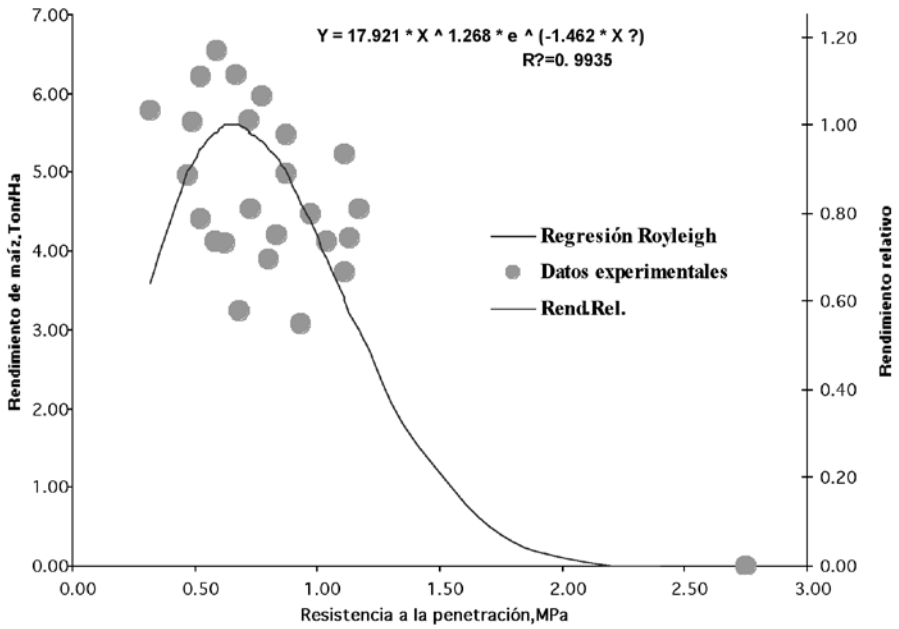


Figura 1 Relación entre la RP en la época de siembra y el RE de maíz.Cada una de las 30 observaciones es un promedio de datos tomados a 0,10, y 20 cm de profundidad. El valor experimental de la RP para el RE de 0, se repite 6 veces y se fundamenta en referencias.

durante la zafra (Trouse y Humbert 1960). La compactación era más severa en los lugares no-irrigados los cuales no tenían una estación seca marcada y que sufrían extensiones variables del clima lluvioso. Se puede usar la densidad aparente como indicador de compactación en la Fig. 1 con el mismo resultado. Sin embargo la densidad aparente es específica para el sitio y no se puede aplicar los datos de un lugar a otro. El uso de la resistencia a la penetración no sufre de dicho problema porque los valores son universales. La información que sigue da un ejemplo. Unos Andisoles compactados en Hawaii mostraban densidades aparentes entre 0.6 a 1.0 Mg/m^3 y unos Ultisoles entre 1.2 y 1.6 Mg/m^3 (Trouse y Humbert 1960). En cambio en ciertas lugares en Australia hablan de suelos (Espodosoles) con densidades aparentes de 1.55 Mg/m^3 en zonas de siembra y de 1.85 Mg/m^3 en la pista compactada.(Mc.Garry et al, 1996) Los Andisoles y Ultisoles en Costa Rica podrían mostrar valores parecidos a aquellos de Hawaii.

CONDICIONES QUE FAVORECEN LA COMPACTACIÓN EN CAÑA DE AZÚCAR

Preparación inadecuada del suelo.

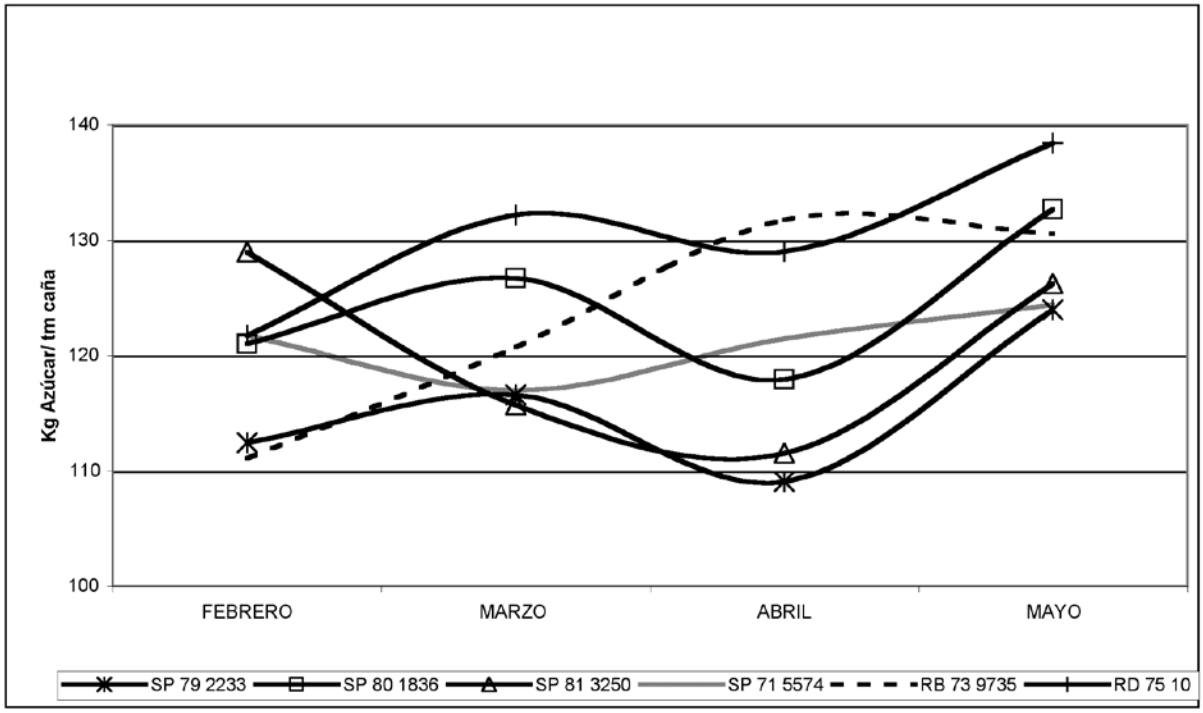
(a) Antes de la siembra de la caña nueva, el arado superficial (hasta 5-7 cm) del suelo puede dejar zonas compactadas por operaciones en el ciclo anterior (maquinaria y pisoteo).
(b) La realización de muchos pasos de arado para preparar el terreno, con arados que dejan pisos de arado.
(c) El arado del suelo demasiado húmedo, cuando está plástico o cerca de la humedad de máxima compactación.

Efecto de las operaciones.

(a) El paso de maquinaria o pisoteo para operaciones de fertilización o control de plagas.
(b) El paso de tractores, trasbordos y carretas para llevar la cosecha de caña del campo, durante los retoños. Este efecto es mayor si la pista del tránsito no está controlada, o si ocurre cuando el suelo está demasiado húmedo.
(c) Si la presión de las llantas o la carga de los tractores, de los trasbordos o de las carretas es grande.

MODELOS DE PISTAS DE TRÁNSITO SIRVEN COMO BASE PARA EL ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS DE CULTIVO

La Fig. 2 muestra un modelo de control de tránsito para la cosecha mecanizada basado en una experiencia en Australia.(Baille et al 2003) El efecto de un paso de las ruedas es una pista de 50 cm de las ruedas más 40 cm debido al margen de error.(total 90 cm) La transferencia de la cosechadora a la hilera vecina significa la reubicación lateral de las ruedas por un surco la cual produce

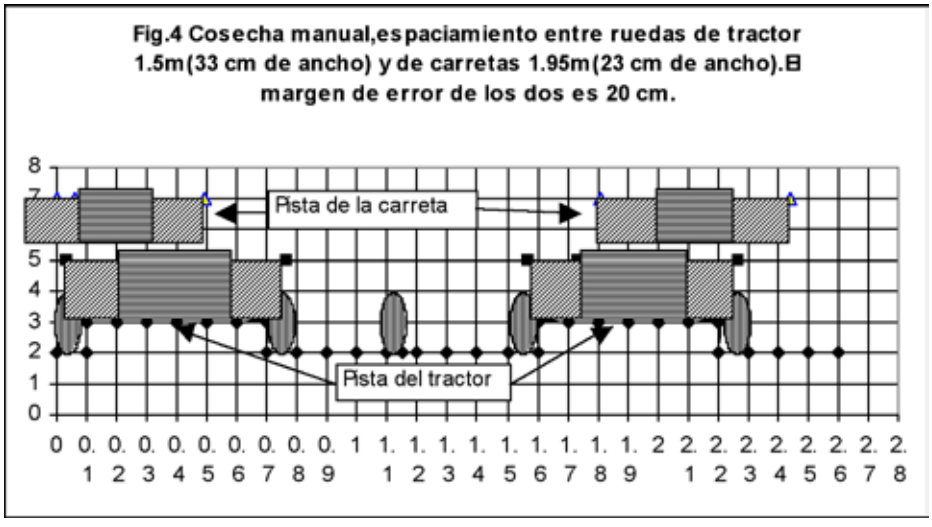


dos pasos de ellas por surco haciendo una pista de 80 cm de las ruedas más 40 cm debido al margen de error (total 120 cm). En este caso la pista compacta un mayor área y pisotea los tallos en los retoños. La presión de llantas puede variar de 100KPa (15 PSI) hasta 400KPa (60 PSI), con 300KPa (45 PSI) considerado como normal. Es importante analizar las pistas de cada sistema como una base para evaluar la compactación.

La Fig. 3 muestra el caso de tránsito controlado cuando el espaciamiento entre hileras y entre ruedas es de 1.8m. La reubicación lateral de las ruedas no causa un aumento en el ancho de la pista, o sea sigue siendo de 90 cm. En este caso la pista compacta una menor área y no pisotea los tallos en los retoños. La compactación entre hileras puede afectar la caña en forma mínima, pero hay que evaluar esto.

La Fig. 4 muestra el caso de la cosecha manual en la zona de Grecia, Costa Rica. El espaciamiento entre los centros de las llantas de los tractores es de 1.5m y ellas tienen un ancho de 33 cm con presiones de 100-120KPa (15-18PSI). Esto significa que el tractor aplica una presión baja al suelo. Sin embargo las carretas que tienen una carga entre 4-5 toneladas tienen 4 llantas con espaciamiento de1.95m, un ancho de 23 cm y una presión de 334KPa (50 PSI). La Fig. 4 muestra que la disposición de las llantas del tractor y de la carreta pisotea 2 de las 3 hileras durante los retoños y las llantas de la carreta aplican una presión alta al suelo. La distancia entre las hileras extremas en la Fig. 4 es de 90 cm, pero puede llegar hasta 70 cm y esto indica que las hileras sufrirán menos pisoteo. El margen de error usado viene de la experiencia Australiana en un terreno llano bajo riego. Las condiciones de Grecia, Costa Rica tales como los terrenos ondulados, la realización de operaciones cuando el suelo está resbaloso y el uso de más de una carreta en el campo, tendrán un efecto sobre los márgenes de error. Además, si la pista no está controlada puede afectar más área del campo.

Para caña nueva se vuelve a subsolar, arar y surcar para eliminar los efectos de compactación producida durante los retoños pero dicha compactación persiste durante este periodo. Hemos visto que es importante



desarrollar y evaluar un sistema de control de tránsito y de presión sobre el suelo, y escoger humedades adecuadas del suelo para minimizar la compactación en las siembras y zafras de la caña de azúcar.

AGRADECIMIENTO

El autor agradece a la Inga. Jessica Oviedo Alpízar por la información suministrada sobre el cultivo de la caña de azúcar en la zona de Grecia, Costa Rica.

LITERATURA CITADA

1. BAILLIE,C.P.,INMAN-BAMBER,N.G. y SMITH,M.A. 2003. Investigating Opportunities within the Harvest and Farming Systems of Sugar Cane to Minimise the Effects of Soil Compaction on Yield. Australian Farming Systems Association Conference.2003.

2. BARQUERO, S.M. 2006. Alza en Azúcar devuelve fe a Miles de Productores. La Nación (13/2/06). San José, Costa Rica. p26-27 A.

3. FORSYTHE,W.M. 1985.Manual de Laboratorio de Física de Suelos. IICA. San José, Costa Rica. 212p.

4. FORSYTHE,W.M. y TAFUR,N. 1985. The effect of various methods of land preparation on the soil resistance to penetration and yields of corn (Zea mays L), cassava (Manihot esculenta CRANTZ) and sweet potato (Ipomoea batatas L) in association. 1. Effect of cropping systems and land preparation on the soil. Turrialba 35:357-370.

5. FORSYTHE,W.M. y SCHWEIZER,S. 2001. La resistencia a la penetración y la rata de infiltración como indicadores de las condiciones físicas de un suelo de Costa Rica. XV Congreso Latinoamericano y V Cubano de la Ciencia del Suelo;11 al 16 de noviembre, 2001,Varadera Cuba. CD-Rom. 4p.

6. Mc.GARRY,D; BIGWOOD,R.D.; PILLAI-Mc.GARRY,U.P.; BRAY,S.G. y MOODY,P.W. 1996. Is cane damaging the soil? A comparison of a ten-year old block with adjoining tree line. Proceedings of the 18th Conference of the Australian Society of Sugarcane Technologists. P 189-194.

7. Mc.GARRY,D.; BRAUNACK,M.V.; CUNNINGHAM,G.; HALPIN,N.; SALAWAY,M. y WATERS,D. 1997. Comparison of soil physical properties of row and inter-row: a basis for control traffic in cane. Proceedings of the 19th Conference of the Australian Society of Sugar Cane Technologists. P 263-269.

8. ROBINSON,F.E. 1964. Required percent air space for normal growth of sugar cane. Soil Science 98:206-207.

9. SWINFORD,J.M. y BOEVEY,T.M.C. 1984. The effects of soil compaction due to infield transport on ratoon cane yields and soil physical characteristics. Proceedings of the 58th Congress of the South African Sugar Technologists´ Association. P198-203.

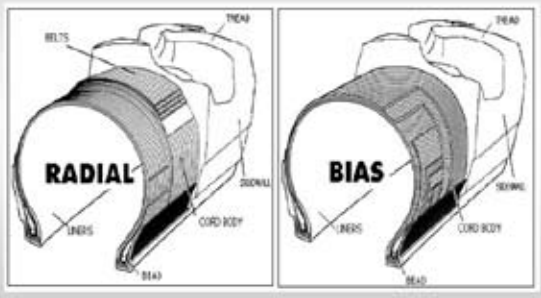
10. TROUSE,A.C. y HUMBERT,R.P. 1960. Some effects of soil compaction on the development of sugar cane roots. Soil Science 91: 208-217.

VENTAJAS O BENEFICIOS DE LAS LLANTAS RADIALES

Shamuel (Lito) Roitman
Tecnillantas

* Charla tomada de presentación en Power Point

RADIAL vs. DIAGONAL



Ventajas de neumaticos radiales

- Mayor vida util - 15%
- Menos patinaje en trabajo - 26%
- Menor resistencia de rodado - 20%
- Mayor fuerza de traccion - 33%
- Mayor potencia de arrastre - 12%

Fuente de datos son articulos cientificos publicados entre los años

PRODUCTIVIDAD DE AREA CULTIVADA

MAYOR PRODUCTIVIDAD DEL TRACTOR [ha/hora]

Productividad del tractor crece un 13%,cuando las llantas diagonales son reemplazadas por radiales.

AHORRAR COMBUSTIBLE ES AHORRAR DINERO!!!!!

Consumo de combustible en un tractor con llantas radiales, es un 16% mas bajo que un tractor con llantas diagonales.

RADIALES ESTRECHOS - ALTO DESPEJE - ROW CROP

RADIALES ESTRECHOS - ALTO DESPEJE - ROW CROP

22 MEDIDAS DESDE ARO 24' A ARO 54'

PARA USO EN TODO TIPO DE PULVERIZADORES, CULTIVOS Y TRABAJOS DE COSECHA

SECCION ESTRECHA Y HOMBROS REDONDOS PARA PROTEGER PLANTAS, RAICES Y CULTIVOS DURANTE EL TRABAJO

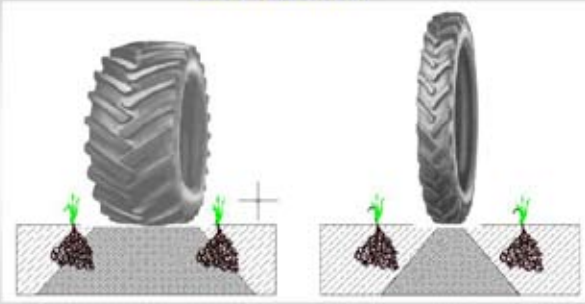
LARGA HUELLA DE PISADA,EXCELENTES CARACTERISTICAS DE TRACCION

PERFECTO TRANSPORTE EN CARRETERA, MAYOR CANTIDAD DE TACOS

CONSTRUIDOS PARA TRANSPORTE HASTA 65 Km/h

RADIALES ESTRECHOS - ALTO DESPEJE - ROW CROP

DIFERENCIA ENTRE DIAGONAL Y ESTRECHO



La mayor parte de masa de Tierra floja, no es compactada durante el arado o la preparacion de surcos para la siembra.

NEUMATICOS DE FLOTACION

NEUMATICOS DE FLOTACION

- Maxima carga en toda clase de terreno y transporte
- Reducir presion unitaria en la tierra
- Menor compactacion y daño a el terreno laborado
- Disminuye consumo de combustible
- Versatibilidad a maquinaria

FLOTACION AGROTRANSPORTE

FLOTACION GENERAL

•MAYOR DISTRIBUCION DE PRESION SOBRE LA TIERRA
•MENOR VOLUMEN COMPACTADO

•MENOR DENSIDAD DEL "BULTO" DE TIERRA
•MEJOR CIRCULACION DE AIRE Y AGUA
•MEJOR PENETRACION Y CRECIMIENTO DE LAS RAIZES

NEUMATICOS DE FLOTACION RADIALES
550/60R 22.5
650/50R 22.5
750/45R 22.5
650/55R 26.5
750/45R 26.5
FLOTACION RADIAL – MODELO 380
PRIMER NEUMATICO DE FLOTACION RADIAL EN EL MERCADO !!!

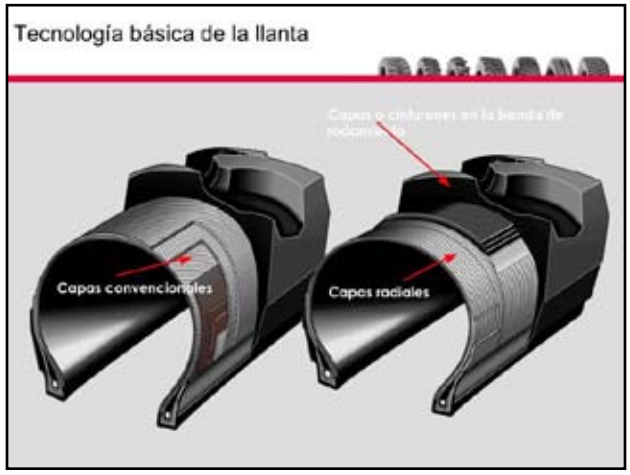
"APRENDEMOS DE NUESTRO PASADO, MEJORAMOS EL PRESENTE,INFLUENCIAMOS NUESTRO FUTURO... ESTA EN EL ALCANCE DE NUESTRAS MANOS"
MUCHAS GRACIAS !!!!!

PARTE 2

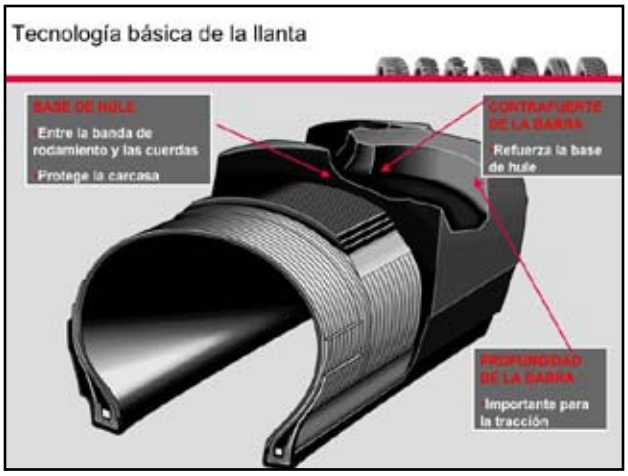
Tecnología básica de la llanta
Tecnología básica en llantas
Shmuel (Lito) Reitman,
Vicepresidente
Mercadeo ALLIANCE

Tecnología básica de la llanta
El objetivo es capturar la pérdida de caballos de fuerza

Tecnología básica de la llanta
Comparación de la construcción
Convencional
Radial


Tecnología básica de la llanta
Capas convencionales
Capas radiales

Tecnología básica de la llanta



Tecnología básica de la llanta

Construcción radial vs convencional

Tecnología básica de la llanta

Compuestos de caucho

- Banda de rodamiento
- Base de caucho
- Costado

Nylon y poliéster

- Carcasa

Tecnología básica de la llanta

Llantas convencionales R-1

- Carcasa de nylon
  - *Resistente a los impactos*

R-1 Llantas radiales

Carcasa de nylon

- Cinturones de la banda de rodamiento de poliéster
  - *Estabilizan la banda porque no se estiran*

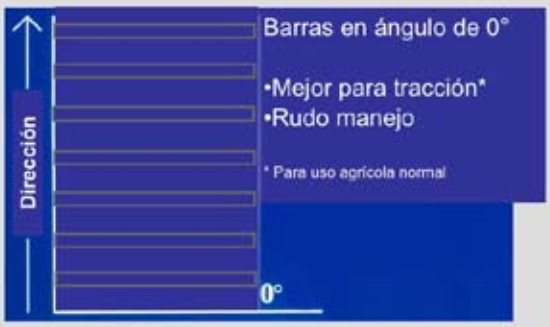
Tecnología básica de la llanta

Características principales de llanta ALLIANCE

- Barras con ángulo (23°)
- Barra larga / Barra larga

Tecnología básica de la llanta

Tecnología básica de la llanta



Tecnología básica de la llanta

Tecnología básica de la llanta

Diseño de la banda de rodamiento

- Relación entre el eje horizontal (tracción máxima) y el eje vertical (suave manejo).

Tecnología básica de la llanta

Angulo 23 °

Examinado y probado

Banda de rodamiento de menor ángulo

Más tracción
Rudo manejo

Banda de rodamiento de mayor ángulo

Menor tracción
Manejo similar a la de 23°

Tecnología básica de la llanta

Diseño de la banda de rodamiento para aplicaciones especiales

- R-2, R-3, R-4, SL - Requieren de una variedad de ángulos para una mejor tracción en una variedad de condiciones de campo

Tecnología básica de la llanta

Diseño Barra larga / Barra larga

Tecnología básica de la llanta

¿Por qué Barra larga/Barra larga ?

Tecnología básica de la llanta

Comparación de la banda de rodamiento

Tecnología básica de la llanta

Comparación de la banda de rodamiento

Tecnología básica de la llanta

3 ventajas importantes del diseño Barra larga/Barra larga

- Suave manejo
- Mayor vida de servicio
- Mejor tracción

Tecnología básica de la llanta

Clasificación de la llanta

- Llantas radiales
- Llantas radiales milimétricas
- Llantas convencionales
- Llantas de flotación

Tecnología básica de la llanta

Llanta de tracción R-1

- 20.8R42 155 A8
  - *20.8* *Anchura de la sección transversal (")*
  - *R* *Llanta radial*
  - *42* *Diámetro del aro (")*
  - *155* *Índice de carga (carga máxima 8,550 libras)*
  - *A8* *Símbolo de velocidad (40 Kmh)*

Todas las medidas son para una llanta inflada (max. 25 MPH)

Tecnología básica de la llanta

Llanta para flotación

- 600/50-25
  - *600* — *Diámetro de la llanta (mm)*
  - *50* — *Anchura de la sección transversal (mm*
  - *25* — *Diámetro del aro (")*

Tecnología básica de la llanta

Designaciones métricas

- 710/70R-38
  - *710* — *Anchura de la sección transversal (mm)*
  - *70* — *Razón de Aspecto (altura de la pared lateral con respecto a la anchura)*
  - *R* — *Llanta radial*
  - *38* — *Diámetro del aro (")*

Todas las medidas son para una llanta inflada (max. 25 MPH)

Tecnología básica de la llanta

Tabla de carga y presión

Carga básica de la llanta para selección de la llanta

Presiones	Límites de la carga de la llanta en varias inflados "fríos"				
	psi	14	18	22	24
	kpa	100	120	150	160
Medida de la llanta	Símbolo		★		★★
20.8R42	LBS.	6150	7150 (149 A8)	8050	8550 (155 A8)
	KG	2800	3250 (149 A8)	3650	3875 (155 A8)
23.1R34	LBS.	6600	7600 (151 A8)	8550	9100 (157 A8)
	KG	3000	3450 (151 A8)	3875	4125 (157 A8)
24.5R32	LBS.	7150	8250 (154 A8)	9100	9650 (159 A8)
	KG	3250	3750 (154 A8)	4125	4375 (159 A8)

Tecnología básica de la llanta

Símbolo/índice de carga/

Medida de llanta	Símbolo	Índice de carga
20.8R42	★	149(3250kg)A8(40kmh)
	★★	155 (3875kg) A8
	★★★	159 (4375kg) A8
23.1R34	★	151 (3450kg) A8
	★★	157 (4125kg) A8
	★★★	161 (4625kg) A8
24.5R32	★	154 (3750kg) A8
	★★	159 (4375kg) A8
	★★★	164 (5000kg) A8
30.5LR32	★	159 (4375kg) A8
	★★	166 (5300kg) A8
	★★★	170 (6000kg) A8

Tecnología básica de la llanta

Símbolos internacionales de velocidad

Símbolo de velocidad	Velocidad (Km/h)	Velocidad *(MPH)	Símbolo de velocidad	Velocidad (Km/h)	Velocidad *(MPH)
A1	5	2.5	A8	40	25
A2	10	5	B	50	30
A3	15	10	C	60	35
A4	20	12.5	D	65	40
A5	25	15	E	70	43
A6	30	20	F	80	50
A7	35	22.5	G	90	

55

Tecnología básica de la llanta

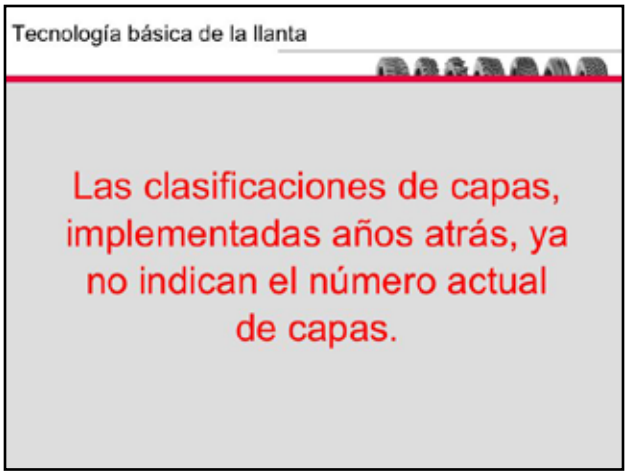
Clasificación de capas
(llanta convencional)

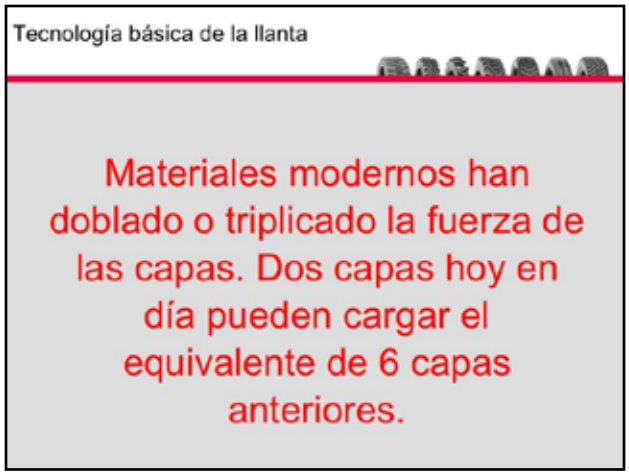
6 capas – 8 capas – 10 capas – 12 capas

Clasificación de estrellas
(llantas radiales)

* - ** - *** - **** - *****

Ambas designaciones indican una presión y capacidad de carga recomendada.


Tecnología básica de la llanta
Las clasificaciones de capas, implementadas años atrás, ya no indican el número actual de capas.


Tecnología básica de la llanta
Materiales modernos han doblado o triplicado la fuerza de las capas. Dos capas hoy en día pueden cargar el equivalente de 6 capas anteriores.

SIG PARA TOMA DE DECISIONES Y EL ESTABLECIMIENTO DE SERVICIOS CIENTÍFICO TÉCNICOS EN EMPRESAS AGRICOLAS

Mario Ernesto de León Ortiz,
Director de Manejo Agronómico del
Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar de Cuba,
Carretera Martínez Prieto, km 2½, Boyeros, C. de
La Habana. Teléfono y Fax: 260 2571.
mleon@inica.edu.cu

RESUMEN

Es objetivo de este trabajo implementar un sistema geoespacial que a través de información temática sobre catastro, suelos, cultivos, geomorfología, relieve, hidrología, vegetación e infraestructura, sirva de soporte a la toma de decisiones en las empresas agrícolas y facilite el establecimiento de servicios científico técnicos sobre el uso de fertilizantes, variedades, fitomejoramiento y control integral de malezas. Parte de la recopilación de la información primaria (gráfica y de atributos), continuando con la validación de la información, georreferenciación y, digitalización en pantalla de la información gráfica a utilizar, (previo el escaneado de las imágenes) y utilización de un SIG, con inserción posterior de algoritmos para el manejo agronómico. Resultados a alcanzar son: a) la automatización del proceso de toma de decisiones por medio de la introducción de tecnologías SIG; b) el establecimiento del catastro digital y el control automatizado del balance de áreas; c) el conocimiento al nivel de unidad mínima de manejo de los factores edafológicos que limitan la producción, permitiendo la aplicación de las medidas apropiadas de manejo y conservación de suelos; d) el balance de áreas con expresión espacial y e) la planificación, ejecución y control de las labores agrícolas en función de las características edáficas y climáticas. Constituye una aplicación diseñada expresamente para cubrir las necesidades de empresas agrícolas comerciales de grandes dimensiones, ofrece una solución integral para la administración de los campos, el presupuesto, los riegos, la fertilización, la composición varietal, el balance de cepas, el control fitosanitario, la mano de obra, los vehículos y los materiales, consolida todos los datos en una única base de datos y proporciona un mejor entendimiento de la empresa.

LA FIJACIÓN BIOLÓGICA DE NITRÓGENO: EL CASO DE LA CAÑA DE AZÚCAR

MSc. Oscar Acuña N.
Centro de Investigaciones Agronómicas
Universidad de Costa Rica.
oacuna@cia.ucr.ac.cr

RESUMEN

El nitrógeno es considerado un elemento básico e indispensable para el desarrollo y producción de la gran mayoría de los cultivos agrícolas, especialmente por su papel en la formación y síntesis de aminoácidos y proteínas. Generalmente, la incorporación del éste elemento se realiza con la aplicación de fertilizantes nitrogenados, pero, tomando en cuenta el incremento en los precios de los mismos, su baja eficiencia o aprovechamiento por los cultivos y otros problemas generados por el uso excesivo como la contaminación de fuentes acuíferas con nitratos, en los últimos años se ha dado énfasis a las investigaciones sobre otras alternativas para incorporar el nitrógeno a los cultivos. Actualmente son prioritarios los estudios relacionados con la fijación biológica de nitrógeno y el uso de insumos generados con bacterias fijadoras (biofertilizantes), ya que se puede llegar a suplir de forma eficiente y altamente aprovechable hasta 250 kg de N/ha/año a los cultivos. El cultivo de la caña de azúcar presenta asociaciones importantes con diferentes microorganismos fijadores de nitrógeno en la rizosfera, de allí que se cuenta con un alto potencial como alternativa para suplir en parte y hasta un 50% de las necesidades de este elemento en el cultivo.

EL PROCESO DE LA FIJACIÓN BIOLÓGICA DE NITRÓGENO

A pesar de que la atmósfera está constituida por casi el 80 por ciento de nitrógeno, nutriente que, junto con el agua, es factor limitante para el crecimiento de las plantas, la mayoría de los seres vivos son incapaces de aprovecharlo en la forma en que se encuentra (N2) y sólo algunos organismos procarióticos pueden reducirlo a amonio, en un proceso conocido como fijación biológica de nitrógeno. Esta incorporación de nitrógeno a los cultivos ocurre gracias a la presencia de microorganismos fijadores que generan la enzima nitrogenasa, capaz de realizar en las condiciones ambientales normales, una reacción química que, permite romper el enlace triple del nitrógeno y producir así dos moléculas de amonio, el cual puede ser asimilado por el cultivo vía sistema vascular. Esto es comparable al procedimiento industrial para la fabricación de fertilizantes nitrogenados, en donde se requiere más de 800 oC de temperatura y bastantes atmósferas de presión (proceso Haber Bosch) por el que se llegan a producir unos 70 millones de Ton de amonio al año. La cantidad global de nitrógeno fijado biológicamente se estima que puede ser alrededor de unos 200 a 250 millones de Ton/ año. La dificultad de una estimación fiel deriva de la gran variedad de microorganismos fijadores y de los diferentes ecosistemas posibles. Una parte importante de esa cifra global corresponde al nitrogeno fijado en el mar por las cianobacterias que allí se desarrollan, y algo menos de la mitad se atribuye a la fijación por microorganismos de vida libre, ya que la simbiótica, aunque sea más alta en los cultivos, está limitada a unas pocas especies vegetales.

La fijación de nitrógeno es un proceso altamente consumidor de energía. La reducción y la provisión de

los electrones necesarios requiere el consumo de bastante moléculas de ATP, hasta 24 por N2, este trabajo es llevado a cabo por la enzima nitrogenasa con el consumo de 16 moléculas de ATP por N2 reducido, según la ecuación:

$$N2 + 16ATP + 8e^- + 8H^+ = 2NH3 + 8H2 + 16ADP + 16Pi$$

Algunos fijadores libres, como *Azotobacter*, requieren hasta 100 unidades de equivalentes de glucosa por unidad de nitrógeno fijado. Por ello su significación agrícola es baja. Esta significación se incrementa considerablemente en el caso de la fijación simbiótica, como *Rhizobium*-leguminosa, donde la relación disminuye a unas 12 unidades de glucosa por unidad de nitrógeno. En este caso, además, la fuente de energía son compuestos carbonados suministrados directamente por la planta derivados de la fotosíntesis, mientras que los fijadores libres han de tomarlos del suelo donde no existen en las cantidades necesarias.

La enzima nitrogenasa, además de reducir el N2, es capaz de transferir electrones a otros substratos que también presentan un triple enlace.. Se considera que esta enzima es importante en la detoxificación del ambiente por lo se cree su participación en otros procesos antes de la reducción del nitrógeno tal como es conocida hoy. Uno de estos compuestos es el acetileno que es reducido muy eficientemente a etileno. Esta característica permite evaluar la fijación por un método rápido y sencillo y ha contribuido al un rápido avance en los conocimientos sobre el proceso de fijación a nivel bioquímico y genético, ya que con un análisis en cromatógrafo de gases, se pudo conocer que unos 20 genes estaban relacionados directamente con la reducción del N2.

LOS SISTEMAS DE FIJACIÓN DE NITRÓGENO

Dentro de la fijación simbiótica, la asociación mutualista Rhizobium-leguminosa ha sido la más estudiada por su alto potencial de fijación. La asociación de Frankia, un actinomiceto fijador, con plantas leñosas, como el baúl, tiene un interés más forestal y ecológico. Otro tipo de fijadoras lo constituyen las bacterias diazótrofas, las que no requieren de estar asociadas con algún organismo para fijar nitrógeno, por ejemplo especies de arqueobacterias, Clostridium spp. y Paenibacillus spp. De hecho, algunas de estas bacterias no se asocian a otros organismos, por lo que se conocen como fijadoras de vida libre. Otras diazótrofas se encuentran formando asociaciones con plantas pero esto no es requisito para fijar nitrógeno, como las especies del género Azospirillum y la acetobacteria Gluconacetobacter diazotrophicus. En estos casos, la caña de azucar y otras plantas de zonas cálidas son los hospederos mayoritarios pero sin la especificidad característica de las leguminosas. Estos microorganismos son fijadores claros en microaerobiosis, favoreciendo un mayor desarrollo de las plantas infectadas. La producción de sustancias promotoras del crecimiento vegetal (fitohormonas) parece ser, por lo menos en el caso de Azospirillum, la causa del efecto beneficioso encontrado cuando se usa como inóculo de la caña de azucar o maíz. Puede considerarse más que fijador un PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria), grupo que involucra microorganismos con la capacidad de producir fitohormonas, sideroforos y compuestos que como el ácido salicílico parecen inducir una resistencia sistémica en la planta contra patógenos. Las cianobacterias, algas fijadoras que pueden formar asociaciones muy interesantes con helechos, contribuyen también de forma substancial al conjunto total del nitrógeno fijado, siendo esta contribución especialmente relevante en ciertos habitats.

La importancia de la fijación biológica de nitrógeno no deriva solamente de su contribución a la nutrición de las plantas, sino también porque contrarresta el nitrógeno combinado que pasa a la atmósfera por desnitrificación, actividad microbiana muy importante en suelos poco aireados. Aunque todos los organismos y sistemas fijadores son aprovechados en agricultura, hay algunos más útiles por su eficiencia del proceso, por los niveles de nitrógeno que incorporan y por su asociación con cultivos de interés agrícola. Los sistemas potencialmente más útiles implican un hospedero con el que la bacteria establece la asociación beneficiosa.

Entre ellos, un sistema recoge lo que se llaman rizocenosis asociativas, por no formarse en la asociación microbio-planta estructuras especializadas en las raíces. Entre estas asociaciones se encuentra la formada por plantas C4 del tipo maíz o caña de azúcar y las bacterias *Gluconacetobacter, Azoarcus, Herbaspirillum* o *Azospirillum*. Aquí la bacteria fija nitrógeno a expensas del exudado radical que aprovecha muy bien al colonizar los espacios intercelulares del cortex de la raíz. Aunque estas asociaciones han dado mucho que hablar, pues se ha asociado siempre la mayor producción vegetal a la fijación de N2, por lo menos, en el caso de Azospirillum, está demostrado que el efecto beneficioso de la asociación es debido mayoritariamente a la capacidad que posee la bacteria de producir fitohormonas que determinan un mayor desarrollo del sistema radical y, por tanto, la posibilidad de explorar un volumen más amplio de suelo. Así como *Rhizobium* está evolutivamente especializado en proporcionar nitrógeno a la planta cuando se encuentra asociado a ella (las formas bacterianas que fijan nitrógeno en los nódulos, los llamados bacteroides, no se multiplican por lo que todo el nitrógeno fijado es traspasado al hospedero), el N2 que fijan estas otras bacterias no es exportado y solamente puede ser aprovechado después

de su muerte y lisis y una vez que haya sido mineralizado. El caso de *G. diazotrophicus*, descubierto después que *Azospirillum*, presenta su utilidad como PGPRs (rizobacterias que promueven el crecimiento vegetal)

ACETOBACTERIAS FIJADORAS DE NITRÓGENO EN CAÑA DE AZÚCAR

Las acetobacterias son un grupo de microorganismos gram negativos, en donde la mayoría de los géneros soportan altas concentraciones de sacarosa y sus componentes, glucosa y fructosa. Son capaces de crecer en presencia de ácido acético, produciendo acidificación cuando crecen en presencia de etanol. Actualmente la familia Acetobacteraceae está conformada por los géneros Acetobacter, Acidomonas, Asaia, Gluconobacter, Gluconacetobacter y Kozakia. Muy posiblemente las acetobacterias son de las bacterias más difundidas en ambientes relacionados con plantas, tan sólo del año 2000 a la fecha se han descrito 13 nuevas especies y dos nuevos géneros procedentes de distintos ambientes.

Entre las acetobacterias existen especies fijadoras y no fijadoras, pero de todas ellas se tiene muy poco conocimiento de su ecología. Así, no se sabe qué papel desempeñan cuando se desarrollan en las superficies de las plantas (epífitas) o en su interior (endófitas). En la familia de las acetobacterias hasta la fecha sólo se han detectado fijadores de nitrógeno en un género. Estos fijadores son las especies Gluconacetobacter diazotrophicus (anteriormente Acetobacter diazotrophicus), G. azotocaptans y G. johannae. Un indicio de su probable papel en la naturaleza lo han dado algunos experimentos de inoculación en caña de azúcar. En dichos experimentos se ha observado que las actividades de fijación de nitrógeno y de producción bacteriana de una fitohormona podrían tener un efecto de incremento de biomasa de la planta. Se ha demostrado que al menos en ciertos cultivares de caña de azúcar la inoculación de ciertos genotipos de G. diazotrophicus provocaron un importante aumento de biomasa en la planta. También en experimentos de inoculación de esta bacteria en caña de azúcar se observó que una vez en el interior de la planta, la bacteria colonizó conductos del xilema de tallo y hojas y probablemente el floema. Aunque no se ha demostrado cómo G. diazotrophicus coloniza distintos tejidos de la planta, la colonización de xilema sugiere que el mismo puede constituir una vía de movilización de la bacteria. La colonización y el establecimiento de G. diazotrophicus en la caña de azúcar son afectados por la concentración de nitrógeno disponible en un sustrato o en el suelo. La diversidad genética de las cepas de G. diazotrophicus asociadas a caña de azúcar es limitada si se compara con la de otros organismos, esta baja diversidad se relaciona con el hecho de que G. diazotrophicus es una bacteria endófita. Este organismo mantiene una tasa baja de intercambio genético a nivel genómico global, sin embargo aún no se han realizado estudios para conocer cómo se comportan a este respecto regiones limitadas de su genoma.

LA APLICACIÓN DE BIOFERTILIZANTES

El término biofertilizante se define como la utilización de microorganismos vivos para mejorar el crecimiento de las plantas, que mejoran su nutrición por una mayor disponibilidad de los nutrientes requeridos y por la producción de fitohormonas. También se utilizan los términos biocontrol y biorremediación cuando con la inoculación de microorganismos se busca incrementar la respuesta defensiva de la planta a patógenos o eliminar compuestos xenobióticos del medio. Para lograr una mayor eficiencia con la aplicación de los biofertilizantes, se deben tomar en cuenta las características del suelo, como la acidez, textura, compactación, aereación, sequía, etc. ya que influyen en la persistencia de los microorganismos.

La importancia en la adición o inoculación del suelo con bacterias fijadoras estriba en que suelos en condiciones naturales, con pocas bacterias presentes, la infección de la planta se ve reducida y el rendimiento del cultivo no logrará superar el 40 por ciento potencial. Con la inoculación con cepas efectivas se puede llegar hasta el 80 por ciento y el 20 por ciento restante sólo se obtendrá con manipulación genética y el manejo adecuado de la asociación. Los intentos de utilizar fertilizante nitrogenado para incrementar el rendimiento, aparte del costo económico que tienen, pueden inhibir el establecimiento de una asociación efectiva y el aprovechamiento del nitrógeno, ya que la FBN se ve afectada por la presencia de nitrógeno combinado en el medio. La aplicación de nitrógeno en forma de nitrato o amonio puede provocar un alargamiento del ciclo vegetativo y disminuir drásticamente la cosecha. El suministro continuo de nitrógeno derivado de la fijación va cubriendo las necesidades del cultivo, por lo menos hasta el inicio del período reproductivo, cuando el fotosintetizado se dirige al llenado del fruto.

Los biofertilizantes deben de estar constituidos por cepas seleccionadas por su alta capacidad infectiva y competitiva (posibilidad para colonizar en presencia de las cepas nativas normalmente menos funcionales), y por su capacidad para fijar nitrógeno con la especie vegetal correspondiente. En todos los inoculantes sería además deseable que las cepas que los constituyen tengan alguna estrategia que impida la transferencia genética horizontal para salvaguardar la biodiversidad de la microbiota del medio y tolerar condiciones adversas en el medio como la salinidad, sequía, pH bajo, presencia de pesticidas, etc.

Uno de los países donde se tienen mayores experiencias en el uso de biofertilizantes en caña de azúcar es Cuba, lográndose suplir hasta un 50% de las necesidades de nitrógeno del cultivo.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

1. CABALLERO-MELLADO, J. Y MARTÍNEZ-ROMERO, E.,1994. Limited genetic diversity in the endophytic sugarcane bacterium Acetobacter diazotrophicus, Appl. Environ. Microbiol.,vol.60,p:1532-1537.
2. CABALLERO-MELLADO, J., FUENTES-RAMÍREZ, L. E., REIS, V. M. Y MARTÍNEZ-ROMERO, E.,1995. Genetic structure of Acetobacter diazotrophicus populations and identification of a new genetically distant group, Appl. Environ. Microbiol., vol. 61, p: 3008-3013.
3. CAVALCANTE, V. A. Y DÖBEREINER, J. A.1988. new acid-tolerant nitrogen-fixing bacterium associated with sugarcane, Plant Soil, vol. 108, p: 23-31.
4. FUENTES-RAMÍREZ, L. E., CABALLERO-MELLADO, J., SEPÚLVEDA, J., Y MARTÍNEZ ROMERO, E.1999. Colonization of sugarcane by Acetobacter diazotrophicus is inhibited by high N-fertilization, FEMS Microbiol. Ecol., vol. 29, p: 117-127.
5. JAMES, E. K., REIS, V. M., OLIVARES, F. L., BALDANI, J. I. Y DÖBEREINER, J., 1994 Infection of the sugar cane by the nitrogen-fixing bacterium Acetobacter diazotrophicus,J.Exp.Bot.,vol.45,p:757-766.
6. JIMÉNEZ-SALGADO, T., FUENTES-RAMÍREZ, L. E., TAPIA-HERNÁNDEZ, A., MASCARÚA-ESPARZA M. A., MARTÍNEZ-ROMERO, E. Y CABALLERO-MELLADO, J.1997., Coffea arabica L., new host plant for Acetobacter diazotrophicus and isolation of other nitrogen fixing acetobacteria. Appl. Environ. Microbiol., vol. 63, p: 3676-3683.
7. MARTÍNEZ-ROMERO, E. Y CABALLERO-MELLADO, J.1996., Rhizobium phylogenies and bacterial genetic diversity, Crit. Rev. Plant Science, vol. 15, pp. 113-140.
8. ROLDÓS, J.; F. GONZÁLEZ; MARLÉN PÉREZ; E. GARCÍA; J. HERNÁNDEZ; A. GIL Y A. MENÉNDEZ. 1992**.** La aplicación de biopreparados a base de Azospirillum y su efecto sobre la productividad de la caña de azúcar. Resúmenes del I Taller Internacional sobre biofertilizantes en los Trópicos, La Habana, 127 p.
9. SEVILLA, M., DE OLIVEIRA, A., BALDANI, I. Y KENNEDY, C.1998., Contributions of the bacterial endophyte Acetobacter diazotrophicus to sugarcane nutrition: a preliminary study,Symbiosis,vol.25,p:181-196.
10. SIEVERS, M., LUDWIG, W. Y TEUBER, M. 1994.Phylogenetic positioning of Acetobacter, Gluconobacter, Rhodopila and Acidiphilium species as a branch of acidophilic bacteria in the a-subclass of Proteobacteria based on 16S ribosomal DNA sequences, Syst. Appl. Microbiol.,vol.17,p:189-196.
11. SWINGS, J.1992. The genera Acetobacter and Gluconobacter, en The prokaryotes, A. Ballows, H. Trüper, M. Dworkin, W. Harder y K.-H. eds., Schleifer Springer Verlag, 2da. ed.,cap.3,vol.3,Berlín,p:2268-2286.
12. TAPIA-HERNÁNDEZ, A., JIMÉNEZ-SALGADO, T., BUSTILLOS-CRISTALES, R., CABALLERO-MELLADO, J. Y FUENTES-RAMÍREZ, L. E.2000. Natural endophytic occurrence of Acetobacter diazotrophicus in pineapple plants, Microb. Ecol., vol. 39, p: 49-55.

INFLUENCIA DE LOS MICROORGANISMOS DEL SUELO EN LA NUTRICIÓN NITROGENADA DE LA CAÑA DE AZÚCAR

Nelson Arzola Pina y Blas Yera
INICA, Cuba GESA Cienfuegos,
E-mail: gesa@gesa.cf.minaz.cu. Teléfono 51 5134

RESUMEN

Para determinar la influencia de variaciones estaciónales sobre poblaciones de m.o. y contenidos de nitrato y amonio del suelo, se estableció un estudio en suelo Pardo sin Carbonatos con la variedad Ja 60-5 y los tratamientos suelo desnudo sin labrar y labrado, suelo con caña de azúcar y suelo con cachaza. Se encontraron diferencias en la población de m.o. del suelo, tanto en época de lluvia como de seca, lo que demuestra que el manejo agrícola influye en la vida del suelo, pero las variaciones (en particular de bacterias) fueron mayores entre periodo lluvioso y seco que entre tratamientos. Los contenidos de amonio y nitrato fluctuaron (0-70 y 0-60 ppm, respectiva-mente) en el tiempo, en un mismo suelo y tratamiento, lo que se atribuye a fluctuaciones climá-ticas y confirma que en condiciones tropicales el análisis de suelo no es confiabilidad para el diagnostico de la necesidad de fertilizantes nitrogenados en caña de azúcar. También sugiere que de complementarse el análisis de suelo con indicadores ambientales que influyan en la actividad microbiana y establecerse modelos matemáticos adecuados, será posible calcular el suministro de N asimilable del suelo y sincronizarlo con la demanda del cultivo, y optimizar así el uso de fertilizantes nitrogenados. En suelos con fuertes condiciones de reducción y deficiente aireación, es pobre la tasa de mineralización de MO, y se favorece el proceso de desnitrificación biológica de N, aumentan sus pérdidas y se incrementa la necesidad de fertilizante para cubrir la demanda del cultivo. En suelos de textura ligera la buena aireación favorece la actividad microbiana por lo que se mineraliza con rapidez la MO y disminuyen las reservas de N. Se obtuvieron buenos resultados con la aplicación de biopreparados de *Azospirillum* (75-100 L/ha) como sustituto de la fertilización nitrogenada en caña de azúcar, pero su diagnostico preciso requiere aun de mayor conocimiento sobre las condiciones edáficas, climáticas y de manejo agronómico.

POTENCIAL DE SECUESTRACIÓN DE CARBONO EN SUELOS DE PLANTACIONES DE CAÑA DE COSTA RICA

Alfredo Alvarado
Centro de Investigaciones Agronómicas, UCR
alfredoa@cariari.ucr.ac.cr

I. INTRODUCCIÓN

El tema de secuestración de carbono en suelos es relativamente nuevo en el ambiente científico de Costa Rica. A pesar de que la acumulación de materia orgánica en el suelo se estima de rutina en estudios de mapeo y de fertilidad de suelos, no es sino hasta hace pocos años que se comienza a estudiar esta fracción en proyectos de corte ambiental. La idea empresarial detrás de los proyectos de secuestración de carbono, es recibir un pago por servicios ambientales que cubra los costos de implementación y deje alguna ganancia adicional; además, se espera que la implementación de este tipo de proyectos ayude a formar una imagen ambiental positiva de la empresa.

Para llevar a cabo un programa de este tipo, es imprescindible determinar el contenido de materia orgánica en los diferentes horizontes del suelo hasta un metro de profundidad, además de otras variables que posibiliten expresar los resultados en peso por volumen (p.e., grosor de los horizontes y densidad aparente). Históricamente, los compuestos orgánicos se reconocían de acuerdo a su presencia en sistemas con diferente condición nutritiva y de régimen hídrico, con los términos de mull, mor, moder y humus bruto. Posteriormente, se desarrolló la tecnología de fraccionamiento de la materia orgánica del suelo y comienza a utilizarse la nomenclatura de ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, ácidos himatomelánicos y huminas. Recientemente, el carbón orgánico total del suelo se separa en dos fracciones, a saber, la fracción gruesa de partículas orgánicas ligeras, relacionadas con la fracción arena del suelo (residuos de plantas descompuestos y de bacterias, algas y hongos que puede descomponerse relativamente rápido) y la fina, ligada a la fracción limo y arcilla y considerada como más estable (Guggenberger y Zech 1999; Russell *et al.* 2004). Sin embargo, para los estudios de secuestración de carbono, solo se requiere determinar el contenido de materia orgánica del suelo, sea por métodos de digestión húmeda o seca.

En cuanto a la materia orgánica se refiere, su cantidad en el suelo depende del reciclaje de los residuos que se aporten, proceso que se ve afectado por una serie de variables que incluyen, entre otras: 1) los factores ambientales que determinan los procesos de adición y mineralización de los residuos adicionados, 2) el tipo y calidad de los residuos, 3) forma en que se depositan los residuos en el suelo, 4) de factores edáficos específicos (por ejemplo, número y tipo de organismos, condiciones de aireación, etc) y 5) condiciones impuestas por el cambio en uso del sitio (por ejemplo, quemas, cambios en temperatura y humedad bajo la nueva cobertura, longitud del período y usos que se le haya dado al ecosistema desde la tumba del bosque original).

En el caso de los suelos minerales (se excluyen los Histosoles o suelos orgánicos), es común encontrar residuos sobre el suelo en diferente grado de descomposición y otra fracción dentro del suelo, comúnmente conocida como humus. El término humus también se puede referir a toda la fracción orgánica del perfil del suelo e incluye hojas sin descomponer, conocidas como mantillo, residuos parcialmente descompuestos finamente divididos y residuos descompuestos resistentes o humus propiamente dicho que puede acumularse en los horizontes inferiores de los suelos, normalmente acomplejado con compuestos arcillosos (Samra y Riazada 2002).

En el presente trabajo se utiliza la información disponible y confiable sobre contenido de materia orgánica del suelo, relacionada con la génesis y formación de los suelos del país, así como otra proveniente de estudios de tipo ambiental disponible (Holdridge *et al.* 1971),

para estimar el potencial de secuestración de carbono en suelos de Costa Rica.

II. CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO EN FUNCIÓN DE LA ZONA DE VIDA

El efecto de las comunidades naturales sobre la acumulación de carbono en el suelo se conoce desde hace algún tiempo (Heal *et al.* 1997) y se documenta más recientemente en Australia (Khanna *et al.* 2000) y África (Berhard y Loumeto 2002). El efecto sobre la acumulación de materia orgánica ejercido por las variables ambientales temperatura y precipitación, asociadas al relieve y combinadas en el concepto de zona de vida, se observa en el Cuadro 1.

Al comparar los datos del piso tropical (nivel del mar) con los del piso montano a más 2500 msnm se puede inferir el efecto de la temperatura ambiente sobre al contenido de materia orgánica del suelo, mientras que el efecto de la humedad se observa al comparar los valores del bosque seco con los del bosque pluvial. En ambos casos ocurre un aumento significativo del contenido de materia orgánica tanto del suelo como del subsuelo, asociado a una disminución de la temperatura y a un aumento de la cantidad de precipitación pluvial. Sin embargo, en otras partes del mundo, a mayor elevación se alcanza un piso altitudinal sobre la zona de condensación, por lo que el aire es seco y frío, en el que ocurren con frecuencia heladas y caída de granizo, dando paso a la formación de ecosistemas desérticos en los cuales la adición de residuos es mínima, como ocurre en los altiplanos y picos nevados de la región andina de Sur América.

Para el caso del cultivo de la caña de azúcar, habría que considerar que en todos los casos en Costa Rica, se estaría en las zonas de vida tropical seca y húmeda, así como el premontano húmedo, es decir en el área ecológica donde se espera una menor cantidad de secuestración de carbono en el suelo.

La producción de biomasa en los bosques de altura es menor que la de los bosques de bajura debido, entre otras, a una menor tasa de fotosíntesis y exposición a vientos fuertes, lo que incide en una menor cantidad de residuos adicionados al suelo. La cantidad de residuos que caen al suelo en bosques naturales de Costa Rica decrece con al altura sobre el nivel del mar en el orden de 9.0, 6.6, 5.8 y 5.3 t/ha/año a alturas de 100, 1000, 2000 y 2600 msnm, respectivamente (Heaney y Proctor 1989); en otros casos, la cantidad caída depende de que los árboles se encuentren como monocultivo o asociado con otras especies (Babbar y Ewel 1989). Sin embargo, la mayor acumulación de residuos en ecosistemas de montaña que en regiones tropicales bajas ocurre debido a que: 1) su contenido de N decrece con la altura (Heaney y Proctor 1989), 2) a que su concentración de compuestos fenólicos aumenta con la elevación del terreno sobre el nivel del mar (Montagnini y Jordan 2002), por lo que su tasa de mineralización disminuye e induce una limitación de N en la vegetación en estos ecosistemas (Tanner *et al*. 1998), 3) a que el número de géneros y especies de artrópodos en la hojarasca de bosques también disminuye con la altura (Bruhl, Mohamed y Liusenmair 1999) y 4) a que la mineralización de los residuos en esos ecosistemas está asociada a la presencia de Andisoles con arcillas de bajo rango de cristalización (Powers and Schlesinger 2002a).

III. EFECTO DE LA GÉNESIS DEL SUELO SOBRE SU CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA

Los procesos de formación del suelo, inciden sobre sus propiedades y por ende sobre su contenido de materia orgánica. Como en Costa Rica es posible encontrar todos los órdenes de suelos del mundo, excepto los suelos de desierto (Aridisoles) y los suelos congelados (Gelisoles), es factible relacionar su contenido de materia orgánica con su génesis ya que se conoce el área

CUADRO 1

Variación del contenido de materia orgánica del suelo y del subsuelo en función de la zona de vida (confeccionado con datos de Holdridge *et al.* 1971).

Zona de Vida	Seco	Húmedo	Lluvioso	Pluvial	PROMEDIO
			Mat. Org. %		
Tropical	3.3/1.0 (7)	3.3/0.9 (7)	4.3/1.3 (13)		3.6/1.1 (27)
Premontano		6.3/2.8 (2)	6.9/2.20(6)	6.6/2.0(5)	6.6/2.3 (13)
Montano Bajo		4.9/1.6 (1)	19.1/4.9 (1)	20.4/6.7 (3)	14.8/4.4 (5)
Montano				19.8/-- (1)	19.8/R (1)
PROMEDIO	3.3/1.0 (7)	4.8/1.8 (10)	10.1/2.8 (20)	15.62/4.31 (9) 15.62/4.3115 15.6/4.3 (9)	

cubierta por cada orden de suelo, así como sus principales características (Bertsch *et al.* 2000).

En el caso de Costa Rica, algunos suelos orgánicos (Histosoles) se han descrito como superficies de poca profundidad sobre roca sólida en Talamanca, horizontes orgánicos intercalados con depósitos fluvio lacustres en los alrededores del Lago de Nicaragua y capas un poco más gruesas de materiales orgánicos mezcladas con depósitos de cenizas volcánicas del mismo espesor en la cuenca del río Parismina. Aparte de estos sitios, asociados a condiciones de catatrosfismo, tales como erupciones volcánicas, terremotos y la elevación de masas continentales con efectos de glaciación (Cohen *et al.* 1986), otros factores que tienen que ver con la acumulación de materia orgánica en el suelo ha sido descritos por Lal y Kimble (2000) y Buurman *et al.* (2004), quienes destacan que el mecanismo de mineralización de los residuos depende de que estos se adicionen sobre o dentro del suelo (Cuadro 2).

El análisis del contenido de materia orgánica del suelo de 167 muestras de suelo superficial de Centro América (Díaz-Romeu *et al.* 1970), incluyendo Andosoles (56), Litosoles (21), Fluvisoles (20) y Cambisoles (32), permite observar que el valor promedio fue de 2.96 (ámbito 0.4-12.0 %) y que el 57 % de las muestras tenían un valor superior a 5 % (Figura 1); los autores encontraron una correlación significativa entre el contenido de materia orgánica del suelo y la cantidad de precipitación pluvial, la zona de vida (*sensu* Holdridge *et al.* 1971) y el pH del suelo, con los valores más elevados en Andosoles y Cambisoles.

Cabalceta (1993) realizó otro estudio para evaluar el contenido de nutrimentos disponibles en suelos de Costa Rica, incluyendo el contenido de material orgánica, en el cual se incluyeron 25 muestras de suelos de los 4 órdenes de suelos más representativos del país (Cuadro 3). El autor menciona que el contenido de materia orgánica del horizonte A de los suelos varió en el orden Vertisoles < Inceptisoles < Ultisoles < Andisoles; se nota que entre más alto es el valor promedio para cada orden de suelos, mayor es su rango de variación. Resultados similares encontraron Velayutham *et al.* (2000 en un número mayor de tipos de suelos de la India. Así, en plantaciones de caña en Guanacaste (p.e. sobre Vertisoles), la posibilidad de secuestrar carbono estaría entre el valor mínimo de 1.6 % y el máximo de 5.9 %, mientras que en Naranjo y Grecia (p.e. sobre Andisoles) se podrían secuestrar cantidades mucho mayores (desde 4.8 se podría llegar hasta 24.0 %).

No obstante que el contenido de materia orgánica del suelo puede ser elevado hasta el valor máximo de cada orden, los datos de adición de compuestos orgánicos en sistemas de agricultura orgánica indican que elevar el contenido de esta fracción en los suelos es muy difícil. Schelinger (2000) menciona que solamente una pequeña parte de la material orgánica adicionada en sistemas de agricultura de conservación o proveniente de la regeneración de vegetación nativa en terrenos abandonados se acumula en el suelo en regiones tropicales.

CUADRO 2
Factores principales que determinan la acumulación y disminución de la materia orgánica del suelo.
(Adaptado de Lal y Kimble 2000 y Buurman *et al.* 2004).

Disminución de la materia orgánica	Aumento de la materia orgánica
Adiciones sobre el suelo	
Valores máximos de temperatura, aireación y denitrificación del suelo	Valores mínimos de temperatura, aireación y denitrificación del suelo
Deforestación mecanizada asociada a quemas	Limpieza manual de los terrenos y siembra de cultivos de cobertura
Arado convencional y monocultivos	Labranza mínima y cultivos intercalados
Agricultura con bajos insumos	Agricultura de presición
Erosión acelerada	Medidas de control de erosión
Salida de nutrimentos y degradación del suelo	Restaurración y mejoramiento de la fertilidad del suelo
Adiciones dentro del suelo	
Estado nutricional alto	pH bajo
Residuos de alta calidad	Alta sturación de Al o contenido de alofana
Buena disponibilidad de oxígeno	Saturación con agua
	Complejos organo-minerales
	Protección dentro de ls agregados por oclusión
	Residuos de baja calidad

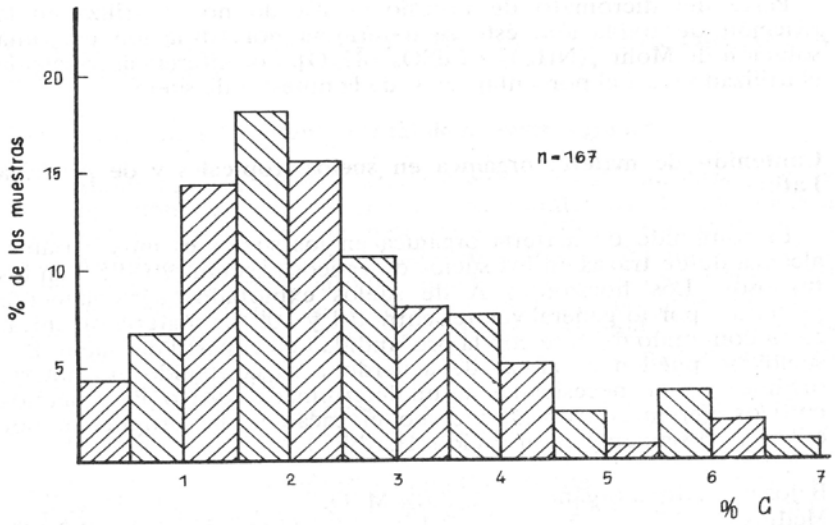


Figure 1. Frecuencia de distribución del contenido de carbono (horizonte A) de algunos suelos de Centro América (Tomado de Díaz-Romeu, ***et al.*** 1970).

CUADRO 3
Contenido de materia orgánica en 100 muestras de suelo superficial de Vertisoles. Inceptisoles, Ultisoles y Andisoles (25 A horizons de cada orden) de Costa Rica (Adaptado de Cabalceta 1993).

Orden de Suelo	Mínimo	Máximo	Promedio
	Contenido de Materia Orgánica (%)		
Vertisoles (n= 25)	1.6	5.9	3.5
Inceptisoles (n= 25)	1.0	9.9	4.2
Ultisoles (n= 25)	1.9	9.7	5.7
Andisoles (n= 25)	4.8	24.0	10.9

IV. RECICLAJE DE RESIDUOS ORGÁNICOS DEPOSITADOS SOBRE EL SUELO

La acumulación de material orgánico en el suelo depende de que la adición de residuos ocurra sobre o dentro del suelo. La transformación de los residuos a humus ocurre en una secuencia de pasos desde que la materia orgánica cae, luego se fragmenta y posteriormente se mezcla con el suelo; se considera que una mayor producción de residuos debe resultar en un incremento de carbón orgánico en el suelo, cuando los demás factores que afectan su descomposición son iguales (Russell *et al.* 2004).

Cuando los residuos se adicionan sobre el suelo, se puede utilizar varias ecuaciones para describir su velocidad de descomposición (Soto *et al.* 2002). Entre ellas:

(1) $Y = \Theta_o e^{-kx} + \varepsilon$ (exponencial simple);
(2) $Y = \Theta_o e^{-k1x} + (\Theta_1 - \Theta o) e^{-k2x} + \varepsilon$ (exponencial doble);
(3) $Y = \Theta_o + (\Theta_1 - \Theta o) e^{-kx} + \varepsilon$ (asintótica).

De acuerdo con varios autores (Sauerbeck y González 1977; Babbar y Ewel 1989; Vargas y Flores 1995; Byard, Lewis y Montagnini 1996; Soto *et al.* 2002), en Costa Rica el modelo asintótico es el que mejor representa la manera en que una única adición de residuos adicionados sobre el suelo se mineraliza en el suelo empleando bolsas de descomposición (Figuras 2 y 3). Sin embargo, cuando la adición de residuos sobre el suelo es constante, el uso de un modelo lineal que representa diferentes estados de descomposición, presenta un mejor ajuste matemático (Heal *et al.* 1997).

V. RECICLAJE DE RESIDUOS ORGÁNICOS DEPOSITADOS DENTRO DEL SUELO

Cuando lo residuos se adicionan dentro del suelo (Buurman, Ibrahim y Amézquita 2004), la acumulación de carbón en el mismo (Cs) depende de la cantidad de material depositado y de su velocidad de descomposición, según la ecuación

(4) $C_s = F_1 (1 - k_f) / k_h$,

en la cual C_s se expresa como masa por unidad de superficie, F_1 = deposición de residuos (masa por unidad de superficie por año), k_f = fracción de residuos que se descompone en un año y k_h = fracción de humus descompuesta por año. Esta expresión matemática es válida para la fracción de humus con diferentes tiempos de descomposición o un tiempo medio de permanencia de $1/k_h$. En este caso la acumulación de carbón orgánico está muy relacionada a: 1) la descomposición natural de raíces finas (humificación) dentro del suelo, 2) la descomposición de raíces finas en especies deciduas por poda natural durante la estación seca (Ordóñez 2003), 3)

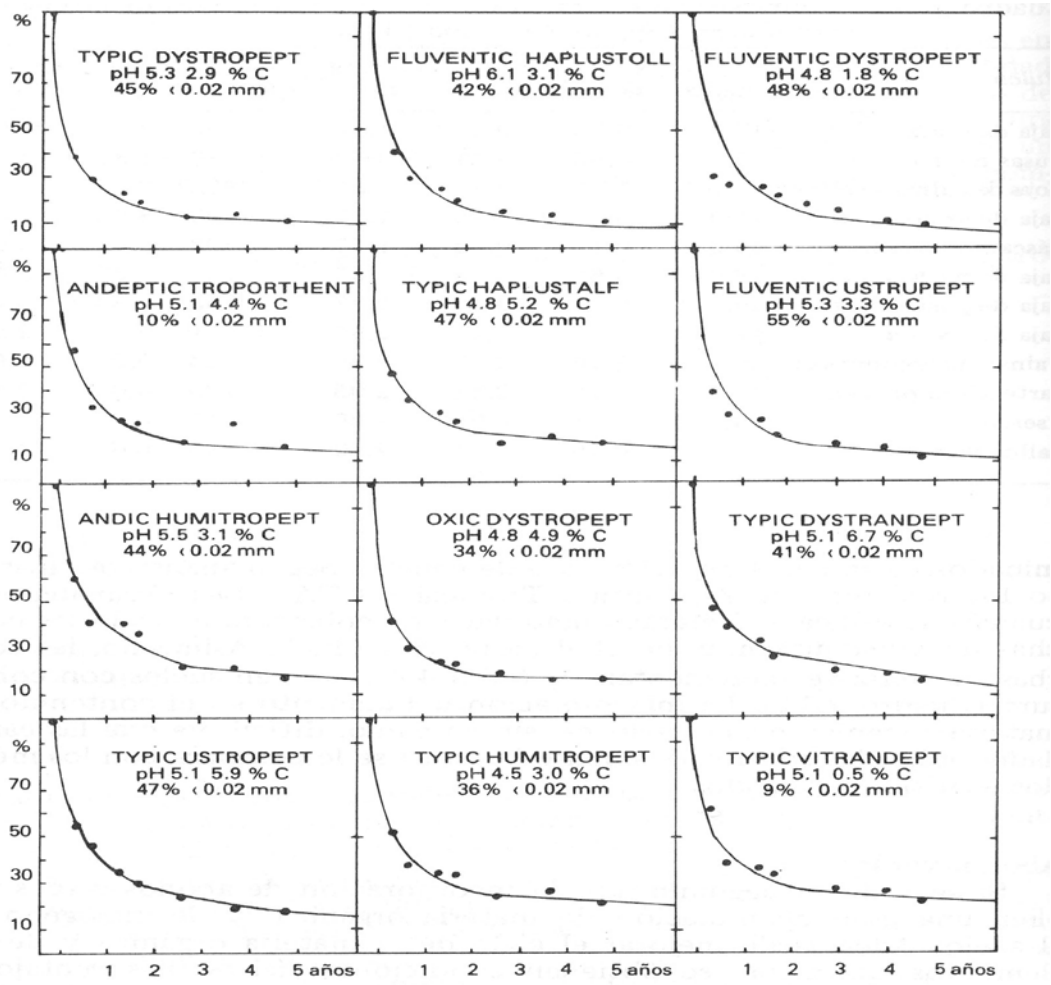


Figura 2. Descomposición de residuos trazados con (14)C en varios tipos de suelo y clima de Costa Rica (tomado de Sauerbeck y González 1977).

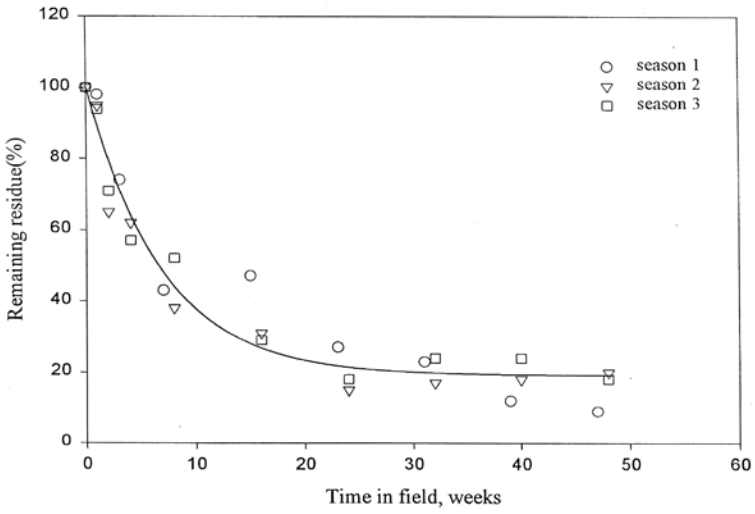


Figura 3. Pérdida de peso de residuos de palmito en bolsas de descomposición a través del tiempo en condiciones de campo durante 3 períodos de lluvia y verano en Guápiles, Costa Rica ($Y = 19.11 + (100 - 19.11)\, e^{-0.1472x}$) (Tomado de Soto ***et al.*** 2002).

corta de raíces al preparar el terreno (Veldkamp 1994), 4) descomposición de raíces por efecto de podas y 5) descomposición de la biomasa microbial.

La recuperación de C en los horizontes inferiores del suelo es mayor que la recuperación de C en el suelo superficial, debido a la acumulación de residuos y fracciones húmicas de alto peso molecular en sus capas superiores (Alvarado 1974). Van Dam, Veldkamp y Breemen (1997) encontraron que la velocidad de descomposición de materia orgánica en el suelo decrece fuertemente con la profundidad del mismo y que el transporte por difusión por si solo, no es suficiente parra simular el movimiento de C en el subsuelo; los valores deben ser aumentados para explicar el proceso de descomposición y la dinámica de la materia orgánica y de delta (13)C y delta (14)C en estos horizontes. Cleveland *et al.* (2004) concluyen que con el tiempo, bajo la presencia de reacciones físico-químicas en la superficie de las partículas del suelo, la disolución de fracciones húmicas (hidrofóbicas) es más abundante que la de la fracción no-húmica (hidrofílica); siendo esta última fracción la que migra con más facilidad hacia las capas interiores de suelo. Tanto Cleveland *et al.* (2004) como Powers y Schlesinger (2002a,b), concluyen que los cambios con la profundidad del suelo de la fracción isotópica del delta (13)C, no se pueden explicar por la absorción por los microorganismos de material orgánica disuelta, ni por la diferencia en composición de los residuos y de las raíces.

La quema de la vegetación tanto en forma natural como inducida, causa una pérdida importante de la material orgánica del suelo (Ewell *et al.* 1981), pero permite que se convierta hasta el 2% de la biomasa quemada en carbón mineral, fracción que tiene un tiempo de residencia relativamente largo en el suelo (Cuadro 4).

CUADRO 4
Edad de trozos de carbón encontrados en suelos de algunas partes del mundo (Adaptado Horn y Sanford 1992; Buurman *et al.* 2004).

Lugar	Edad años A.P.
North Queensland, Australia	27,000-12,000
Borneo	17,00-350
Amazon, Rio Negro	6,000-250
La Selva, Costa Rica	2,430
Chiripó, Costa Rica	1,180-1,100

VI. LA MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO Y EL MANEJO DE LOS ECOSISTEMAS (PLANTACIONES DE CAÑA)

En condiciones de bosques tropicales naturales, Akinnifesi, Tian y Kang (2002) consideran que el contenido de materia orgánica del suelo aumenta durante la etapa de crecimiento rápido de los árboles (0-5 años), tiende a estabilizarse cuando los árboles cierran la copa y posteriormente alcanzan su crecimiento máximo (5-10 años) y disminuye una vez que los árboles alcanzan su crecimiento máximo (10-20 años) y alcanzan un estado de equilibrio o de pérdida de actividad biológica, un mayor acúmulo de C en la biomasa, un alargamiento del sistema radical en la superficie del suelo y posiblemente una menor contribución de carbono del sotobosque, el cual se ve suprimido por falta de luz, lo que aumenta la escorrentía sobre el suelo y la erosión.

Al contrario del proceso de acumulación natural de humus en el suelo, como consecuencia de la deforestación y la extracción de biomasa producto de la remoción total del bosque, típica de la agricultura migratoria, o la extracción de madera y otros productos vendibles, ocurren varios cambios. Al exponerse la superficie del suelo, se acelera el lavado de nutrimentos, de manera que la reposición de los mismos por el proceso de mineralización de la materia orgánica no compensa por la pérdida; otros cambios causan que disminuya: 1) la adición de residuos, 2) su velocidad de descomposición, 3) el contenido de materia orgánica del suelo, 4) la velocidad de la evapotranspiración, 5) la fotosíntesis, 6) el calor latente (aumento de la temperatura del suelo), 7) la diversidad biológica y 8) de la humedad del suelo ya que al aumentar 9) la densidad aparente, 10) aumenta la compactación y se reduce 11) la velocidad de infiltración (Ewell *et al.* 1981; Raich 1983; Veldkamp 1994; Johnson y Wedin 1997; van Dam, Veldkamp y van Bremen 1997; Guggenberger y Zech 1999; Powers 2001, 2004; Powers y Schlesinger 2002a,b; Costa *et al.* 2002; Hartemink 2003).

Hartemink (2003), documenta la disminución del contenido de materia orgánica en plantaciones de caña de azúcar quemadas antes de la cosecha en varios países, mencionando al menos un caso en el que el contenido de materia orgánica del suelo bajo plantaciones de caña por 50 años es 46 % menor que el encontrado bajo vegetación de bosque natural (Cuadro 4). En el Cuadro

5 se incluye información similar por orden de suelos, sin que se note un efecto significativamente importante debido al tipo de suelo, o el efecto se vio enmascarado por otras prácticas de manejo de las plantaciones de caña. En este estudio, también se deja abierta la pregunta sobre el posible efecto de quemar o no a presiembra, o la cosecha de residuos, sobre el contenido de materia orgánica del suelo, asunto que abre posibilites reales de elevar o disminuir esta fracción en el suelo, sobretodo en Andisoles alrededor del Valle Central.

CUADRO 5
Contenido de C en suelos (0-20 cm prof.) bajo bosque y plantaciones de caña de 12 y 50 años (Tomado de Hartemink 2003).

Contendido de C Mg ha-1	Bosque	Plantaciones de caña	
		De 12 años	De 50 años
Total	71.9	44.6	38.5
Originario del bosque	71.9	36.0	21.0
Originario de la plant. de caña		8.6	17.3

CUADRO 6
Cambios en el contenido de carbono del suelo en plantaciones de caña de azúcar en los trópicos (Tomado de Hartemink 2003).

Orden de Suelo	Años con caña de azúcar	Prof. de muestreo (cm)	C (g/kg)
Alfisol	14	0-15	-0.8
Alfisol	14	15-30	-0.4
Alfisol	14	45-60	+0.3
Alfisol	20	0-5	-3.7
Alfisol	20	50-60	+0.6
Alfisol	20	0-15	-18.0
Alfisol	20	15-50	-7.0
Fluvent	90	0-5	+1.1
Fluvent	90	50-60	+1.5
Inceptisol	35	0-5	-6.6
Inceptisol	35	50-60	+9.1
Oxisol	17	0-15	-2.0
Oxisol	17	15-30	+0.4
Oxisol	17	45-60	-0.4
Oxisol	20	0-20	-15.0
Oxisol	20	20-40	-11.0

VII. CONTENIDO DE MATERIAL ORGÁNICA EN SUELOS DE COSTA RICA

El contenido de material orgánica de los suelos de Costa Rica se estimó utilizando dos bases de datos diferentes. En el primer caso, se utilizaron datos de Holdridge *et al.* (1971), considerando solamente en y el área de cada una de las zonas de vida en el país (un total de 51 perfiles); en el segundo caso, se consideraron los perfiles de trabajos de clasificación de suelos confiables para cada orden de suelo del país (111 perfiles en total).

En ambos casos, se asumió que (1) cada zona de vida u orden de suelo es homogéneo (no presentan impurezas de otros tipos de vegetación o de orden de suelos), (2) los cambios climáticos de los últimos 50 son "irrelevantes", y (3) todos los aspectos de manejo mencionados en la sección IV se combinan en el enfoque por orden de suelos. En todos los casos, se considera una superficie de suelo de 1 m^2 (10^4 cm^2) y se multiplica por su densidad aparente (g / cm^3) * contenido de materia orgánica (g / g) * grosor del horizonte (cm) * 10^4 (m^2 en una hectárea) para obtener los g de MO./ horizonte / ha. La sumatoria de todos los valores hasta una profundidad de 0.3 o 1.0 m permite calcularla información para estas dos capas del suelo. El ultimo cálculo se realizó por medio de regresión entre los valores de material orgánica a 0.3 m y 1.0, de manera que, conociendo el valor del primer estrato pueda calcularse el del segundo (Cuadros 6 y 7).

Si se considera el contenido de material orgánica de acuerdo a cada zona de vida (Cuadro 6), se calcula que el país puede almacenar 1348.2 Tg de materia orgánica en el suelo. Como se mencionó en la Sección II, el contenido de material orgánica aumenta al disminuir la temperatura ambiente e incrementa la cantidad de lluvia de la zona de vida. Sin embargo, como la contribución de cada zona de vida al total de materia orgánica acumulado depende de su extensión, la mayor contribución ocurre en el Premontano lluvioso (391.0 Tg), en el Tropical húmedo (203.2 Tg) y en el Premontano húmedo (172.9 Tg), respectivamente. Los valores de correlación entre los contenidos de material orgánica en el suelo y el subsuelo son razonablemente aceptables, lo que permite estimar el último valor a un costo de análisis más bajo.

Si se considera el contenido de material orgánica de acuerdo a cada orden de suelo, se calcula que el país puede almacenar 1348.2 Tg de materia orgánica en el suelo 1445.7 Tg (Cuadro 7), valor mayor que el encontrado cuando el cálculo se realiza por zonas de vida, pero dentro de consideraciones razonables. Como se

CUADRO 7
Contenido de material orgánica del suelo en Costa Rica calculado por zona de vida.

ZONA VIDA (ZV)	Extensión ha	Mg MO a prof. de (m)		MO / ZV Tg	Muestra No	Ecuación de regresión	Coeficiente regresión
		x = 0,3	Y = 1				
Bosque seco	150328	82,7	142,9	21,5	7	y = 1,2697x + 37,852	0,955
Bosque húmedo	1058193	119,9	192,0	203,2	7	y = 1,4993x + 49,034	0,5945
Bosque lluvioso	1083652	86,9	144,4	156,5	13	y = 1,1008x + 4,7945	0,9127
Premontano húmedo	556748	193,5	310,5	172,9	2	nd	nd
Premontano lluvioso	1217681	191,6	321,1	391,0	6	y = 2,6939x - 59,582	0,9598
Premontano pluvial	445335	86,1	291,2	129,7	5	y = 6,283x - 249,47	0,9803
Montano bajo húmedo	137621	309,6	586,2	80,7	3	y = 1,7414x + 220,37	0,9994
Montano húmedo	335478	188,2	342,0	114,7	1	nd	nd
Montano lluvioso	1872	228,3	420,8	0,8	1	nd	nd
Montano pluvial	118678	244,3	651,6	77,3	6	y = 1,4338x - 24,441	0,9372
COSTA RICA	5105586			1348,2	51		

CUADRO 8
Contenido de material orgánica del suelo en Costa Rica calculado por orden de suelo.

ORDEN SUELO (OS)	Extensión ha	Mg MO a prof. de (m)		MO / OS Tg	Muestras No	Ecuasión regresión	Coeficiente regresión
		x = 0,3	y = 1				
Inceptisoles	1975940	127,5	249,4	492,8	27	y = 2,1565 x - 17,388	0,8411
Ultisoles	1068943	138,4	244,6	261,5	15	y = 2,0729 x - 42,378	0,7764
Andisoles	749852	222,0	401,8	301,3	14	y = 1,8351 x - 5,6576	0,9133
Entisoles	626940	116,7	286,1	179,4	8	y = 1,3424 x + 129,44	0,5315
Alfisoles	487227	156,7	260,7	127,0	8	y = 1,4003 x + 41,212	0,8051
Vertisoles	78446	111,2	223,8	17,6	20	y = 1,6993 x + 34,82	0,7232
Mollisoles	68972	144,0	269,2	18,6	16	y = 1,8974 x - 4,1355	0,8006
Histosoles	49266	362,6	967,3	47,7	3	y = 8,2793 x - 2035,1	0,9619
COSTA RICA	5105586			1445,7	111		

mencionó en la Sección III, el contenido de materia orgánica refleja la génesis del orden de suelo y aumenta en el orden Entisoles << Ultisoles = Inceptisoles < Mollisoles = Alfisoles << Andisoles << Histosoles). Sin embargo, como la contribución de cada orden de suelo depende de su cobertura en el país, los Inceptisoles secuestran más (492.8 Tg) que los Andisoles (301.3 Tg) y estoa a su vez más que los Ultisoles (261.5 Tg). En este caso, las correlaciones entre las dos capas de suelo consideradas fueron altamente significativas, excepto para el orden de los Entisoles.

VIII. LITERATURA CITADA

1. Akinnifesi, F.K., Tian, G. y Kang, B.T. 2002. Tree performance, soil plant-litter characteristics and faunal activity in some tropical plantations. In. Reddy, M.V. (ed.). Management of tropical plantation-forests and their soil-litter systems. Science Publishers, Inc. New Hampshire, USA. pp 253-288.

2. Alvarado, A. 1974. A volcanic ash soil toposequence in Costa Rica, Central America. Thesis M.Sc., N.C. State University. Raleigh, North Carolina. 89p.

3. Babbar, L.I. y J.J. Ewell. 1989. Descomposición del follaje en diversos ecosistemas sucesionales tropicales. Biotropica 21(1): 20-29.

4. Berhard, F. y J.J. Loumeto. 2002. The litter systems in African forest-tree plantations. In Reddy, M.V. (*ed*.) "Management of tropical plantation-forest and their soil-litter system". Science Publisher, Inc. Enfield, USA. : 11-39.

5. Bertsch, F., A. Alvarado, C. Henríquez y R. Mata. 2000. Properties, geographic distribution, and major soil orders of Costa Rica. In Ch.A.S. Hall (ed.). "Quantifying Sustainable Development". Academic Press. San Diego, CA : 265-294.

6. Bornemisza, E., M. Constenla, A. Alvarado, E.J. Ortega y A.J. Vázquez. 1979. Organic carbon determination by the Walkley-Black and dry combustion methods in surface soils and Andept profiles from Costa Rica. Soil Sc. Soc. Am. Proc. 43(1):78-83.

7. Bruhl, C.A., Mohamed, M. y Liusenmair, K.L. 1999. Altitudinal distribution of leaf litter ants along a transect in primary forest on Mount Kinabalu, Sabah, Malaysia. Journal of Tropical Ecology 15(3): 265-277.

8. Buurman, P., M. Ibrahim y M.C. Amézquita. 2004. Mitigation of greenhouse gas emissions by tropical silvopastoral systems: optimism and facts. In L. Mannetje, L. Ramírez, M., C. Ibrahim, J. Sandoval, M. Ojeda and J. Ku (*eds*). "The importance of silvopastoral systems for providing ecosystems services and rural livehoods". Mérida, México : 61-72.

9. Byard, R., K.C. Lewis y F. Montagnini. 1996. Leaf litter decomposition and mulch performance from mixed and monospecific plantations of native tree species in Costa Rica. Agriculture, Ecosystems & Environment 58:145-155.

10. Cabalceta, G. 1993. Niveles críticos de fósforo, azufre y correlación de soluciones extractoras en Ultisoles, Vertisoles, Inceptisoles y Andisoles de Costa Rica. Thesis Mg. Sc. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 167 p.

11. Cleveland, C.C., J.C. Neff, A.R. Townsend y E. Hood. 2004. Composition, dynamics, and fate of leached dissolved organic matter in terrestrial ecosystems: results from a decomposition experiment. Ecosystems 7:275-285.

12. Cohen, A.D., R. Raymond, S. Mora, A. Alvarado y L. Malavassi. 1986. Características geológicas de los depósitos de turba en Costa Rica (preliminary report). Rev. Geol. Amer. Central 4:47-67.

13. Costa, E.S., Luizao, F.J., Luizao, R.C. y McMillan, A. 2002. Litter layer dynamics and soil microbial biomass in reforested areas alter degradation by bauxite mining in eastern Amazon. In. Reddy, M.V. (ed.). Management of tropical plantation-forests and their soil-litter systems. Science Publishers, Inc. New Hampshire, USA. pp 129-147.

14. Díaz-Romeu, R., F. Balerdi y H.W. Fassbender. 1970. Contenido de materia orgánica en suelos de América Central. Turrialba 20(2): 185-192.

15. Ewell, J.J., C.W. Berish, B.J. Brown, N. Price y J.W. Raich. 1981. Slash and burn impacts on a Costa Rican wet forest site. Ecology 62(3): 816-829.

16. Guggenberger, G. y W. Zech. 1999. Soil organic matter composition under primary forest, pasture, and secondary succession, Region Huetar Norte, Costa Rica. Forest Ecology and Management 124(1):93-104.

17. Hartemink, A.E. 2003. Soil fertility decline in the tropics with case studies on plantations. CABI Publishing, England. 360 p.

18. Heaney , A. y Proctor, J. 1989. Chemical elements in litter in forests on Volcán Barba, Costa Rica. In. J. Proctor (ed.) Mineral nutrients in tropical forest and savanna ecosystems. The British Ecological Society, Special Publ. No. 9. Blackwell Scientific Publications. Oxford, England. pp 255-271.

19. Heal, O.W., J.M. Anderson y M.J. Swaift. 1997. Plant litter quality and decomposition: an historical overview. In G. Cadish and K.E. Giller (*eds*.) "Driven by nature: plant litter quality and decomposition". CAB International. Oxon, U.K. : 3-29.

20. Holdridge, L.R., W.C. Grenke, W.H. Hatheway, T. Liang y J.A. Tosi. 1971. Forest environments in tropical life zones: a pilot study. Pergamon Press. Great Britain. 741 p.

21. Horn, S.P. y R.L. Sanford. 1992. Holocene fires in Costa Rica. Biotropica 24(3): 354-361.

22. Johnson, N.C. y D.A. Wedin. 1997. Soil carbon, nutrients, and mycorrizhae during conversion of dry tropical forest to grassland. Ecogical Applications 7(1):171-182.

23. Khanna, P.K., P. Snowdon y J. Bauhus. 2000. Carbon pools in forest ecosystems of Australia and Oceania. In R. Lal, J.M. Kimble and B.A. Stewart. (*eds*.). "Global climate change and tropical ecosystems". Advances in Soil Science : 51-70.

24. Lal R. y J.M. Kimble. 2000.Tropical ecosystems and the global C cycle. In R. Lal, J.M. Kimble and B.A. Stewart. (*eds*.). "Global climate change and tropical ecosystems". Advances in Soil Science : 3-32.

25. Montagnini, F. y Jordan, C.F. 2002. Reciclaje de nutrimentos. IN. M.R. Guariguata y G. Kattan (eds.). Ecología y Conservación de Bosques Lluviosos Neotropicales. Ediciones LUR, Cartago, Costa Rica. pp. 167-191.

26. Ordóñez, H. 2003. Fenología de la copa y de las raíces finas de *Simarouba glauca* y *Dalbergia retusa* (cocobolo) con riego en una plantación mixta de Guanacaste. Thesis Mag. Sci. San Pedro de Montes de Oca, CR, Universidad de Costa Rica. 134 p.

27. Powers, J.S. 2001. Geographic variation in soil organic carbon dynamics following land-use change in Costa Rica. Thesis Ph. D. Duke University, Graduate School and Management of Biology, Durham, N.C. 281 p.

28. Powers, J.S. 2004. Changes in soil carbon and nitrogen after contrasting land-use transitions in northeastern Costa Rica. Ecosystems 7(2):134-146.

29. Powers, J.S. y W.H. Schlensinger. 2002a. Geographic and vertical patterns of stable carbon isotopes in tropical rain forest soils of Costa Rica. Geoderma 109(1-2):140-160.

30. Powers, J.S. y W.H. Schlensinger. 2002b. Relationships among soil carbon distributions and biophysical factors at nested spatial scales in rain forest of northern Costa Rica. Geoderma 109(3-4):165-190.

31. Raich, J.W. 1983. Effects of forest conversion on the carbon budget of a tropical soil. Biotropica 15(3):177-184.

32. Russell, A.E., Cambardella, C.A., Ewell, J.J. y Parkin, T.B. 2004. Species, rotation, and life-form diversity effects on soil carbon in experimental tropical ecosystems. Ecological Applications 14(1): 47-60.

33. Samra, J.S. y Riazada, A. 2002. Litter production and nutrient dynamics in tropical forest plantations of India. In. Reddy, M.V. (ed.). Management of tropical plantation-forests and their soil-litter

systems. Science Publishers, Inc. New Hampshire, USA. Chapter 3. pp 41-71.

34. Sauerbeck, D.R y M.A. González. 1977. Field decomposition of carbon-14-labelled plant residues in various soils of the Federal Republic of Germany and Costa Rica. In IAEA and FAO (*eds.*) in cooperation with Agrochimica Vol. 1. "Proc. Symp. Braunschweig" : 159-170.

35. Schlesinger, W.H. 2000. Carbon sequestration in soils: some cautions amidst optimism. Agriculture, Ecosystems and Environment 82: 121-127.

36. Soto, G., P. Luna, M. Wagger, T.J. Smyth y A. Alvarado. 2002. Descomposición de residuos de cosecha en plantaciones de palmito en Costa Rica. Agron. Costar. 26(2): 43-52.

37. Townsend, A.R., Asier, G.P., Cleveland, C.C., Lefer, M.E. y Bustamante, M.C. 2002. Unexpected changes in soil phosphorus dynamics along pasture chronosequences in the humid tropics. J. Geophysical Res. 107(D20):LBA34-1-LBA34-9.

38. Van Dam, D, E. Veldkamp. y N. van Breemen. 1997. Soil organic carbon dynamics: variability with depth in forested and deforested soils under pasture in Costa Rica. Biogeochemistry 39(3):343-375.

39. Velayutham, M., D.K. Pal. y T. Bhattacharyya. 2000. Organic carbon stock in soils of India. In R. Lal, J.M. Kimble and B.A. Stewart. (*eds.*). "Global climate change and tropical ecosystems". Advances in Soil Science : 71-95.

40. Veldkamp, E. 1994. Organic carbon turnover in three tropical soils under pasture after deforestation. Soil Sc. Soc. Am. J. 58(1):175-180.

LOS MICROORGANISMOS DEL SUELO Y LA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE LA CAÑA DE AZÚCAR

Lidieth Uribe
E-mail: luribe@cariari.ucr.ac.cr
Laboratorio de Microbiología Agrícola,
Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica.

RESUMEN

La producción de plantas en la mayor parte del mundo depende de la aplicación de agroquímicos tanto para la fertilización de los cultivos, como para el control de enfermedades y plagas. Sin embargo, y debido a consideraciones ambientales, al alto costo de los agroquímicos, al desarrollo de resistencia y al hecho de que muchos consumidores prefieren plantas libres de plaguicidas, la utilización de inoculantes a base de microorganismos benéficos ha cobrado un gran interés. Los microorganismos de suelo cumplen funciones importantes dentro del ecosistema, estos organismos juegan un papel relevante en la descomposición y mineralización de residuos vegetales y animales, en la formación de una buena estructura del suelo, algunas bacterias pueden colonizar las raíces de las plantas y ejercer efectos benéficos sobre el desarrollo de las mismas. Los beneficios obtenidos a partir de la aplicación de dichas bacterias se atribuyen a factores como la producción de fitohormonas (citocininas, auxinas, giberelinas y etileno), aumento en la solubilidad de nutrientes, mejora en la absorción de nutrientes, fijación de nitrógeno, incremento del volumen radical y protección contra fitopatógenos (por producción de enzimas y metabolitos secundarios o debido a la activación de los mecanismos de defensa de la planta). En este trabajo se realiza una revisión sobre los microorganismos que colonizan la rizosfera de la caña de azúcar, se considera la presencia de bacterias endófitas y se discute el beneficio que estos microorganismos pueden aportar a dicho cultivo.

SELECCIÓN DE TÉCNICAS DE RIEGO EN CAÑA DE AZUCAR

Jesús R. Fonseca Arteaga,
Asesor del Director del INICA
Carretera Martínez Prieto. Km 2 ½.
Boyeros. C. Habana. Telef. 208 49 51 y Fax 260 2571
E-mail: fonseca@inica.edu.cu; jrfonseca2005@yahoo.es

Jorge Ramón Pérez Lima
Investigador en Riego y Drenaje del IICA
E-mail: perezlima@inica.edu.cu

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue determinar las ventajas e idoneidad de las técnicas de riego mas utilizadas en la caña de azúcar (pivote, goteo soterrado, por surcos ingeniera, por surcos tradicional y aspersión portátil de alta carga). Para ello se tuvieron en cuenta las diferentes condiciones de suelos y económicas, así como la topografía, volumen de agua disponible y la potencialidad de rendimientos, fundamentalmente. Se evaluaron bloques experimentales de 78,5 - 175 ha, bajo condiciones de producción durante 7 – 10 años, fueron controlados los gastos de los componentes de la inversión, las labores agrícolas realizadas y los gastos de explotación de cada sistema de riego, con una adecuada ejecución del riego mediante el pronóstico del momento de riego utilizando coeficientes bioclimáticos obtenidos en investigaciones anteriores. Se ofrece información sobre las técnicas de riego utilizadas en Cuba, los requerimientos de agua de la caña de azúcar y el uso de diferentes técnicas, brindando un panorama mundial. Entre los principales resultados pueden citarse: La productividad del goteo fue la más alta con 20 ha/jornada, utilizando 2 operadores en turnos de 8 horas y la más baja la gravedad tradicional con 1,08 ha/jornada; la inversión fue de 2100 USD/ha en el goteo, 1460 en el pivote, 450 en la aspersión, 544 en la gravedad ingeniera y 250 en la tradicional; los gastos por consumo de energía fueron más alto en la aspersión portátil de alta carga que utiliza diesel y los de salario en la gravedad tradicional, los rendimientos más altos se alcanzan en el goteo con un promedio de 150,4 t/ha como promedio de las 4 primeras cosechas. La conclusión principal es que no hay una solución técnica generalizable, pueden utilizarse diferentes opciones, en función de la localización de la fuente de abasto, disponibilidad de agua, condiciones de suelos, rendimientos y producción a obtener, y ventajas económicas que ofrece, en lo cual es determinante del precio de venta del azúcar y otras producciones derivadas.

INTRODUCCIÓN

La cantidad de agua en nuestro planeta es finita. El número de habitantes sigue creciendo y la utilización del riego se incrementa en mayor medida y gana cada vez más importancia en la lucha por aumentar la productividad en la agricultura y la producción de alimentos. El riego reduce los riesgos de pérdidas de cultivos por la sequía, contribuye a estabilizar la producción y aumenta las ganancias de los productores agrícolas.

El fondo agrícola cubano es de 7 millones de hectáreas de tierras cultivables. El potencial aprovechable de agua se ha incrementado hasta 13 276.6 millones de m^3. El 70% de este potencial se destina al regadío agrícola. El área actual de riego en caña cubre 97,8 mil ha efectivas, que representan el 15,9 % del total plantado. Existe un potencial de más de 200,0 mil ha con agua y parte de los sistemas construidos. Un incremento en áreas de riego superior al 25 % puede lograrse con la introducción de tecnologías de riego más eficientes o la modernización

de los sistemas existentes. Adicionalmente, está previsto que las fuentes superficiales pueden aumentarse con nuevas obras de captación y conducción.

En las tres últimas décadas se ha observado en Cuba un incremento apreciable en la severidad e intensidad de las sequías, las cuales no sólo duplicaron su ocurrencia, sino que registraron un aumento considerable en el número de casos extremos.

Según lo reportado por (Pérez et al, 2004), las lluvias se encuentran desigualmente distribuidas, tanto espacial como temporalmente, existiendo lugares que no superan los 660 mm anuales. El período de sequía dura de noviembre a abril y solo cae como promedio el 20 % de la lluvia anual en esa etapa. La diferencia en la evaporación media anual supera los 300 mm entre la región occidental y oriental del país. En las condiciones de Cuba se hace necesario el regadío para obtener rendimientos altos y estables en la caña de azúcar.

OBJETIVO

El objetivo del trabajo fue determinar las ventajas e idoneidad de las técnicas de riego mas utilizadas en la caña de azúcar (máquina de pivote, goteo soterrado, gravedad por surcos ingeniera y tradicional, y aspersión portátil de alta carga).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se evaluaron bloques experimentales de 78,5 - 175 ha, bajo condiciones de producción durante 7 – 10 años, fueron controlados los gastos de los componentes de la inversión, las labores agrícolas realizadas y los gastos de explotación de cada sistema de riego, con una adecuada ejecución del riego para satisfacer los requerimientos de agua de las plantaciones, mediante el pronóstico del momento de riego utilizando coeficientes bioclimáticos obtenidos en investigaciones anteriores. Para las evaluaciones se tuvieron en cuenta las diferentes condiciones de suelos y económicas, así como la topografía, volumen de agua disponible y la potencialidad de rendimientos, fundamentalmente.

Los suelos utilizados fueron ferralítico rojo, oscuro plástico gleysado y aluvial.

La lluvia media anual en Cuba es de 1240 mm, durante los tres últimos años de sequía, sólo alcanzó el 40-60% de la media histórica en la zona oriental. La temperatura media anual es de 24 – 26º C, con medias mensuales mínimas de 19 – 29ºC y máximas de 32 – 35º C. La humedad relativa es alta; 78 – 85 % la mayoría de los días del año y la evaporación es de 1900 – 2300 mm, siendo mayor en la zona oriental del Valle del Cauto.

La metodología utilizada para la evaluación económica fue la propuesta por (Fonseca, 1984) y la explotación de los equipos de riego siguió las normativas establecidas por los fabricantes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos de las características de las diferentes técnicas de riego que aparecen en la tabla 1 se corresponden con las evaluaciones realizadas, los diseños empleados y los ofrecidos por los fabricantes, las presiones de trabajo se midieron sistemáticamente, las productividades

TABLA 1
Indicadores de las técnicas de riego utilizadas

	U.M	Pivote eléctrico	Goteo	Gravedad Ingeniera	Gravedad tradicional	Aspersión Alta carga
Eficiencia	%	90	95	55-60	25-30	65
Presión	Kg/cm2	4,34	4,3	Deriv.	Deriv.	7,8
Gasto	l/seg	64	80	125	250	75
Productividad	Ha/jorn.	4,1	20,0	1,58	1,08	2,4
Hombres/sistema	Uno	2	2	4	6	5
Potencia	Kw-h	74	69	Deriv.	Deriv.	120
Inversión	Pesos/ha	1460	2100	544	220	650
Operación	Pesos/ha	19,31	6,52	18,48	37,63	38,25
Energía/ riego	Pesos/ ha	4,81	2,08	-	-	17,21
Salario/ riego	Pesos/ ha	2,98	0,61	7,73	11,31	6,43
Agua/ riego	Pesos/ ha	6,30	0,79	7,50	15,00	8,72

por técnicas se derivaron de la organización adoptada en cada caso. Los gastos de inversión y operación fueron determinados con los registros de cada sitio y los cálculos fueron actualizados con los precios y las tarifas vigentes en la actualidad.

Puede apreciarse en la tabla 1 que los gastos de inversión fueron más altos en el riego por goteo y el pivote, mientras que los gastos de operación fueron menores en estas técnicas y más altos en la gravedad tradicional y la aspersión, determinado lo anterior por los gastos de mantenimiento, agua y salarios en el primer caso y los gastos del combustible en el segundo

En los 4 casos señalados en la tabla 2 las plantaciones se hicieron en el período de de mayo - junio que es la fecha en que se realizan los mayores porcentajes de las mismas y los retoños se cortaron con 12-13 meses, salvo uno de ellos en Gregorio A. Mañalich y Urbano Noris que se dejaron quedar para la siguiente zafra y se cortaron con 19 – 20 meses. En todas las técnicas evaluadas hubo buenos resultados en los rendimientos con el riego. Las diferencias menores, en el caso de la localidad Rubén Martínez Villena, fueron determinadas por el comportamiento de las lluvias que resultó más favorable y contribuyó a que los rendimientos fueran más altos en el secano.

El número de riegos fue determinado en cada caso por las condiciones del suelo que definen el volumen de los mismos, el valor de la lluvia aprovechable y de la humedad existente en el suelo determinada por el seguimiento de su dinámica, y las características de la técnica utilizada. En el caso del riego por goteo los riegos se aplicaban diarios o en días alternos de acuerdo con las características del suelo y la etapa de desarrollo del cultivo.

En el sistema de Urbano Noris las lluvias fueron menores y como consecuencia más bajo su aprovechamiento. Los volúmenes de agua aplicados se calcularon en función de la lámina neta y la eficiencia del sistema.

Gravedad tradicional e ingeniera

La mayoría de las áreas de riego en caña de azúcar se benefician con el riego por surcos, que resulta la técnica más idónea cuando el abastecimiento es por derivación y los suelos tienen drenaje deficiente, en zonas donde por lo regular las pendientes son menores de 2,0 por mil.

Los sistemas tradicionales tienen muy baja eficiencia y el riego no es uniforme, por lo que los resultados obtenidos por lo regular no sobrepasan el 15 % de incremento con relación al secano. Se ha ido produciendo una transformación progresiva de los sistemas, con adecuada nivelación utilizando equipos láser en algunas áreas, obras ingenieras para la distribución y entrega del agua, sifones y sistemas de drenaje parcelario más eficientes, por lo regular los surcos con 250 a 330 m de largo y se utilizan gastos entre 3 y 5 lps. (Meneses,1999) determinó longitudes de surcos de 120-250 m en 4 diferentes tipos de suelos y eficiencias de campo superiores al 61 %.

Ventajas del riego por surcos

- Idónea para suelos pesados y de mal drenaje.
- Bajo o nulo requerimiento de energía.

TABLA 2
Rendimientos en bloques experimentales con diferentes técnicas.

	Edad (meses)	Rendimiento (ton/ha)		Increm. (%)	Número riegos	Norma (mm)	Vol.de Agua (m^3/ha)
		Riego	Secano				
Rubén Martínez Villena. Aspesión. Ferralítico Rojo							
Promedio planta y 4 Retoños.	13,8	107,45	85,46	26	12	337,0	5182
Gregorio A. Mañalich. Pivote. Oscuro Plástico.							
Promedio planta y 4 Retoños.	16,0	111,79	44,88	149	11,2	302,0	3354
Urbano Noris. Gravedad. Oscuro Plástico.							
Promedio planta y 4 Retoños.	16,3	113,05	59,37	90	7,8	391,0	7117
Primer Soviet. Goteo. Aluvial Profundo.							
Promedio planta y 3 Retoños.	14,5	137,8	58,4	136	98	794,0	3346

Desventajas

- Requiere nivelación.
- Baja eficiencia global del sistema.
- Baja productividad de los regadores.
- Necesidad de mantenimiento sistemático que resulta costoso.
- Necesidad de eliminar y reconstruir parte de la red de riego para facilitar la cosecha.
- Peligros de encharcamiento y salinización de los suelos.

ASPERSIÓN

El riego por aspersión ha sido utilizado en los suelos de buen drenaje interno sin nivelar, con abastecimiento de agua subterránea en la mayoría de los casos y para el apoyo a las plantaciones en el período de seca. (Fonseca, 2005) reporta que en Cuba existían 130 mil ha de riego por aspersión y en América Latina se estima que el riego con esta técnica alcanza el 10 %. Los elementos para el diseño del riego por aspersión se recogen en un manual editado por (Recursos Hidráulicos, 1975), el que brinda información sobre suelos, procedimientos de cálculos, características de los diferentes aspersores y los requerimientos de agua de varios cultivos.

Ventajas

- Adaptable a cualquier topografía, en las que desarrolla la caña de azúcar.
- Rápido montaje y desmontaje.
- Posibilidad de apoyar siembras, aplicar riegos con normas reducidas y cubrir mayor área, debido a su elevada versatilidad.
- Posibilidad de aplicar fertilizantes con el sistema.
- Costos de inversión relativamente bajos.

Desventajas

- Consumo elevado de energía.
- Alta demanda de fuerza de trabajo manual.
- Efecto negativo del viento, que se agudiza a determinadas horas.

MAQUINAS

Esta técnica ha tenido gran aceptación entre los productores cañeros y en la actualidad existen mas de 100 instaladas que cubren un área de 7550 ha. El programa de desarrollo del riego en caña de azúcar considera la instalación de unas 2500 ha por año

Figura 1. Máquina de pivote central regando caña.

Ventajas

- Posibilidad de aplicar un amplio rango de normas.
- Ahorro de fuerza de trabajo, agua y energía en comparación con otras técnicas.
- Posibilidades de automatización.
- Posibilidades de aplicar fertilizantes, pesticidas y herbicidas
- Alta eficiencia.

Desventajas

- Alto costo de inversión.
- Limitaciones de índole topográfico

GOTEO

Esta técnica está en proceso de extensión y resulta idónea para áreas menores de 60 ha e irregulares, con limitaciones de agua. Los resultados obtenidos son buenos y permiten pagar la inversión con 2 o 3 cosechas, además de los otros beneficios económicos que reporta Los productores tienen preferencia por la misma.

Ventajas del riego por goteo

- Muy alta eficiencia.
- Ahorro de agua, fertilizantes, energía y fuerza de trabajo.
- Adaptabilidad a topografías alomadas.
- Alto grado de automatización
- Mayores incrementos de rendimientos con relación a otras técnicas de riego

Figura 2. Goteros empleados en caña de azúcar y estación de bombeo con equipos para fertirriego en goteo.

Desventajas

- Alto costo de inversión.

MEDIDAS PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DEL RIEGO

La modernización de las técnicas de riego tratando de buscar mayor eficiencia del agua y uniformidad de humedecimiento, unido a la reducción de los costos de inversión y explotación se han convertido en un proceso continuo del desarrollo de la innovación tecnológica. A continuación se relacionan algunas acciones sintetizadas por cada una de las técnicas estudiadas.

Figura 3. Riego por surcos utilizando acolchado con polietileno

GRAVEDAD

Nivelación con láser, tuberías de distribución soterradas, entrega por compuertas o válvulas regulables, válvulas de riego por impulsos, acolchado de surcos, riego por surcos alternos. (Colpozos, 2005), reporta que en esa fecha se empleaban más de 15000 ha de riego por compuertas, que regulan el gasto hasta 7 lps, utilizando redes de distribución con tuberías soterradas en el Valle del Cauca en Colombia, donde se obtienen altos rendimientos y se han producido ahorros del volumen de agua aplicada de hasta 60 % en relación con el riego por surcos tradicional. En China (Li, 2005) comparó el riego por surcos utilizando tuberías flexibles con válvulas regulables con el riego por surcos tradicional y determinó que el ahorro de agua fue del 25-28 %, la eficiencia del uso del agua se incrementó en 19-29 % y el ahorro de energía eléctrica fue del 25 %.

ASPERSIÓN

Red de distribución soterrada, mayores distancias entre aspersores y laterales, aspersores mas eficientes, enrolladotes autopropulsados, horarios de explotación con menos viento. Esta técnica es muy versátil y tiene amplias posibilidades de uso. (Cisneros et al, 2003), han utilizado los sistemas de aspersión en mas de 3000 ha de huertos intensivos en la región oriental de Cuba, donde la topografía es irregular y las limitaciones de agua son mayores. En Aragón (Infoagro, 2005) reporta que se dedicó un presupuesto de 3 millones de Euros para la modernización de los sistemas de riego por aspersión y la sustitución del riego por surcos, lográndose importantes ahorros de agua y ampliación de las áreas de riego en más del 30 %.

Figura 4. Riego por surcos utilizando tuberías flexibles con válvulas regulables.

MAQUINAS

Mayores alturas y largo, de desplazamiento frontal y tipo hipódromo, aspersores finales sectorizados, boquillas y aspersores mas eficientes, esquineros para regar los realengos, mayor grado de automatización. (Pérez, 2000), señaló que existían áreas sin regar en los realengos que quedan sin humedecer en los extremos de las máquinas, en cuya solución están trabajando los productores de esta técnica.

Figura 5. Máquina de pivote desplazable

GOTEO

Desarrollo de goteros cada vez más perfeccionados (autocompensantes, autolimpiables, resistentes a las tupiciones), menores presiones de trabajo, mayores longitudes de laterales, filtros automáticos y autolimpiables, mayor grado de automatización y más segura. Esta técnica facilita la aplicación de láminas pequeña y contribuye a realizar las diferentes labores. (Cuellar et al, 2003), señalan que tanto las máquinas como el riego por goteo facilitan la plantación, resiembra en las épocas más idóneas y la adecuación de las diferentes tecnologías.

Esta técnica se ha difundido ampliamente en los últimos 25 años, según (Adams, 1991) ya en 1991 Israel regaba el 85 % del área cultivada con sistemas de riego localizado. El (Departamento de Marketing, 2004) describe las características de las mangueras y los goteros adecuados para el soterramiento , los filtros, los elementos de automatización y el sistema para la fertirrigación, así como otros componentes de los sistemas de riego por goteo.

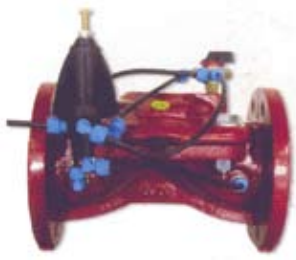


Figura 6. Válvula utilizada en la automatización del riego por goteo.

EL RIEGO DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN ALGUNOS PAÍSES.

Algunos países riegan más del 90 % del área cañera, entre ellos Perú, Colombia y Etiopía. Otros de 30-50 %. Australia, Sur África, India, etc. Existen zonas en las que riegan el total de la caña. En Sao Paulo, Brasil solo riegan la semilla y con los residuales las áreas más cercanas a las fábricas. En algunas zonas de Minas Geráis, el Noreste y otros estados están incrementando las áreas de riego. (Pérez, 2000), analiza la distribución del riego de la caña y las técnicas empleadas en varios países y concluye que las mismas fueron seleccionadas atendiendo a las características de los suelos, disponibilidades financieras y en muchos casos predominó el tradicionalismo y la cultura local. (Fonseca, 1984), señala que la decisión de regar depende en buena medida del régimen de lluvia, la disponibilidad de agua, los precios del azúcar y los subproductos, el efecto del riego sobre los rendimientos y el costo de la tonelada de caña.

CONCLUSIONES

No hay soluciones generalizables en la selección de las técnicas de riego, depende en gran medida de las condiciones y la topografía del suelo, disponibilidades de agua, extensión y formas del área a beneficiar y del financiamiento disponible, e influyen además las costumbres y tradiciones locales.

LITERATURA CITADA

1. Adams, J. T. Drip irrigation reviewed. 1991. The Citrus Industry, March 1991. Florida, USA. P: 16-26.

2. Cisneros, E. M; Méndez, M; Chong, C. 2003. Riego por aspersión de baja intensidad en la agricultura cubana. Memorias del Congreso Internacional de Riego y Drenaje. Cuba Riego 2003. Ciudad Habana. Cuba. 7 p.

3. COLPOZOS. 2005. Riego por compuertas. Cali. Colombia Consultado en abril del 2006. Disponible en http:// www.colpozos.com. compuertas. html.

4. Cuellar, I; De León, M; Gómez, A; Piñón, D; Villegas, R; Santana, I. 2003. Caña de Azúcar. Paradigma de sostenibilidad. PUBLINICA, Ciudad Habana. Cuba. 175 p.

5. Departamento de Marketing. Mondragón. 2004. Catálogo general de productos. Mondragón-Twin Drops. Valencia. España. 141 p.

6. Fonseca, J. R. 2005. Riego por aspersión. Manual de explotación. Ediciones PUBLINICA. Ciudad Habana. Cuba. 56 p.

7. Fonseca, J.R. 1984. Necesidades de agua de la caña de azúcar plantada en diferentes épocas de siembra en el occidente de Cuba. Editorial IPROYAZ. Ciudad Habana. Cuba. 241 p.

8. GRUPO HIDRAULICO. DAP.1975. Manual técnico para la proyección de los sistemas de riego por aspersión. Editorial Ciencia y Técnica. Ciudad Habana. Cuba 130 p.

9. INFOAGRO. 2005. El gobierno de Aragón dedica 3 millones de Euros a la modernización del riego. Noticias Infoagro. Aragón. España. Consultado el 14 de mayo del 2006. http// www. infoagro. com/ noticias/ 2005-2006/ 200506. asp.

10. Li, J; Foroud, N. 2005. Evaluation of a gated pipe basin irrigation method in China. Agriculture and Agri-Food Canada, Research Centre. Lethbridge. Alberta. Canadá. Consultado el 2 de mayo del 2006. http//hydroflume.com/readings.htm. 6 p.

11. Meneses, J.M. 1999. Como elevar la eficiencia del riego por gravedad en el cultivo de la caña de azúcar. FAO. Roma. Consultado el 5 de abril del 2006. Disponible en http:/ www. fao. org/ docs/ upload/ cuba/ 1042

12. Pérez, J. R; Cuellar; I; Fonseca, J. R. 2004. Caña de azúcar: Captación, conservación y manejo sostenibles del agua y la humedad del suelo. Serie Caña de Azúcar. Siglo XXI. Ciudad Habana. Cuba. 42 p.

13. Pérez, J. R. 2000. Riego en otros países cañeros. Revista ATAC 61(1): 27-32. Ciudad Habana. Cuba.

14. Tarjuelo, J. M. El riego por aspersión y su tecnología. Madrid. Ediciones Mundi-Prensa. 569 p.

EL RIEGO POR GOTEO SUBTERRÁNEO PARA LA CAÑA DE AZÚCAR

Salvador de los Ángeles García Guerra[a],
Jorge Ramón Pérez Lima[b] *y*
Jesús R. Fonseca Arteaga[c]

RESUMEN

Se exponen los resultados de la evaluación de tres sistemas de riego por goteo subterráneo instalados en diferentes condiciones de suelo y clima, con el objetivo de comprobar el comportamiento de la tecnología a escala comercial y la respuesta del cultivo al riego de alta eficiencia. Se estudiaron los componentes del rendimiento y otros indicadores biológicos; fueron determinadas las necesidades de riego durante los ciclos estudiados y se realizó un análisis económico de los resultados. Los sistemas cuentan con red de distribución y laterales de riego soterrados, goteros de 2,3 l/h autocompensantes y antisucción con mecanismo de autolimpieza, filtros automatizados, accesorios para la fertirrigación y eficiencia del 95%. El costo de inversión oscila entre 2100 y 2900 USD/ha; incluyendo la estación de bombeo y la línea eléctrica, dependiendo del área, la localización y tipo de fuente de agua, el grado de automatización y la distancia entre laterales de goteo, principalmente. En Cuba se han instalado sistemas en un área superior a 900 ha, la mayoría de ellos en las provincias orientales, donde el régimen de lluvia es más desfavorable. La población en los sistemas evaluados fue de 14 a 20 tallos por metro de surco y la altura de tallos superior a 3,5 m, y en algunos casos llegó a 5 m. Se obtuvieron rendimientos de 206 a 224,34 ton/ha para caña planta de 20 a 21 meses y entre 91 y 154 ton / ha en los retoños. Los rendimientos mensuales alcanzaron hasta 11,81 ton/ha en caña planta; equivalentes a los mejores resultados reportados para la caña en Cuba. Entre los beneficios obtenidos pueden citarse: la inversión se recupera en dos o tres cosechas; disminución del consumo energético hasta en un 40% en relación con la aspersión; reducción del volumen de agua entre 35-65 % comparado con otras técnicas; ahorro de hasta 30 % de fertilizante por tonelada de caña producida; ahorro de hasta 50 % en la aplicación de herbicidas, reducción en más del 20 % de los costos por toneladas de caña producida y cosechada, y aumento de la vida útil de la cepa en dos o más años. La tecnología del riego por goteo subterráneo en la caña de azúcar garantiza altos rendimientos agrícolas con mínimos costos de operación en comparación con las técnicas convencionales, además de favorecer la preservación del medio ambiente.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha producido una expansión acelerada de las más modernas técnicas de riego en la agricultura, dada por la necesidad de incrementar la eficiencia en el manejo del agua e intensificar los procesos productivos. Una de estas novedades lo constituye el riego por goteo subterráneo, tecnología de avanzada que ha sido generalizada con éxito en los países desarrollados productores de caña de azúcar. En Cuba, hoy se dispone de más de 900 ha de caña de azúcar bajo riego por goteo subterráneo a escala comercial.

En el presente trabajo se realiza una evaluación integral de tres sistemas instalados en condiciones edafoclimáticas diferentes; a fin de comprobar el comportamiento de la tecnología del goteo y la respuesta del cultivo de la caña al riego de alta eficiencia.

Los sistemas de riego localizado subterráneo han sido utilizados a gran escala en el cultivo de la caña de azúcar, por países como Estados Unidos (Hawaii), Australia, Mauricio y Sudáfrica. Los resultados han sido satisfactorios, obteniéndose rendimientos de 137 a 257 ton/ha en cañas de ciclos largos y de 77 a 171 ton/ha en cañas de ciclos cortos. Aunque estos sistemas requieren

una elevada inversión inicial (2000 – 2500 USD/ha y aún más), ésta se recupera en cortos plazos a costa de la producción complementaria, y se logra reducir el consumo de agua para el riego hasta en un 45 %. El lateral, sea cinta o tubería de pared gruesa, se instala entre los 25 y 45 cm de profundidad; por lo cual queda fuera del alcance de las labores de cultivo más comunes y de los equipos utilizados en la cosecha. El lateral de pared gruesa utiliza generalmente goteros insertados o, en el caso de los sistemas más modernos, integrales.

En Cuba, a partir de 1976 comenzó a introducirse la tecnología del riego por goteo en caña de azúcar a nivel de pequeñas parcelas, con resultados satisfactorios en cuanto a rendimientos y ahorro de agua. En 1986 se inició la introducción a pequeña escala de la tubería de doble cámara (Bi – Wall) para la caña en suelos Ferralsoles, con la cual se eliminó el inconveniente de los sistemas superficiales. Con posterioridad esta tecnología fue aplicada para distintas condiciones de suelo y climáticas, demostrando su efectividad y sus ventajas económicas aún en regiones caracterizadas por difíciles características de mejoramiento.

OBJETIVO GENERAL

Realizar una evaluación integral de la tecnología de riego por goteo subterráneo para la caña de azúcar bajo diferentes condiciones edafoclimáticas en la República de Cuba.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar la respuesta agroproductiva de la caña de azúcar al riego de alta eficiencia a escala comercial.
- Establecer el comportamiento de los indicadores del balance hídrico y la eficiencia de uso del agua de la caña bajo condiciones de riego por goteo subterráneo.
- Realizar una evaluación del impacto económico de la aplicación de la tecnología del riego por goteo en la caña de azúcar, para las condiciones actuales del país.

MATERIALES Y METODOS

En la tabla 1 se presenta una caracterización general de los sistemas evaluados, y en la tabla 2 se describen las labores agrícolas aplicadas.

A lo largo del ciclo vegetativo de la caña se realizaron las siguientes observaciones y mediciones:

- Componentes del rendimiento agrícola.
- Determinación de las necesidades de riego.
- Lluvia y evaporación.
- Ejecución y costos de las labores agrícolas.
- Análisis económico.

Para el análisis económico se tuvieron en cuenta los precios de venta actuales del azúcar y la miel; considerándose un rendimiento industrial de 0.11.

TABLA 1
Caracterización de los sistemas evaluados.

Sistema (Provincia)	Area (ha)	Suelo	Variedad	Fecha de siembra	Fecha de cosecha	Distancia entre hileras	Distancia entre laterales	Rendimiento agrícola del secano (ton/ha)
Tentativa (Habana)	11,6	Ferralsol	C 138-77	VII/00	III/02, IV/03, IV/04, IV/05	1,6 m	1,6 m	120
I.Agramonte (*C. Avila*)	71,5	Fluvisol	C 87-51	V/02	I/04, V/05 IV/06	1,6 m	1,6 m	74,3
1er Soviet (Granma)	75,0	Ferralsol	C 87-51	V/00	II/02, V/03, IV/04 IV/05	1,5 m	1,5 m	100

TABLA 2
Labores agrícolas ejecutadas en los tres sistemas.

Labores	La Tentativa	I. Agramonte	1er Soviet de América
Rotura	x	x	x
Pase de grada	x	x	x
Aplicac. de herbicidas	x	x	x
Surque	x	x	x
Siembra	x	x	x
Resiembra		x	x
Tape	x	x	x
Cultivo de desyerbe	x	x	x
Aplicación de Potasio	x	x	x
Fertirriego con N	Fraccionado al 25%	1 aplicación	Fraccionado al 50%
Desorillo	x	x	x
Limpia manual	x	x	x
Cosecha	Mecanizada	Mecanizada	Manual

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 1 aparecen los rendimientos agrícolas obtenidos en las áreas evaluadas. El rendimiento máximo llegó a 224,34 ton/ha, para un incremento con relación a las áreas no beneficiadas con el goteo de 150,04 ton/ha. El rendimiento mensual alcanzó valores de 11,81 ton / ha; respuesta de la caña al riego que supera a lo conocido hasta el momento en Cuba, y que resultó similar al promedio que logran los países cañeros más desarrollados con la tecnología del goteo (Martín et. al., 1987; Barrantes, 1995; Sánchez, 1995; NETAFIM, 1996; Deshmukh, 1997; Tenglolai and Weerathaworn, 1997; García et. al., 2003a; García y Pérez, 2004). En las figuras 2 y 3 se presentan los valores máximos de población y altura de tallos, medidos en las cañas plantas de los tres sistemas, observándose una población máxima de 20 tallos por metro lineal y una altura que superó los 5m.

En la tabla 3 se presenta un resumen de la relación entre la lluvia aprovechable, el consumo y la lámina de riego aplicada para los tres sistemas.

Con relación a la eficiencia de uso del agua (Eua), sus valores resultaron elevados en comparación con los

TABLA 3
Resumen del balance hídrico.

Sistema	Cepa	Et_0 (mm)	Ll aprov. (mm)	Riego (mm)	Etr (mm)	**Déficit (mm)**	**No. de riegos**
Tentativa	Planta	1914,0	670,0	1244,0	1914,0	0	170
	Retoño 1	1480,5	769,5	637,0	1406,5	74,0	71
	Retoño 2	1551,5	835,5	633,0	1468,5	83,0	68
Agramonte	Planta	2117,1	695,4	1421,7	2117,1	0	159
1er Soviet	Planta	2265,8	1522,6	743,2	2265,8	0	90
	Retoño 1	1666,6	762,3	904,3	1666,6	0	112
	Retoño 2	1460,5	724	736,5	1460,5	0	91

Et_0: *Evapotranspiración potencial*
Ll aprov: *Lluvia aprovechable*
Etr: *Evapotranspiración real*

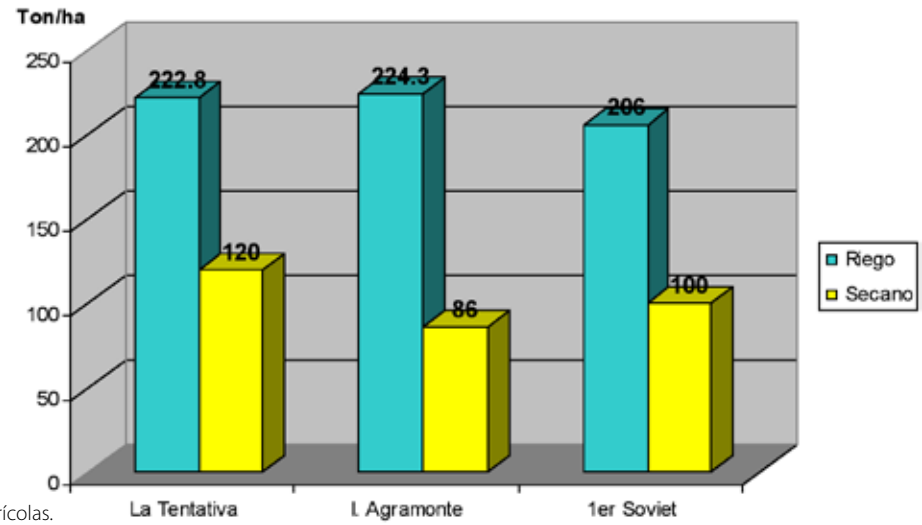


Figura 1. Rendimientos agrícolas.

reportados por otros autores en Cuba bajo otras técnicas de riego (García et. al., 2003b). Ello demuestra la alta eficiencia relativa del riego con esta tecnología (ver tabla 4).

TABLA 4
Valores de Eua (Ton / ha . 100 mm).

Finca La Tentativa	11.6
CPA Ignacio Agramonte	10.6
CPA 1er Soviet de América	9.7

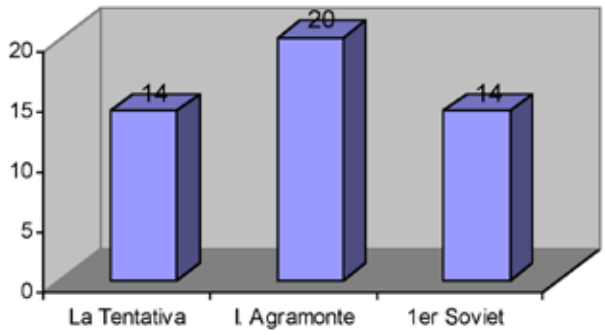


Figura 2. Población (tallos/ml).

En la tabla 5 se puede apreciar el costo promedio de un riego para los tres sistemas, y en la tabla 6 aparecen los indicadores de la eficiencia económica del riego por goteo.

A partir de los índices económicos obtenidos en el sistema de mejores resultados (I. Agramonte), se puede definir que la relación beneficio – costo es superior a la unidad, y demuestra que el interés que se va a obtener de los capitales invertidos es mayor que la tasa utilizada (Pizarro, 1985). La inversión se recupera en 2,3 años; es decir, un tiempo mucho menor que la duración de una plantación cañera en condiciones normales, que debe

TABLA 5
Costo de un riego (USD/ha).

Sistema	Cepa	Energía	Salario	Agua	Amortización	Total
La Tentativa	Planta	0,32	0,72	0,07	2,16	3,27
	1er retoño	0,20	0,55	0,02	2,16	2,93
	2do retoño	0,20	0,66	0,02	2,16	3,04
	3er retoño	0,20	0,65	0,02	2,15	3,02
I. Agramonte	Planta	0,33	0,81	0,03	3,02	4,19
	1er retoño	0,30	0,75	0,03	2,54	3,62
1er Soviet	Planta	0,18	0,65	0,02	2,12	2,97
	1er retoño	0,18	0,65	0,02	2,12	2,97
	2do retoño	0,18	0,86	0,02	2,12	3,18
Valor promedio		0,23	0,70	0,03	2,28	3,24

TABLA 6
Eficiencia económica del riego por goteo.

Sistema	Cepa	Rend. con riego (Ton/ha)	Increm. de rend. (Ton/ha)	VPA (USD/ha)	Ganancia (USD/ha)	Tr (años)	TIR	Relación B/C
Tentativa	Planta	222,80	102,80	1335,32	728,92	3,5	0,29	1,20
	Retoño 1	154,00	84,00	1765,80	747,64	-	-	1,03
	Retoño 2	106,64	36,64	964,70	499,42	-	-	1,07
	Retoño 3	91,81						
I. Agramonte	Planta	224,34	150,04	3332,04	1884,02	2,3	0,43	1,30
	Retoño 1	87,00						
1er Soviet	Planta	206,00	106,00	1765,80	747,64	3,3	0,30	1,23
	Retoño 1	150,45	74,45	855,36	627,26	-	-	1,25
	Retoño 2	94,94	18,94	1654,48	856,93	-	-	1,07

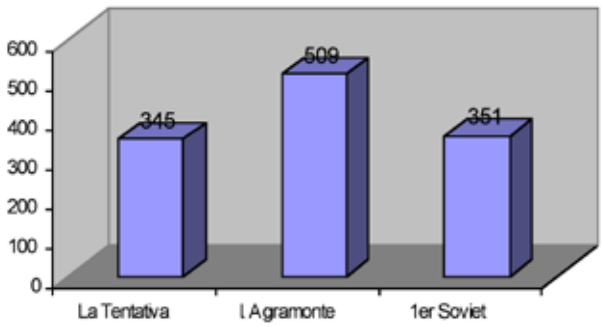


Figura 3. Altura de tallos (cm).

ser de 7 años. Debe señalarse que otra ventaja del goteo consiste en la posibilidad de ampliar la duración de la cepa, lo cual ha sido comprobado en plantaciones comerciales de Venezuela y otros países (Barrantes, 1995). Esto garantiza un efecto económico adicional, dado por la reducción de los gastos por concepto de demolición, preparación de tierras, siembra y otras labores.

Otros ahorros que garantiza el goteo son presentados resumidos en la tabla 7. Adicionalmente, con esta tecnología se generan fondos exportables a partir de la venta de azúcar y mieles en el mercado mundial, por un valor de 1 189,91 USD/ha anuales, un 34 % superior a lo que se puede lograr con los métodos de riego convencionales. Además, el riego por goteo subterráneo garantiza la preservación del medio ambiente y los recursos naturales; y beneficios sociales para los productores cañeros, sus familias y las comunidades agrícolas en general.

TABLA 7
Magnitud de los ahorros que garantiza el riego por goteo en comparación con las técnicas de riego convencionales.

INDICADOR	U/M	VALOR
Agua	m3/ha $/ha	5345 - 32 425 9,62 – 58,37
Gastos de Operación	CUC/ha	36,52 – 192,40
Fuerza de trabajo	$/ha	51,74 – 88,92
Mantenimientos	CUC/ha	84,50 – 92,30
Fertilizantes	$/ha	64,14 – 149,66
Control de malezas	$/ha	55,89
Preparación de tierras, semilla y siembra	$/ha	23,47

De acuerdo con la experiencia de la firma española IRRIMON S.A., con el riego por goteo subterráneo se logran las siguientes ventajas en comparación con los sistemas instalados superficialmente:

- Menor consumo de agua: El volumen de suelo mojado es mayor en riego subterráneo que en el de superficie, lo que se traduce en un mejor aprovechamiento del agua.
- Menor escorrentía: Disminuyen los problemas tales como charcos y escorrentía.
- Menor evaporación: Si se hace un uso correcto del sistema, la evaporación es inexistente, ya que no deben producirse manchas de humedad visibles en la superficie del terreno.
- Mejor distribución del agua: Al crear una cobertura total o franjas de humedad, la distribución del agua es homogénea.
- Mayor uniformidad de riego: Con la localización del sistema bajo tierra; la utilización de goteros autocompensantes, autolimpiables y antisucción y la instalación de colectores de limpieza, se homogeniza el régimen de presiones y caudales; traduciéndose en uniformidad del riego.
- Mayor transpiración: El aumento de volumen de suelo húmedo en profundidad provoca en la planta una mayor transpiración, que ayuda a crear el necesario microclima de humedad que ayuda a una calidad superior del cultivo.
- Mejor localización de nutrientes: En suelos arenosos la lixiviación de nutrientes se evita en gran medida con el riego subterráneo. Además, se facilita la absorción de elementos poco móviles como el fósforo y el potasio. Por otra parte, para existir una mayor proporción de oxígeno, las bacterias nitrificantes actúan mejor en la transformación de amonio o nitrato.
- Menor calcificación: Al no estar en contacto directo con el aire, no existe evaporación de agua que precipite las sales sobre la tubería o sobre los emisores, produciendo depósitos calcáreos. Frecuentemente se obstruyen los goteros y se entorpece la transpiración de la planta cuando se utilizan aguas ricas en carbonatos de calcio y de magnesio.
- Menor incidencia de las malas hierbas: Al desaparecer el agua en superficie disminuye la aparición de la vegetación espontánea; con lo cual se ahorran herbicidas y se evita la competencia.
- Posibilidad de laboreo: Con los sistemas subterráneos se evita el peligro de que los laterales y otros componentes sean dañados por los equipos de cultivo, cosecha y preparación de tierras.
- Disminución de la mano de obra requerida: La tubería se suministra con los goteros insertados o integrados a la distancia que se necesite, y la instalación se ejecuta con un implemento especial; reduciéndose los costos de mano de obra para la instalación, mantenimiento y manejo del sistema de riego.
- Mayor durabilidad: El sistema enterrado queda fuera del alcance de los rayos ultravioletas, que atacan

el polietileno. Además, de tal forma se protege también de las variaciones de temperatura. No obstante, debe señalarse que en algunos sistemas, como en el caso de los producidos por NETAFIM, los laterales y tuberías distribuidoras están fabricados con carbón de humo, material resistente a la acción de los rayos ultravioletas por un período de 20 – 25 años.

- Ausencia de vandalismo: Se evitan los problemas de robos y destrozos que suelen ocurrir en los sistemas que se instalan superficialmente.
- Menor compactación del suelo: Al regar en profundidad, el movimiento del agua en el suelo no se produce solo por efecto de la gravedad, lo cual favorece la compactación; sino que ocurre el movimiento del agua por capilaridad, que ayuda a que aumente la aereación del suelo a través de las raíces.

Con relación a las prácticas agronómicas, se señala que donde se adopten técnicas de microirrigación en caña de azúcar, dichas prácticas deben ser modificadas. Entre las particularidades que incorpora el goteo como tecnología; se pueden mencionar la preparación de tierras para el tendido de los laterales según el tipo de suelo, la aplicación de fertilizantes con el agua y el mantenimiento periódico de los sistemas. Los cultivos intercalados también pueden ser cultivados convenientemente con el método de plantación de doble surco bajo el riego por goteo. Con prácticas apropiadas de manejo, pueden ser cultivados entre 3 y 4 retoños, con ahorros en los costos agrícolas.

Riesgos tecnológicos

Cuando se utilizan laterales de pared delgada se corren los riesgos de que el sistema sufra daños mecánicos durante la instalación y/o sea atacado por los roedores, que muerden y perforan las cintas. En Venezuela este problema es controlado mediante el empleo de cebotóxicos. Los laterales de pared gruesa no presentan este inconveniente.

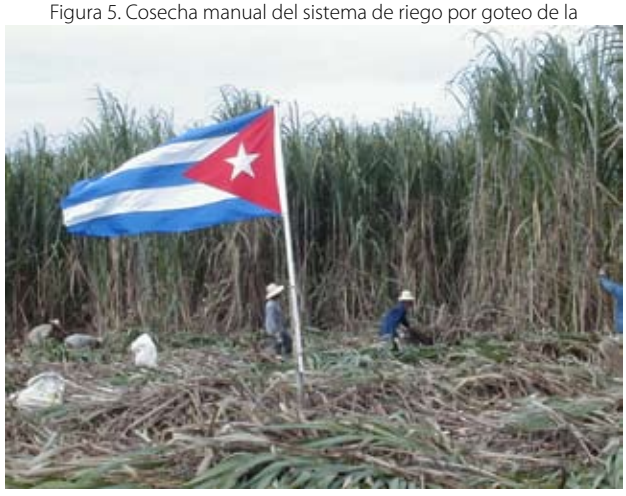
Pueden presentarse incrustaciones de raíces en el lateral, particularmente cuando no se mantiene la parcela permanentemente húmeda. En tal caso hay que aplicar con el agua un producto especial llamado ***trifluralina.***

Otro riesgo es el de obturación de los emisores producto de las precipitaciones de carbonatos disueltos en el agua. Para disolverlas se puede aplicar HCl al 33 % de concentración, dejando la solución durante 15 minutos dentro del sistema.

Ante obturaciones debidas a bacterias, algas u otro tipo de materia orgánica se puede emplear hipoclorito de de calcio o de sodio, en dosis de 1 – 2 ppm de cloro libre en aplicaciones continuas o de 10 – 20 ppm en aplicaciones cada 3 – 6 meses.

Figura 4. Montaje de un sistema de riego por goteo. Provincia Granma, CUBA.

Figura 5. Cosecha manual del sistema de riego por goteo de la



Cooperativa cañera 1er Soviet de América. Provincia Granma, CUBA.

CONCLUSIONES

- La tecnología de riego por goteo subterráneo en la caña garantizó la obtención de rendimientos agrícolas entre 206 y 224,34 ton/ha para caña planta

de 20 a 21 meses, y entre 91 y 154 ton / ha en los retoños.

- La población en los sistemas evaluados fue de 14 a 20 tallos por metro de surco, y la altura de tallos superior a 3,5 m, llegando a 5 m en algunos casos.
- Los rendimientos mensuales alcanzaron hasta 11,81 ton/ha en caña planta; equivalentes a los mejores resultados reportados para la caña en Cuba.
- Con el riego por goteo subterráneo se garantizan, entre otros, los siguientes beneficios: la inversión se recupera en dos o tres cosechas; disminución del consumo energético hasta en un 40% en relación con la aspersión; reducción del volumen de agua entre 35-65 % comparado con otras técnicas; ahorro de hasta 30 % de fertilizante por tonelada de caña producida; ahorro de hasta 50 % en la aplicación de herbicidas, reducción en más del 20 % de los costos por toneladas de caña producida y cosechada, y aumento de la vida útil de la cepa en dos o más años.
- Con el riego por goteo subterráneo se obtuvieron elevados rendimientos agrícolas con los mínimos gastos de operación en comparación con las técnicas convencionales; además de favorecer la preservación del medio ambiente y los recursos naturales por concepto de la prevención de fenómenos degradantes como la erosión, la salinización y el empantanamiento; y beneficios sociales para los productores, sus familias y las comunidades agrícolas.
- Se recomienda continuar la evaluación de los sistemas durante los retoños sucesivos.

LITERARATURA CITADA

1. Barrantes, A. 1995. Riego por goteo en caña de azúcar. Conferencia impartida en el Seminario Latinoamericano de Irrigación. IRRIDELCO INT`L CORP., San José, Costa Rica.

2. Deshmukh, A. 1997. Role of microirrigation in improving sugarcane productivity. ISSCT Irrigation Workshop. Townsville, Australia, Sept. 15-19.

3. García, S.; J. R. Pérez; R. Romero; P. Ricondo; E. García y R. L. Lorente. 2003a. Resultados de la extensión del riego por goteo subterráneo en productores cañeros de altos rendimientos. Revista *ATAC No. 2/2003,* p. 20 – 25.

4. García, S.; J. R. Pérez; R. Romero; P. Ricondo; E. García y R. L. Lorente. 2003b. El riego por goteo subterráneo en Cuba: dos estudios de caso en caña de azúcar. Memorias del *Congreso Internacional de Riego y Drenaje CUBARIEGO 2003*. CD SOFTCAL ISBN 959 – 7164 – 49 – 3.

5. García, S; y J. R. Pérez. 2004. Resultados de la introducción del riego por goteo en la Cooperativa de Producción Agropecuaria cañera "Primer Soviet de América". Revista *Ciencias Técnicas Agropecuarias, 13 (1), 2004*. p. 47 – 50.

6. Martín, J. R.; G. Gálvez; R. De Armas; R. Espinosa; R. Vigoa y A. León. 1987. La caña de azúcar en Cuba. Editorial Científico – Técnica. La Habana, 612 pp.

7. NETAFIM. 1996. Resumen de la información y experiencias disponibles en el tema de riego por goteo en caña de azúcar. Departamento de exportación, 14 hojas.

8. Pizarro, F. 1985. Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos. Editorial Agrícola Española, S.A. Madrid, 542 pp.

9. Sánchez, R. 1995. Informe sobre la participación en el Seminario Internacional de NETAFIM sobre riego por goteo en caña de azúcar realizado en Bundaberg, Australia. Octubre 5 – 8. 10 hojas.

10. Tenglolai, A. and P. Weerathaworn. 1997. Possibility of drip irrigation system in Thailand. 1997. ISSCT Irrigation Workshop. Townsville, Australia, Sept. 15-19.

NOTAS

a MSc. Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA). Ministerio del Azúcar. Carretera al Central M. M. Prieto, km 2½, Boyeros, Ciudad de La Habana, CUBA. Teléfono: 2602567. E – Mail: ignacio@inica.edu.cu. Fax: 2624439

b Dr. e Investigador Titular del INICA**.** Teléfono: 2602567. E – Mail: perezlima@inica.edu.cu. Fax: 2624439

c Dr. e Investigador Titular del INICA**.** Teléfono: 2602567. E – Mail: fonseca@inica.edu.cu. Fax: 2624439

SISTEMA DE RIEGO POR ACOLCHADO EN CAÑA DE AZÚCAR

César Rodriguez Arias
AGRINOVA

* Charla tomada de presentación en Power Point

Dos conceptos diferentes en gasto y aprovechamiento del agua

Se utilizaron 1,260 M^3 en un riego normal en el sistema tradicional y 782 M^3 en el sistema de riego por Acolchado Cañero epa®.

Sistema de riego tradicional

Sistema de Riego con Acolchado Cañero epa®

Comparativo de avance de riego

El Acolchado Cañero epa® inhibe totalmente la erosión del suelo

La película plástica del acolchado protege al suelo de la erosión y de los arrastres de fertilizantes y materiales orgánicos. Así mismo, evita la formación de costra en la parte superficial del suelo lo que impide que emerjan los nuevos brotes (pelillo).

Secuencia del uso del Acolchado Cañero epa®, desde la instalación hasta el final del ciclo y resultados.

1) Preparación del terreno:

Para realizar una buena aplicación del acolchado es necesario realizar el primer cultivo con la fertilización fuerte, recomendando el paso de la cultivadora de discos para desmenuzar los terrones e incorporar los residuos de la cosecha anterior.

2) Instalación de la película plástica

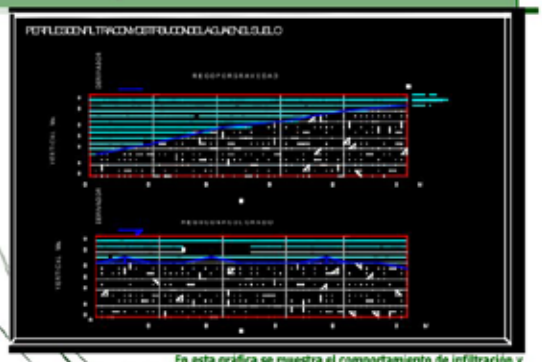
La instalación del acolchado cañero se puede realizar después de la cosecha en cualquier ciclo. Se han diseñado tres modelos diferentes de acolchadoras para la instalación del acolchado cañero, dependiendo del tipo de suelo y del marco de plantación para cada región cañera.

La película plástica epa® está diseñada con pigmentos, resinas y aditivos especiales para que pueda tener una resistencia mecánica alta, para que se achiera adecuadamente al terreno y resista la condiciones físicas de los diferentes tipos de suelo, con una duración hasta el final del ciclo en un calibre muy delgado, con un patrón de perforaciones pre-diseñado de acuerdo a las necesidades de cada región.

3) Riego

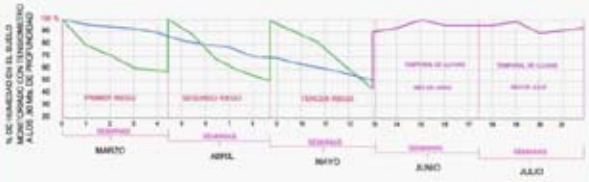
Una vez instalado el plástico en las parcelas, se continua con el riego el cuál puede ser rodado, por aspersión o por captación de la precipitación pluvial.

4) Conservación de la humedad por periodos largos de eficiencia del riego.



En esta gráfica se muestra el comportamiento de infiltración y distribución del agua en el suelo en un aplicación de riego por gravedad y otra por el Sistema de riego con Acolchado Cañero epa® en condiciones semejantes.

COMPARATIVO ACOLCHADO CAÑERO epa® VS. TESTIGO EN : REPRESENTACION DE PERFILES EN RETENCION DE HUMEDAD



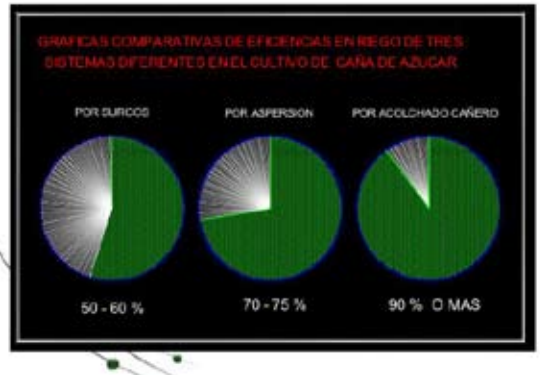
REFERENCIA : CAMPO DEMOSTRATIVO TATEPOZCO INGENIO SAN FCO. AMECA

ACOLCHADO CAÑERO EPA UN SOLO RIEGO

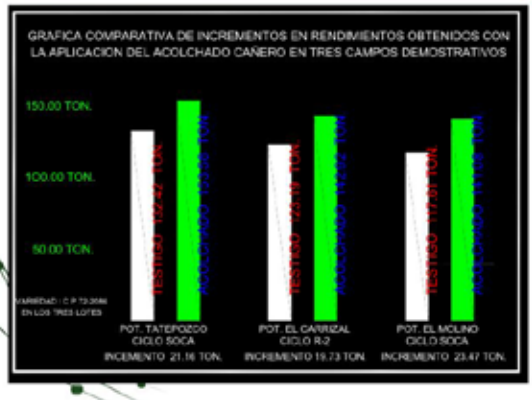
SISTEMA DE RIEGO POR GRAVEDAD TRES RIEGOS

VARIEDAD : CP 72 - 2086
CICLO : SOCA

El Sistema de riego por acolchado cañero demuestra una alta eficiencia



5) Rendimientos con el Acolchado Cañero epa® vs. Testigo



Incremento y desarrollo en el numero de tallos .

El aumento en el numero de tallos, grosor y altura por metro lineal es el factor principal que incrementa los rendimientos por unidad de superficie.

COMPARATIVO DE POBLACION, ALTURAS Y DIAMETRO EN CAÑA DE AZUCAR CON Y SIN ALCOLCHADO EN CONDICIONES DE RIEGO EN EL CAMPO DEMOSTRATIVO PARTICULAR TAMAZULA.

ACOLCHADO CAÑERO

REPETICIONES	No. DE TALLOS (2 Mts. Lin.)	ALTURA PROMEDIO	DIAMETRO cm
1	36	.82	3.6
2	32	.87	3.8
3	46	.73	3.8
4	46	.94	3.4
5	47	.85	3.2
PROMEDIO	41.4	0.84	3.54

VARIEDAD: C.P. 72-2086.
CICLO: SOCA.
EDAD: 179 días.
PRODUCTOR: Moisés Berbosa Z.
SUPERFICIE: 5000 Mts.²

TESTIGO

REPETICIONES	No. DE TALLOS (2 Mts. Lin.)	ALTURA PROMEDIO	DIAMETRO cm
1	30	.73	3.2
2	25	.73	3.4
3	33	.71	3.0
4	31	.73	3.1
5	33	.78	3.2
PROMEDIO	30.4	0.73	3.18

COMPARATIVO DE POBLACION, ALTURAS Y DIAMETRO EN CAÑA DE AZUCAR CON Y SIN ALCOLCHADO EN CONDICIONES DE RIEGO EN EL CAMPO DEMOSTRATIVO PARTICULAR TAMAZULA.

POTRERO EL MOLINO PART. TAMAZULA		RESUMEN		
NO.	TRATAMIENTO	PLANTAS/2 mts.	ALTURA/mts.	DIAMETRO/cm
1	Con acolchado	41.4	0.84	3.54
2	Sin acolchado	30.4	0.73	3.18
	Diferencia	11	0.11	0.36
		26.5%	13.0%	0.10%

OBSERVACIONES:

LA CAÑA CON *ALCOLCHADO epa®* SUPERA A LA CAÑA SIN ALCOLCHADO EN POBLACION (26.5%) ALTURAS (13.0%) Y EN DIAMETRO (0.10%).

6) Evolución del cultivo al utilizar Acolchado Cañero epa®

Cultivo a los **30 días** de aplicación. Zapotitlán, Jalisco.

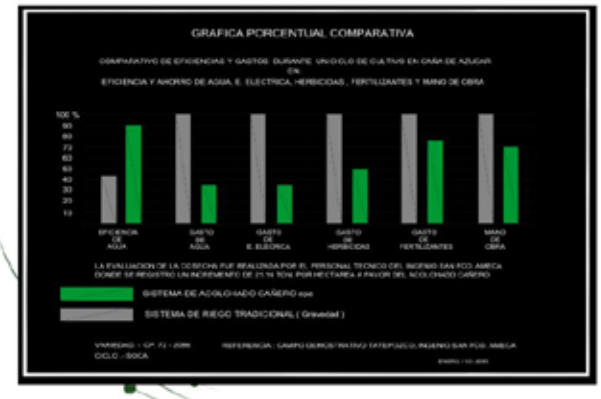
Cultivo a los **2 meses** de aplicación. Tenila, Jalisco.

Cultivo a los **5 meses** de aplicación. Tala, Jalisco.

Cultivo a los **10 meses** de aplicación. Tala, Jalisco.

Primer cosecha. Tamazula, Jalisco.

Cosecha mecánica. Zapotitlán, Jalisco.



Resultados al final del Ciclo.

	RIEGO POR GRAVEDAD	ACOLCHADO CAÑERO	RESULTADOS
COSTO DE AGUA EN RIEGO POR HECTAREA			
COSTO DE E. ELECTRICA EN RIEGO POR HECTAREA			
COSTO DE HERBICIDA POR HECTAREA			
COSTO DE FERTILIZANTE POR HECTAREA			
COSTO DE OTROS CONCEPTOS			
RIEGO DE TONELADAS POR HECTAREA	132.42 TONELADAS	153.56 TONELADAS	

En este análisis se obtuvo un beneficio total sumando los ahorros y el incremento en productividad mayores a los $12,000.00 pesos por Ha., y restando el costo del plástico por Ha. que es menor a $3,900.00 pesos (en el tipo piña es la mitad de este costo) sin considerar los apoyos al campo que podrían recibirse por el uso de este sistema, resulta aún así un beneficio mayor a $8,000.00 pesos por Ha.

Nota: Los datos presentados son en base a costos actuales de materias primas.

"Aplicación del acolchado cañero en el establecimiento de semilleros por medio de yemas en caña de azúcar"

Siembra de yemas alternas con acolchado cañero en tipo piña

La nueva tecnología del sistema de acolchado en caña de azúcar establece una reciente practica de siembra para la formación de semilleros por medio de yemas espaciadas a cada 0.50 mts. en doble hilera tipo piña.

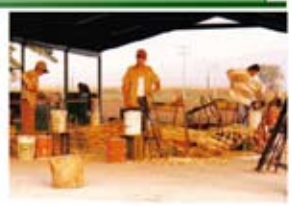
Importancia de los semilleros para nuevas siembras

- La producción de semilla de alta calidad ocupa un lugar prioritario en la renovación y ampliación de los campos cañeros en cada uno de los ingenios en nuestro país, la selección y siembra de material vegetativo es el paso mas importante que un productor debe tomar en cuenta para lograr una buena producción donde la pureza varietal, la capacidad de germinación y la ausencia de plagas y enfermedades proporcionan el desarrollo de altos rendimientos y buenos contenidos de sacarosa.

Selección de la semilla

Con este sistema de siembra se utilizan únicamente 150 de los 750 mts. lineales de semilla que se utilizan para cubrir una Ha. de siembra tradicional

Selección de yemas



Se practica una minuciosa selección de yemas que nos ayuda a encontrar una mejor pureza evitando la siembra de material afectado de plagas y enfermedades.

Optimización del gasto del material vegetativo para nuevas siembras

Se utiliza únicamente el 20% aprox. de la semilla que se necesita en una siembra tradicional con el uso del Acolchado Cañero.

Colocación del tallo en la parte lateral del canal

Hundimiento del tallo sobre la tierra húmeda con la yema hacia arriba en la perforación del acolchado

Riego ligero y dosificación de fertilizante sobre las dos hileras de plántulas emergidas en el acolchado

Desarrollo de las plantas a los 30 días después de la siembra

No existe la presencia de malezas por lo que no hay competencia por los nutrientes

Se aplican las primeras dosificaciones de fertilizante en el riego

Existe en las plantas un rápido desarrollo vigoroso y uniforme

A los dos meses inicia el brote de los tallos secundarios

Inicia la cobertura del surco con una gran cantidad de nuevos tallos

A los ochenta días una sola yema produjo entre 16 y 18 nuevos brotes

A los cien días presentó una población de tallos mayor a la siembra tradicional.

La formación de cepas hechas por una sola yema distribuidas a cada medio metro en dos hileras

Productividad

Se obtuvieron más de un 20% de tallos por metro lineal en la siembra con acolchado cañero contra la siembra tradicional, a los 5 meses después de la siembra.

Campo Experimental Bajíos, Zapotlán, Jalisco, productor particular del Grupo Sáenz.

epa

AGRINOVA

Tecnología y asesoría en plasticultura

Guatemala (502) 2362-9765 y 66
El Salvador (503) 2278-7918
Honduras (504) 971-2085
Nicaragua (505) 252-2857
(505) 252-2858
Costa Rica (506) 265-8138
(506) 265-1117

www.agrinova.com.gt

ACOLCHADO Cañero epa

SITUACION ACTUAL DEL CONTROL DE MALEZAS EN EL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZUCAR EN COSTA RICA

Javier Bolaños Porras; Roberto Alfaro Portuguez
Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar
e-mail:jbolanos@laica.co.cr, ralfaro@laica.co.cr

INTRODUCCION

Costa Rica posee una gran variabilidad de condiciones climáticas a lo largo de todo su territorio nacional. Esta variabilidad permite que la caña de azúcar se cultive desde los 0 hasta 1500 msnm con precitaciones que se registran entre los 1700 y 3900 mm acumulados por año y temperaturas variables que permiten a la vez la presencia de una gran diversidad de especies de malezas que compiten con dicho cultivo. La agresividad con que crece una maleza está directamente relacionada con el ambiente en que se desenvuelve (condiciones climáticas y edáficas), razón por la cual cada Técnico Agrícola de los quince diferentes ingenios que operan en el país utilizan mezclas y dosis de herbicidas diferentes para el control de las malas hierbas.

La variación en las dosis de herbicidas a utilizar en un determinado lote estará definido por el tipo de malezas presentes (Gramíneas, Hojas Anchas, Ciperaceas, etc) así como por la agresividad de las mismas. También se hace necesario tomar en cuenta el orden de suelo existente (Vertisoles, Mollisoles, Alfisoles, Inceptisoles, Ultisoles, Entisoles) de manera que suelos con mayor presencia de arcillas adhieren más moléculas de herbicidas, que aquellos que poseen en su estructura altos niveles de arena.

Otro factor a ser considerado y que influye en las dosis a emplear, es la presencia de materia orgánica en el suelo, por el mismo factor de adherencia de moléculas de herbicidas que estas ejercen; así como la variedad de caña sembrada, ya que existen variedades de caña de azúcar sumamente susceptibles a algunos herbicidas por más selectivos que estos sean al cultivo.

La elección del herbicida estará influenciada por diferentes situaciones que se deben considerar como son la agresividad de las malezas predominantes y el momento de aplicación (Premergencia, Post-Emergencia Temprana – Intermedia o Tardía). Actualmente el mercado ofrece muchas y muy buenas alternativas para el control de malezas, por lo que se hace necesario tomar en cuenta los aspectos antes mencionados con el objeto de seleccionar las mezclas de herbicidas que obtengan un mayor control sobre la maleza y que sean económicamente viables.

La agroindustria azucarera nacional está conciente de la necesidad de poner en práctica todas las estrategias que existen para controlar las malas hierbas, de manera que como es lógico, hecha mano al control químico, pero además en la medida de lo posible utiliza otros métodos como lo son el mecánico, preventivo y el biológico que esta a nivel investigativo.

OBJETIVO GENERAL

Conocer y analizar las diferentes técnicas de manejo relacionadas con el control de malezas en las distintas regiones cañeras del país.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

Determinar cual (es) son los herbicidas más utilizados y su respuesta de control para cada una de las condiciones edafoclimáticas de las diferentes regiones cañeras del país.

Comparar entre los diferentes Ingenios del país las mezclas de herbicidas que se aplican actualmente y con cuales se han obtenido mejores resultados en el control de malezas.

Identificar las malezas difíciles de controlar que afectan actualmente las plantaciones cañeras en el país.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se realizó a través de consultas personales realizadas a funcionarios encargados en los diferentes Departamentos Agrícolas de los quince Ingenios establecidos en el país, los cuales se detallan a continuación: Región Central Oriental (Juan Viñas y Atirro) Región Sur (Coopeagri), Región Norte (Cutris, Santa Fe, Quebrada Azul), Región Central Occidental (Providencia, Costa Rica, Coopevictoria, Porvenir y Coopecañera), Región Pacífico Seco (El Viejo, CATSA y Taboga), y la Región Pacífico Central (El Palmar).

Para la recopilación de la información, se utilizó una ficha técnica, la cual contenía aspectos generales que deben ser tomados en cuenta para el manejo del cultivo de la caña de azúcar. Estos datos se detallan a continuación:

- Control Químico
- Momento de Aplicación
- Control Mecánico
- Control Preventivo
- Malezas Problemáticas
- Relación Variedades Herbicidas
- Manejo de Aguas
- Equipos de Aplicación
- Malezas de Importancia Económica

RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 1 se describen las mezclas de herbicidas y las dosis por hectárea que se usan en las diferentes regiones cañeras de Costa Rica individualmente por Ingenio.

El herbicida Terbutrina 50 SC o 80 WG es el que presente una mayor utilización como se observa en el Cuadro 1, sin embargo lo utilizan los Ingenios COOPEAGRI R.L., Juan Viñas, Santa Fe y Coopecañera, las dosis en las que dicho herbicida se usa varían entre 1,25 L/ha como se reporta en el Ingenio Cutris hasta 6 L/ha que aplica el Ingenio El Porvenir.

La dosis de la Terbutrina y los herbicidas que la acompañan en la mezcla dependen de la presencia de la maleza *Rottboellia cochinchinensis* y el momento de la aplicación por ejemplo en Post Emergencia, la variación en la dosis que se utilice dependerá del tamaño en que se encuentre la maleza (Post Emergencia Temprana o Menos de 10 cm), (Post Emergencia Intermedia de 10 cm a antes de la floración) y (Post Emergencia Tardía después de la floración). Algunos herbicidas que agregan mezclas son: Atrazina 80 WG, Ametrina 80 WG, Diuron 80 WG o SL, Krismat 75 WG, 2,4-D 60 SL o MSMA 72 SL que lo utilizada en los casos en que la maleza está en condición de Post Emergencia Tardía.

Según los comentarios de Técnicos de Ingenios y algunos Productores independientes la mezcla MSMA 72 SL a 1L/h con Terbutrina produce un muy buen sinergismo controlando la maleza Rottboellia cochinchinensis en estados muy avanzados de desarrollo (Post Emergencia Tardía), sin así perjudicar visualmente al cultivo ya que no se nota fitotoxicidad después de la aplicación.

Tanto el Ingenio Atirro como los Productores Independientes del Valle Central Oriental no reportan el uso de Terbutrina como un componente individual de sus mezclas, sin embargo usan Amigan 75 WG que está compuesto por Ametrina (40%) y Terbutrina (25%).

Otro aspecto a destacar en el Cuadro 1 es el hecho de que en la Región Sur tanto en el Ingenio Coopeagri como Productores Independientes no utilizan el herbicida Diuron en sus mezclas, tampoco lo reporta el Ingenio Coopecañera en el Valle Central Occidental, ni el Ingenio CATSA, Ingenio Taboga y los Productores Independientes de la Región Pacífico Seco. Uno de las principales motivos por los que algunos productores no utilizan el herbicida Diuron se debe a la falsa creencia de que este producto es muy residual y esteriliza el suelo.

La mayoría de las aplicaciones de herbicidas se hacen en condición de Post Emergencia, sin embargo en algunos casos se aplican Preemergentes pero solo en renovaciones y siembras nuevas donde el cultivo está en el ciclo planta. El Preemergente que se reporta como más utilizado es:

Pendimentalina 50 EC	Región Sur:	Productores Independientes
	Región Norte:	Ingenio Quebrada Azul y Productores Independientes
	Región Pacífico Seco:	Ingenios CATSA, Taboga, El Viejo y Productores Independientes
	Región Pacífico Central:	Ingenio El Palmar y Productores Independientes

Nótese en el Cuadro 1 que tanto el Ingenio El Palmar como el Viejo usan Pendimentalina en mezcla con otros herbicidas, esto debido principalmente a que realizan aplicaciones en Post Emergencia Temprana en caña planta.

Otro Preemergente usado es el Metribuzin, el cual es aplicado por los productores de la Región Sur y en los Ingenios Porvenir y Santa Fe.

El Acetoclor 90 EC es aplicado básicamente en el Valle Central, tanto en el Ingenio Coopevictoria y Productores Independientes. También el herbicida Diuron 80 WG en la dosis de 4,5 Kg/ha es utilizado como Preemergente en el Ingenio Providencia.

Particularmente la Región Norte utiliza dos Preemergentes poco usados en el cultivo de la caña de azúcar

como lo son Oxifluorfen 24 EC, el cual es aplicado por Productores Independientes, al igual que el Imazapir 24 SL utilizado por el Ingenio Quebrada Azul, tanto en el cultivo de la caña de azúcar como para control preventivo de malezas en drenajes y bordes de lotes.

El uso de herbicidas como Metribuzin o Diuron a dosis altas como Preemergente revela un mal uso de estos herbicidas no solo por el costo de la aplicación además del control relativamente deficiente si se compara con algún herbicida preemergente.

En cuanto al control de Hoja Ancha se puede apreciar que en general se utiliza el herbicida 2,4-D 60 SL o algún otro producto con menos concentración de 2,4-D pero con otra molécula adicional como son los casos de Fenoxal 48 SL, Truper 13 EC y Flash 7,5 SL.

El único Ingenio que no utiliza 2,4-D en sus mezclas es Coopeagri, ya que actualmente para el control de la Hoja Ancha se encuentran aplicando el herbicida Triclopyr 48 EC.

CUADRO 1
Productos y Dosis de Herbicidas Utilizados por Productores e Ingenios de las Diferentes Zonas Cañeras de Costa Rica

Ingenio y Productores	Ciclo del Cultivo	Productos y Dosis/ha	Condición	
		Región Sur		
Coopeagri	Planta	Atrazina 80 WG 3 Kg + Ametrina 80 WG 2 Kg + Triclopyr 500 cc	Post Emergencia Temprana	
	Soca	Atrazina 80 WG 3 Kg + Ametrina 80 WG 2 Kg + Tricopyr 500 cc	Post Emergencia Intermedia	
Productores	Planta	Pendimentalina 50 EC 2 L o Metribuzin 70 WP 1 Kg	Preemergencia	
	Planta	Terbutrina 50 SC 3 L + Ametrina 80 WG 2 Kg + 2,4-D 60 SL 2 L	Post Emergencia Temprana	
Independientes	Soca	Terbutrina 50 SC 3 L + Ametrina 80 WG 2 Kg + 2,4-D 60 SL 2 L (MSMA 72 SL 1 L*)	Post Emergencia Temprana Emergencia Tardía*	Post
	Soca	Terbutrina 50 SC 3 L + Atrazina 80 WG 2 Kg + 2,4-D 60 SL 2 L (MSMA 72 SL 1 L *)	Post Emergencia Temprana Post Emergencia Tardía*	
		Valle Central Oriental		
Juan Viñas	Planta	Diurón 80 WG 2 Kg + Velpar K 63 800 g + 2,4-D 60 SL 2 L	Post Emergencia Temprana	
	Soca	Diurón 80 WG 2 Kg + Velpar K 63 800 g + 2,4-D 60 SL 2 L	Post Emergencia Temprana	
Atirro	Planta	Diurón 80 SC 2 L + Amigan 75 WG 2,5 Kg + 2,4-D 60 SL 2 L	Post Emergencia Temprana	
	Soca	Diurón 80 SC 2 L + Amigan 75 WG 2,5 Kg + 2,4-D 60 SL 2 L	Post Emergencia Temprana	
Productores	Planta	Diurón 80 SC 2 L + 2,4-D 60 SL 2 L (80%)	Post Emergencia Temprana	
Independientes	Soca	Hexazinona 75 WG 300 g o	Post Emergencia	
		Amigan 75 WG 2,5 Kg + 2,4-D 60 SL 2 L	Intermedia-Tardía	
		Región Norte		
Cutris	Planta	Paraquat 20 SL 1,5 L o Glifosato 35,6 SL 1,0 L + Ametrina 80 WG 2,5 Kg	Preemergencia al Cultivo	
	Soca	Diurón 80 SC 1,25 L + Terbutrina 50 SC 1,25 L + Ametrina 80 WG 2 Kg + Fenoxal 48 SL 2 l	Post Emergencia Intermedia Tardía	
Santa Fe	Planta	Metribuzin 70 WP 1 Kg	Preemergencia	
	Soca	Hexazinona 75 WG 50 g + Diuron 80 WG 2,4 Kg + 2,4 D 60 SL 2 L	Post Emergencia Intermedia	
Quebrada Azul	Planta	Pendimentalina 50 EC 3 L o Imazapir 24 SL 1 L	Preemergencia Total	
	Soca	Terbutrina 50 SC 3 L + Diuron 80 WG 2 Kg + 2,4 D 60 SL 3 L	Post Emergencia Temprana	
	Soca	MSMA 72 SL 0,8 L + Terbutrina 50 SC 1 L + Diuron 80 WG 2 Kg	Post Emergencia Temprana Tardía	
Productores	Planta	Oxifluorfen 24EC 1,5 L o Pendimentalina 50 EC 2 L	Preemergencia Total	
	Planta	Diurón 80 SC 2 L + MSMA 72 SL 1 L	Post Emergencia Temprana	
Independientes	Soca	MSMA 72 SL 1 L + Diurón 80 SL 4 L + Terbutrina 50 SC 4 L + 2,4-D 60 SL 2 L	Post Emergencia Tardía	
	Soca	Diurón 80 SC 1,5 + Terbutrina 50 SL 1,5 + 2,4-D 60 SL 2 L	Post Emergencia Temprana	

CUADRO 1 (Continuación)
Productos y Dosis de Herbicidas Utilizados por Productores e Ingenios de las Diferentes Zonas Cañeras de Costa Rica

Ingenio y Productores	Ciclo del Cultivo	Productos y Dosis/ha	Condición
		Valle Central Occidental	
Providencia	Planta	Diurón 80 WG 4,5 Kg	Preemergencia
	Soca	Terbutrina 50 SC 3 L + Diuron 80 WG 3 Kg + 2,4 D 60 SL 3 L	Post Emergencia Intermedia
Costa Rica	Planta	Terbutrina 50 SC 1,75 L + Diuron 80 WG 3 Kg + Truper 13 EC 2 L	Post Emergencia Temprana
	Soca	Terbutrina 50 SC 1,75 L + Diuron 80 WG 3 Kg + Truper 13 EC 2 L	Post Emergencia Temprana
Coopevictoria	Planta	Pendimentalina 50 EC 2 L o Acetoclor 90 EC 2 L	Preemergencia
	Soca	Terbutrina 50 SC 1,5 L + Diurón 80 WG 2 Kg + 2,4-D 60 SL 2 L (MSMA 72 SL 1 L*)	Post Emergencia Intermedia- Post Emergencia Tardía*
	Planta	Metribuzin 48 EC 1,5 L	Preemergencia
Porvenir	Soca	Terbutrina 50 SC 6 L + Diuron 80 WG 2,5 Kg + 2,4 D 60 SL 2 L	Post Emergencia Tardía
Coopecañera	Soca	MSMA 72 SL 1 L + Flash 7,5 SL 1 L + Metsulfuron metil 75 WG 20 gr	Post Emergencia Temprana
Productores	Planta	Diuron 80 WG 2 Kg o Acetoclor 90 EC 2 L	Preemergencia
Independientes	Soca	Terbutrina 50 SC 3 L + MSMA 72 SL 1 L + 2,4-D 60 SL 2 L	Post Emergencia Tardía
		Región Pacífico Seco	
El Viejo	Planta	Pendimentalina 50 EC 3 L + Ametrina 80 WG 2 Kg + 2,4-D 60 SL 1,5 L (20%)	Post Emergencia Temprana
	Planta	Pendimentalina 50 EC 3 L + Terbutrina 50 SC 3,13 L + 2,4-D 60 SL 1,5 L (80%)	Post Emergencia Temprana
	Soca	Ametrina 80 WG 3 Kg + Terbutrina 50 SC 3 L + 2,4-D 60 SL 1,5 L (50%)	Post Emergencia Intermedia
	Soca	Terbutrina 50 SC 2,5 L + Diuron 80 WG 2,5 Kg + 2,4-D 60 SL 1,5 L (25%)	Post Emergencia Intermedia
	Soca	Hexazinona 75 WG 0,6 Kg + Diuron 80 WG 2,5 Kg + 2,4-D 60 SL 1,5 L (25%)	Post Emergencia Intermedia Tardía
CATSA	Planta	Pendimentalina 50 EC 2 a 3 L + Glifosato 35,6 SL 2 L	Preemergencia al cultivo
	Soca	Amigan 75 WG 5 a 6 Kg + Flash 7,5 SL 2 L	Post Emergencia Temprana Intermedia
	Soca	Terbutrina 80 WG 3 Kg + Ametrina 80 WG 3 Kg + Flash 7,5 SL 2 L	Post Emergencia Temprana Intermedia
	Soca	Terbutrina 80 WG 5 Kg + Krismat 75 WG 1 Kg (áreas Cyperus)	Post Emergencia Intermedia
Taboga	Planta	Pendimentalina 50 EC 3 L	Preemergencia
	Soca	Terbutrina 80 WG 3,15 Kg + Ametrina 80 WG 2,5 Kg + 2,4-D 72 SL 1,5 L	Post Emergencia Intermedia
Productores	Planta	Pendimentalina 3 L (20%)	Preemergencia
Independientes	Soca	Terbutrina 50 SC 3,5-4 L + Ametrina 80 WG 2 Kg + 2,4-D 60 SL 2 L	Post Emergencia Intermedia Tardía
	Soca	Amigan 75 WG 5 Kg + 2,4-D 60 SL 2 L	Post Emergencia Intermedia Tardía
		Región Pacífico Central	
El Palmar	Planta	Pendimentalina 50 EC 2-3 L + Terbutrina 50 SC 3,5-4 L + 2,4-D 60 SL 1,5 L	Post Emergencia Temprana
	Soca	Terbutrina 80 WG 2-2,5 Kg + Ametrina 80 WG 4-4,5 Kg + 2,4-D 60 SL 1,5 L	Post Emergencia Intermedia
	Soca	Hexazinona 75 WG 0,8-1 Kg + 2,4-D 60 SL 1,5 L	Post Emergencia Tardía
Productores	Planta	Pendimentalina 50 EC 2,5 L	Preemergencia
	Soca	Terbutrina 80 WG 3 a 3,5 Kg + Ametrina 80 WG 1 Kg + 2,4-D 60 SL 1,5 L	Post Emergencia Intermedia Tardía
Independientes	Soca	Ametrina 50 EC 4,5 L + Diuron 80 WG 1,4 L + 2,4-D 60 SL 2 L	Post Emergencia Intermedia Tardía

Nota: Los porcentajes que se presentan en las mezclas que utilizan los Productores Independientes en la Región Central Oriental (Caña Planta) y las del Ingenio El Viejo en la Región Pacífico Seco corresponde al uso de la misma.

El Cuadro 2 nos muestra las labores que se realizan en los Ingenios del país, para controlar mecánicamente las malezas y los productos e implementos que se utilizan para erradicar las malas hierbas (control preventivo).

La Figura 1 indica que el implemento que más se utiliza para control mecánico de malezas es el Cultivador ya que once Ingenios lo utilizan (73,33%), la labor que le sigue es la Aporca la cual es aplicada en ocho Ingenios (53,33%) continuando el mismo orden estaría la labor de Subsolado (33%), el Escardillo (20%) y por último el Subescarificado y el Incorporador de residuos los cuales son utilizados por un solo Ingenio (6%) respectivamente. Solamente dos Ingenios a nivel nacional reportan que no realizan ninguna labor mecánica para el control de malezas.

Las regiones productoras de caña de azúcar donde menos agua utilizan para la aplicación de las mezclas de herbicidas son: La Región Pacífico Seco y Central ubicándose respectivamente los siguientes Ingenios: CATSA con menos de 200 l/ha, Ingenio Taboga, El Palmar con 200 l/ha y El Viejo con menos de 300 l/ha.

Sin embargo el gasto de agua que tienen los Ingenios Providencia, Costa Rica y Porvenir casi triplican las cifras anteriores ya que consumen 600 l/ha, según se puede observar en el Cuadro 3 y Figura 2.

En relación al control preventivo de malezas el 100% de los Ingenios aplican el Glifosato 35,6 SL, dos usan la chapiadora (13,33%), además productos como Terbutilazina 50 SC, Paraquat 20 SL, Oxifluorfen 24 EC, Imazapir 24 SL y herramientas como la motoguadaña y la rastra son usados solamente por un Ingenio respectivamente como se observa en la Figura 3.

Entre las labores preventivas los herbicidas son aplicados en las rondas de los lotes cultivados con caña de azúcar en candes de drenaje y callejones internos de fincas.

CUADRO 2
Controles Agrícolas Utilizados en los Diferentes Ingenios y Zonas Cañeras de Costa Rica

Ingenio	Ciclo	Control Mecánico	Control Preventivo
Región Sur			
Coopeagri	Soca	Cultivador 15% del área	Glifosato 35,6 SL
Valle Central Oriental			
Juan Viñas	Planta	Aporca y Cultivador	Glifosato 35,6 SL
	Soca	Subsolado	
Atirro	Planta	Aporca	Glifosato 35,6 SL
	Soca	Subsolado	
Región Norte			
Cutris	Planta	Aporca	Glifosato 35,6 SL- Paraquat 20 SL
	Soca	Subsolado	Chapiadora
Santa Fe	Planta	Aporca	Glifosato 35,6 SL
	Soca	Subsolado	
Quebrada Azul	Planta	Aporca	Glifosato 35,6 SL
	Soca	Cultivador	Imazapir 24 SL
Valle Central Occidental			
Providencia	Planta	Aporca	Glifosato 35,6 SL
	Soca	Subsolado	
Costa Rica	Planta	Aporca	Glifosato 35,6 SL
	Soca	Aporca	
Coopevictoria	Planta	Aporca	Glifosato 35,6 SL + Oxifluorfen 24 EC
	Soca	Subsolado	Motoguadaña
Porvenir	Planta	No	Glifosato 35,6 SL + Terbutilazina 50 SC
	Soca	No	Chapiadora
Coopecañera	Planta	No	Glifosato 35,6 SL
	Soca	No	
Región Pacífico Seco			
El Viejo	Planta	Aporca y Escardillo	Glifosato 35,6 SL
	Soca	Escardillo	
CATSA	Planta	Escardillo	Glifosato 35,6 SL
	Soca	Subescarificado	
Taboga	Planta	Escardillo	Glifosato 35,6 SL
	Soca	Incorporador de Residuos	
Región Pacífico Central			
El Palmar	Planta	Aporca	Glifosato 35,6 SL
	Soca		Rastra y Chapiadora

CUADRO 3
Equipo de Aplicación, Gasto de Agua por Hectárea, Fuente y Tratamiento de Aguas para las Aplicaciones de Herbicidas

Ingenio	Equipo de Aplicación	Gasto de Agua/ha	Fuente	Coadyuvante	Acidificante
		Región Sur			
Coopeagri	Spray Boom Bomba de Espalda	400 L	Potable (Cañería)	WK	-
Juan Viñas	Spray Boom Bomba de Espalda	360 a 400 L	Acequías Nacientes	Cosmo-in	Cosmo Aguas
Atirro	Bomba de Espalda	400 L	Quebrada, Nacientes Potable (Cañería)	NP 7	-
		Región Norte			
Cutris	Spray Boom	300 L	Pozo Perforado	Limonoil	-
Santa Fe	Spray Boom Bomba de Espalda	300 L	Pozo Perforado Potable (Cañería)	-	-
Quebrada Azul	Spray Boom	400 L	Nacientes Río	Cosmo-in	Cosmo Aguas
		Valle Central Occidental			
Providencia	Spray Boom	600 L	Nacientes	CPCP Coadyuvante	-
Costa Rica	Spray Boom	600 L	Río	WK	-
Coopevictoria	Bomba de Espalda	400 L	Pozo Perforado	NP 7	-
Porvenir	Spray Boom	600 L	Potable (Cañería)	CPCP Coadyuvante	-
Coopecañera	Bomba de Espalda	400 L	Potable (Cañería)	-	-
		Región Pacífico Seco			
El Viejo	Spray Boom	Verano 330 L Invierno 200 L	Pozo Perforado	Penetrante	Regulador de pH y Dureza
CATSA	Spray Boom	150 L	Pozo Perforado	-	-
Taboga	Spray Boom	Invierno 150 L	Pozos y Aguas		
	Bomba de Espalda	Verano 200 L	Tratados en Planta de Tratamiento	Cosmo-in	Cosmo Aguas
		Región Pacífico Central			
El Palmar	Spray Boom	200 L	Pozo Perforado	Cosmo-in WK	-

Adicionalmente el Cuadro 3 muestra información del equipo que se utiliza para la aplicación de herbicidas. Básicamente la mayoría de Ingenios realizan su control de malezas con Spray Boom, sin embargo en el Ingenio Atirro no poseen dicho equipo ni las Cooperativas COOPECAÑERA R.L. y COOPEVICTORIA R.L. La calidad del agua con se aplican las diferentes mezclas de herbicidas incidirán significativamente en el desempeño de los productos sobre el control de las malezas, las fuentes de agua son variadas desde ríos hasta de cañería (agua potable), sin embargo siete Ingenios decidieron perforar un pozo para garantizar tanto calidad como cantidad de agua para dichas aplicaciones.

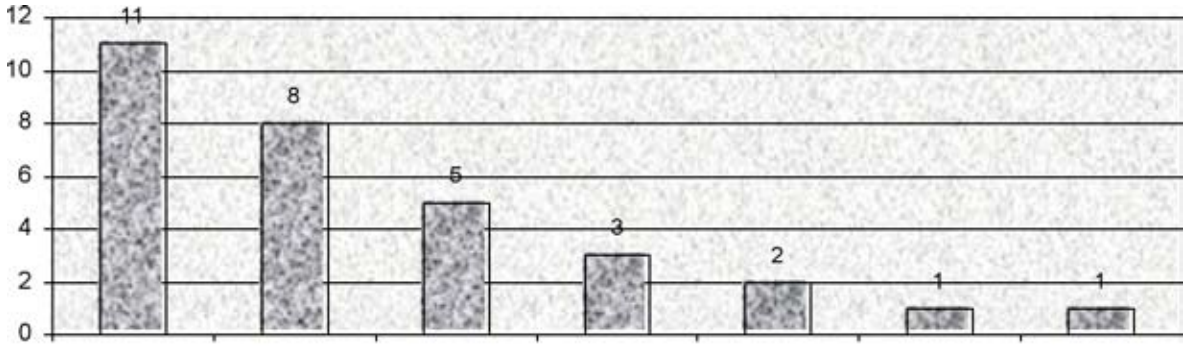


Figura 1. Número de Ingenios por Implemento para Control Mecánico de Malezas

Respecto al tratamiento de aguas se usan diferentes Coadyuvantes como lo son:

Nombre del Coadyuvante	No. Ingenios
Cosmo- in	4
WK	3
NP7	2
CPCP Coadyuvante	2
Limonoil	1

Además el regulador de pH más común es el Cosmo-aguas que lo usan en casi todas las regiones cañeras.

Las regiones Pacífico Seco y Central reportan mayor cantidad de variedades susceptibles a los herbicidas (Triazinas) como lo son:

Canal Point=	CP 72-2086 – CP 72-1210
Barbados=	B 80-689 – B 82-333
República de Brasil=	RB 72-1012

También la Región Norte se reporta susceptibilidad a las Triazinas y Diuron en una variedad Barbados (B 60-267) así como la B 76-259 en el Ingenio Juan Viñas del Valle Central Oriental.

Tanto en los Ingenios COOPEAGRI R.L., Porvenir y Santa Fe no reportan susceptibilidad de variedades a los herbicidas que mezclan para el control de malezas como se observa en el Cuadro 4.

En el Cuadro 5 se presenta el porcentaje de control que tiene después de aplicar la mezcla de herbicida, siendo el Ingenio El Porvenir el único que reporta un 100%, seguido por los Ingenios Providencia, Costa Rica y COOPEVICTORIA R.L. con un 95%; el menor control lo reporta el Ingenio Taboga con 75% (Figura 5).

CUADRO 4
Susceptibilidad de las Variedades Comerciales a los Herbicidas Selectivos Usados en el Cultivo de la Caña de Azúcar en Costa Rica

Ingenio	Producto	Variedad Susceptible
Coopeagri	–	–
Juan Viñas	Diurón y Triazinas	B 76-259
Atirro	Triazinas	B 76-259
Cutris	Triazinas	Q 132
Santa Fe	–	–
Quebrada Azul	Diuron y Triazinas	B 60-267
Providencia	Triazinas	RB 73-9735
Costa Rica	Triazinas	SP 81-2068 - Mex 79-431
Coopevictoria	Triazinas	RB 73-9735
Porvenir	–	–
Coopecañera	Triazinas	RB 73-9735
El Viejo	Triazinas	RB 72-1012
		CP 72-1210
		B 80-689
		B 82-333
CATSA	Triazinas	B 80-689
		CP 72-1210
Taboga	Triazinas	B 80-689
		CP 72-1210
		CP 72-2086
El Palmar	Triazinas	CP 72-2086
		CP 72-1210
		B 80-689

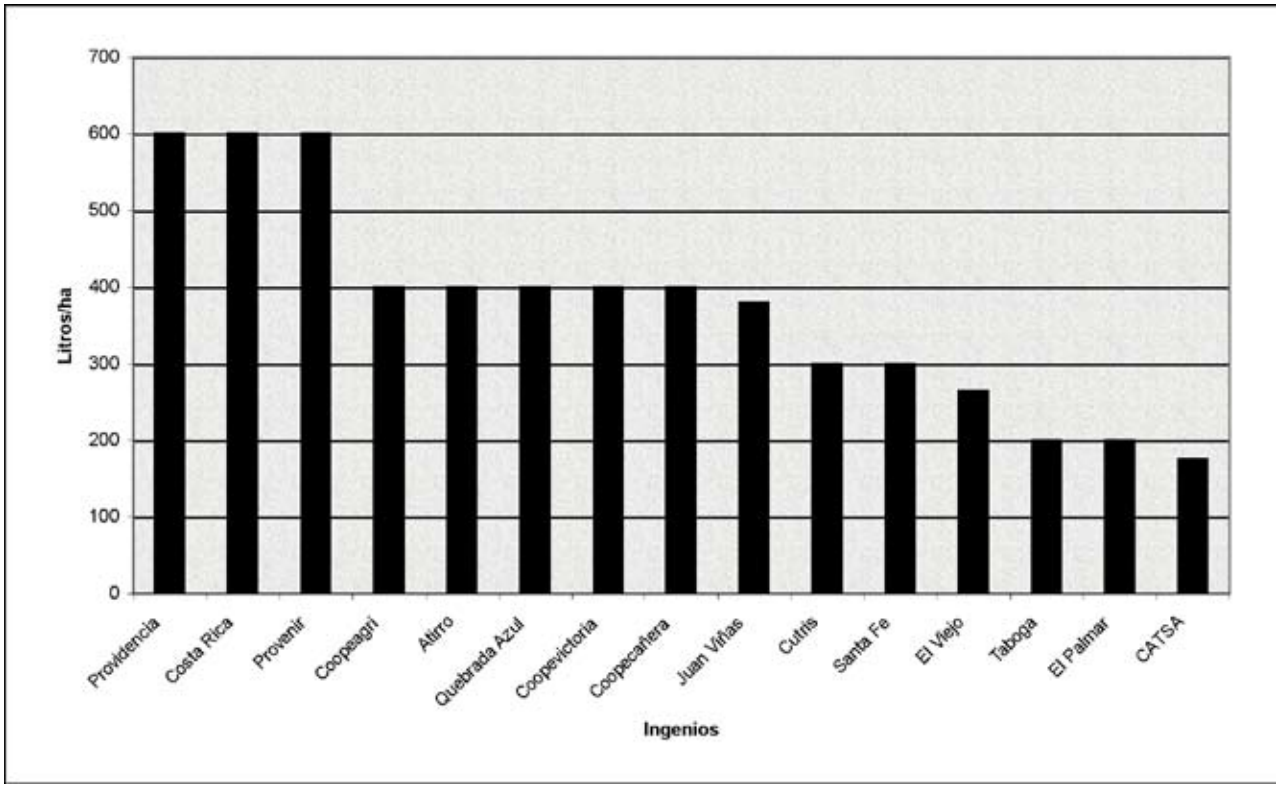


Figura 2. Gasto por Agua por Hectárea para Aplicaciones de Herbicidas en los Ingenios de Costa Rica.

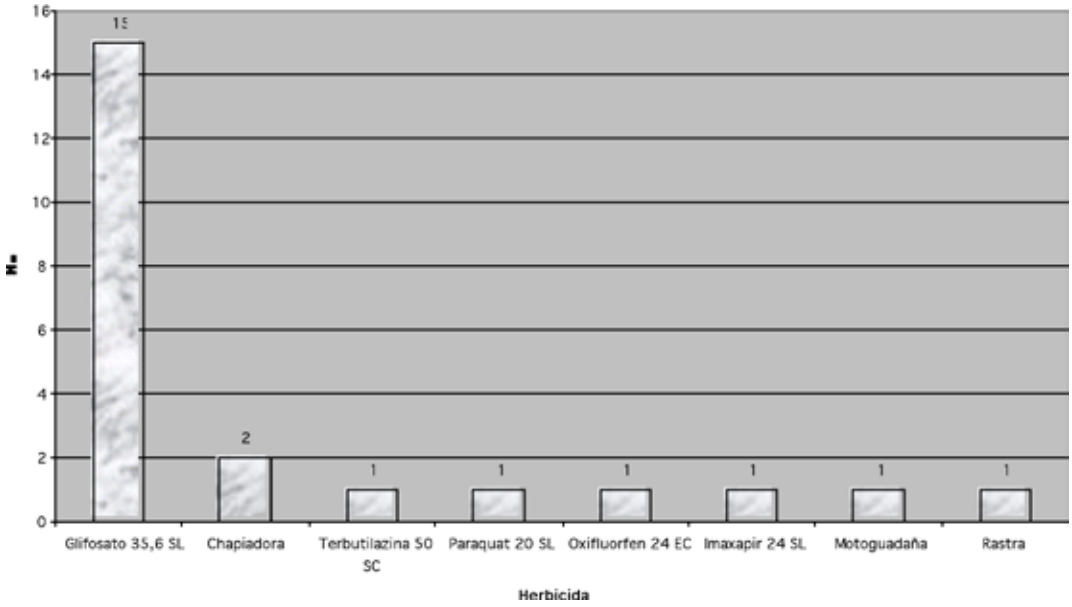


Figura 3. Número de Ingenios por Producto para Control Preventivo de Malezas

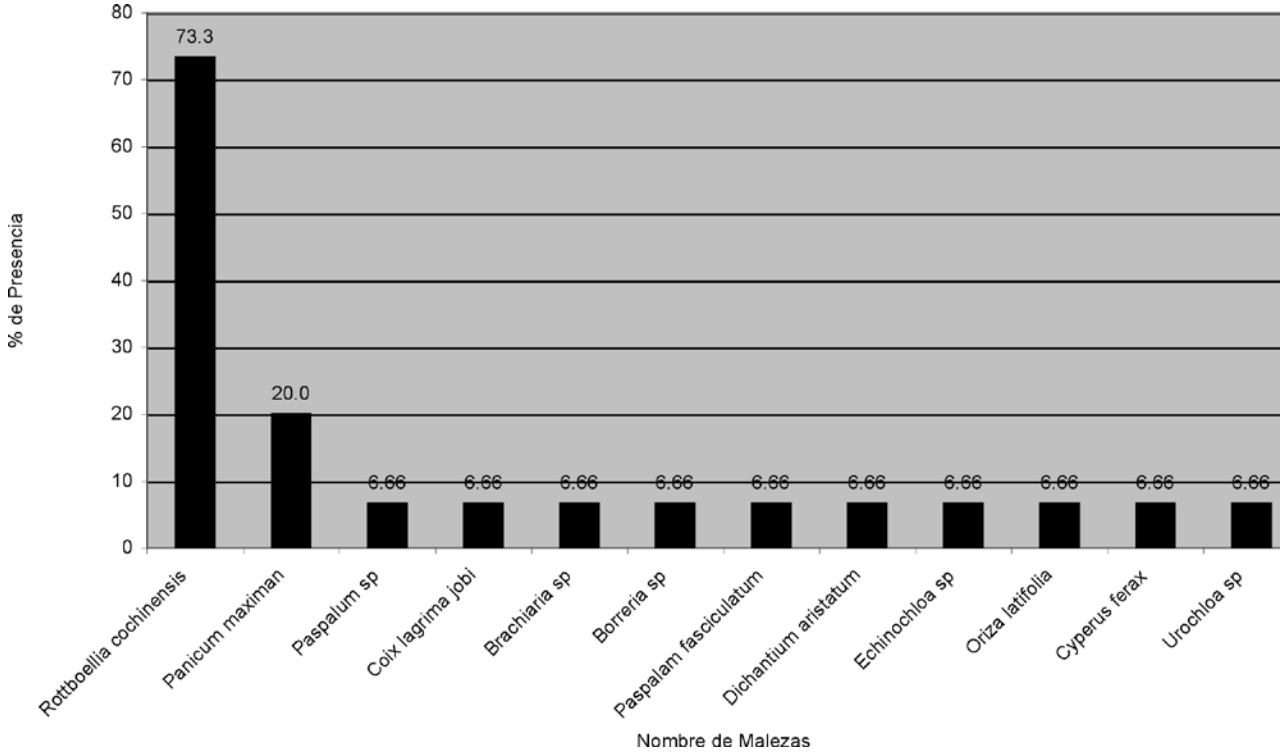


Figura 4. Número de Ingenios que Reportan la Maleza como Problemática.

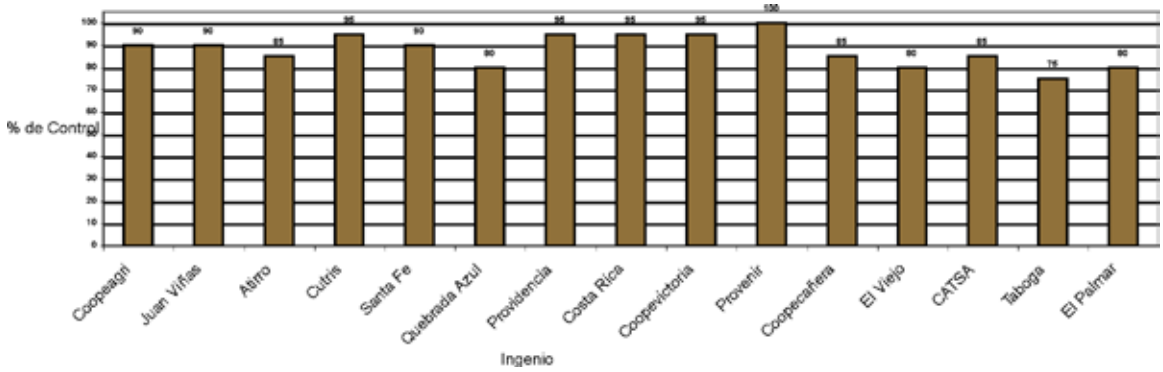


Figura 5. Porcentaje de Control de Malezas por Ingenio

Los costos del control de malezas varían de US$40 a US$135 por hectárea, muy influenciado por las dosis de herbicidas usadas y las malezas presentes.

Los ingenios que obtienen menos del 85% de control de malezas después de la aplicación de la mezcla de herbicidas controlan los escapes de malas hierbas con una aplicación dirigida de Glifosato 35,6 SL (7 Ingenios) o una chapia manual (2 Ingenios) y el arranque con pala de cepas de *Panicum maximun* (1 Ingenio).

El uso tan generalizado del herbicida Terbutrina en la agroindustria cañera costarricense radica básicamente en la incidencia de la maleza *Rottboellia cochinchinensis* que está presente y reportada como maleza problemática en once de los quince ingenios que tiene el país (73,33% de los ingenios) (Figuras 4).

CONCLUSIONES

1) El herbicida que se utiliza generalizadamente en las mezclas para control de malezas en caña de azúcar es la Tebutrina 50 SC o 80 WG seguido por el Diuron 80 WG.

CUADRO 5
Porcentaje de Control de Malezas, Costos, Control de Escapes y Malezas Problemáticas en los Ingenios de Costa Rica

Ingenio	% de Control de la Maleza	Costo $/ha	Control de Escapes	Malezas Problemáticas
Coopeagri	90 (Digitaria 50%)	65,4	Glifosato 35,6 SL Dirigido Chapia	Digitaria sp
Juan Viñas	90	40	Glifosato 35,6 SL Dirigido	*Brachiaria sp* *Borreria sp* *Panicum maximun*
Atirro	85	45	Arranque Manual (Pala)	*Rottboellia cochinchinensis*
Cutris	95	42		*Panicum maximun*
Santa Fe	90	74	Glifosato 35,6 SL Dirigido	*Panicum maximun* *Paspalum sp* *Coix lagrima jobi* *Rottboellia cochinchinensis*
Quebrada Azul	80	40	Glifosato 35,6 SL Dirigido	Rottboellia cochinchinensis Paspalum fasciculatum
Providencia	95	75	–	*Rottboellia cochinchinensis*
Costa Rica	95	60	–	*Rottboellia cochinchinensis*
Coopevictoria	95	60	–	*Rottboellia cochinchinensis*
Porvenir	100	80	–	Rottboellia cochinchinensis
Coopecañera	85	62	–	–
El Viejo	80	58,5	Glifosato 35,6 SL Dirigido	*Angleton (Dichantium aristatum)* *Echinochloa sp* *Rottboellia cochinchinensis*
CATSA	85	42,5	Glifosato 35,6 SL Dirigido	*Oriza latifolia* *Cyperus ferax* *Rottboellia cochinchinensis*
Taboga	75	135	Glifosato 35,6 SL Dirigido	*Rottboellia cochinchinensis*
El Palmar	80	45	Chapias	Rottboellia cochinchinensis Urochloa sp

2) La cultura de control de malezas en condición de preemergencia es dirigida básicamente a siembras de áreas nuevas o áreas de renovación (Caña Planta), sin embargo los preemergentes no son de uso generalizado en esta condición ya que muchos Ingenios y Productores Independientes controlan la maleza en Post Emergencia, teniendo que desembolsar más dinero para aplicar varios productos (mezclas para Post Emergencia) en lugar de un solo producto (Preemergente).
3) En la Región Norte específicamente el Ingenio Quebrada Azul es donde utilizan el Imazapir 24 SL como preemergente y los Productores Independientes de esta región son los únicos que aplican Oxifluorfen 24 EC en preemergencia a la caña de azúcar.

4) Para controlar la maleza *Rottboellia cochinchinensis* en Post Emergencia Tardía algunos Ingenios y Productores Independientes en las Regiones Sur, Valle Central Occidental y Norte adicionan a la mezcla usada MSMA 72 SL a la dosis de 1 l/ha.
5) Los implementos agrícolas más usados por los Ingenios de Costa Rica en el control mecánico de malezas son el cultivador (11 Ingenios) el Aporcador (8 Ingenios) y el Subsolador (5 Ingenios), además solo dos Ingenios no utilizan el control mecánico de malas hierbas.
6) Tres Ingenios del Valle Central Occidental consumen, para aplicar sus mezclas de herbicidas, 600 litros de agua por hectárea, mientras que los cuatro Ingenios de las Regiones Pacífico Seco y Central gastan menos de 300 litros de agua por hectárea.
7) El Glifosato 35,6 SL es el herbicida más usado en el control preventivo de malezas y en aplicaciones dirigidas dentro del cultivo para el control de malas hierbas que se escapan a la mezcla herbicida usada.
8) Las variedades B 76-259, B 80-689, CP 72-2086, RB 72-1012, Mex 79-431, Q 132, B 60-267, RB 73-9735, SP 81-2068 y CP 72-1210 son reportadas como susceptibles a las Triazinas según la experiencia de los Técnicos encargados del control de malezas en los Ingenios de Costa Rica.
9) La *Rottboellia cochinchinensis* es reportada como maleza problemática en la mayoría de Ingenios del país (11 reportes) para un 73,33% de incidencia, seguida por el *Panicum maximun* (3 reportes) con 20% de incidencia.

RECOMENDACIONES

1) Se debe de incrementar el uso de preemergentes ya que esta comprobado que afectan mucho menos la producción que los Post Emergentes por más selectivos que los mismos sean al cultivo de la caña de azúcar.
2) Con el uso de Preemergentes no solo en caña planta sino también en caña soca se puede controlar las semillas de las maleza Rottboellia cochinchinensis y Panicum maximun para que a mediano plazo estas malas hierbas ya no sean problemáticas.
3) Se debe controlar la Rottboellia cochinchinensis como máximo en Post Emergencia Intermedia, antes de que la misma florezca para ir paulatinamente disminuyendo el banco de semillas que se encuentran en las áreas cultivadas de caña de azúcar.
4) Los lugares donde existen problemas en el control de malezas deben de agilizar la investigación y determinar si los herbicidas coadyuvantes y dosis utilizadas son las adecuadas para solucionar los problemas de malas hierbas.
5) La calibración del equipo de aplicación debe de realizarse permanentemente, práctica que no es común en algunos Ingenios del país. Con ello se puede lograr más eficiencia en el control de las malezas.
6) Es importante usar una cantidad considerable de agua por hectárea en las aplicaciones para que el producto (herbicida) quede bien distribuido, sin embargo en algunos Ingenios exceden en el mismo por lo que se les recomienda calibrar el equipo para que se disminuya el gasto de agua por hectárea y si tenga un mayor avance en el control de malas hierbas.
7) Cuando se cultivan variedades de caña de azúcar susceptibles a los herbicidas selectivos es recomendable controlar la maleza en Preemergencia o Post Emergencia Temprana para no afectar la producción de las mismas.
8) Es recomendable una reunión con los técnicos de los Ingenios para intercambiar ideas y acciones que mejoren el control de malezas a nivel nacional.

REFERENCIAS

Ingenio	**Técnico**	**Teléfono**
COOPEAGRI R.L.	Ing. Oldemar Navarro	738-22-84
JUAN VIÑAS	Tec. Tomás Madriz	532-22-11
ATIRRO	Ing. José Miguel Vargas	531-12-12
CUTRIS	Sr. Luis Quirós Godínez	469-90-20
SANTA FE	Tec. Otto Quesada	460-03-83
Quebrada Azul	Ing. Ronal Berrocal Kooper	475-57-41
Costa Rica	Sr. Carlos Ruiz	458-40-26
Providencia	Sr. Fermín Montes	444-52-82
Porvenir	Ing. Ramón Aguilar	458-40-02
Coopevictoria	Ing. Cristrian Quesada	494-18-66
Coopecañera	Sr. Alexander Rojas	445-51-24
El Viejo	Ing. Arturo Sánchez	688-85-84
CATSA	Ing. Jesús Vargas	688-81-85
Taboga	Ing. Edgar Vega	674-02-10
El Palmar	Ing. Pedro Buzano	639-37-66

DIECA	**Funcionario**	**Teléfono**
Región Pacífico Seco	Ing. Alvaro Angulo M.	669-15-13
Región Pacífico Seco	Ing. Manuel Rodríguez R.	688-88-22
Región Norte	Ing. Alvaro Araya V.	460-46-01
Región Sur	Ing. Julio C. Barrantes M.	771-37-39
Región Valle Central Oriental	Ing. Gilberto Calderón A.	556-78-06
Región Valle Central Occidental	Ing. Roberto Alfaro P.	494-11-29 494-29-55
Región Pacífico Central	Ing. Carlos L. Villalobos M.	445-56-87 636-62-42

EFECTO DE CUATRO HERBICIDAS PREEMERGENTES SOBRE EL CONTROL DE *ROTTBOELLIA COCHINCHINENSIS* EN CUATRO ORDENES DE SUELO DEDICADOS AL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN COSTA RICA

Roberto Alfaro Portuguez, Javier Bolaños Porras*, Manrique Blanco R.***
*Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar
**Instituto Tecnológico de Costa Rica
e-mail: ralfaro@laica.co.cr, jbolanos@laica.co.cr

INTRODUCCIÓN

La maleza *Rottboellia cochinchinensis*, conocida como ¨caminadora¨ o ¨invasor¨ cuenta con una alta capacidad competitiva y rápida diseminación, característica relevante que la ha convertido en una maleza importante principalmente en gramíneas cultivadas, como arroz, maíz y caña de azúcar.

En el cultivo de la caña de azúcar esta maleza es considerada como una de las más importantes, debido al alto costo económico de su control y sus efectos negativos sobre la productividad la cual puede reducirse hasta en un 40%. Por otra aparte Villegas et al 1994 menciona que debido al desarrollo precoz de esta maleza y la fuerte competencia que ejerce al cultivo las pérdidas en la producción de la caña de azúcar fluctúan entre 35 y 60% para caña planta y un 30 a un 40% para caña soca o retoño.

El control de dicha maleza debe realizarse en forma temprana, antes de que la maleza produzca semillas para reducir su potencial de propagación y así evitar que compita con el cultivo. Para lograr controlar esta maleza se utilizan diversos métodos entre los cuales el mecánico y el químico son buenas alternativas pero se ha comprobado que lo más efectivo es la concentración de ambos métodos para lograr un control más efectivo.

El uso de productos químicos es uno de los métodos de control de esta maleza más utilizado en varios cultivos y en especial en la caña de azúcar, sin embargo al ser este un cultivo extensivo impide el poder controlar oportunamente aquellos campos altamente infectados con *Rottboellia*; por ello el uso conveniente de herbicidas preemergentes para controlar la rápida y alta germinación de las semillas de esta maleza surge como alternativa para poder reducir la presión de la misma y combatirla más eficientemente.

La aplicación de herbicidas en el campo es crítica y más aun para aquellos productos aplicados directamente al suelo ya que son numerosos los factores químicos y físicos que interactúan con los diferentes tipos de productos químicos que componen los herbicidas preemergentes. Además sobre estos influyen la diversidad de especies vegetales y las variaciones climáticas, lo cual hace que los estudios del comportamiento de los herbicidas en el suelo sea muy complejo y diverso.

Si se considera que hay al menos 10 tipos de suelos diferentes así como más de 125 tipos de herbicidas y cientos de plantas involucradas, la complejidad de la interacción herbicida-suelo-clima-planta es muy elevada (Locatelli et al _____).

La efectividad de un herbicida preemergente dependerá de la persistencia de este en el suelo y dicha persistencia estará sujeta a varios factores como son: descomposición microbiana, descomposición química, la adsorción a las partículas del suelo, el contenido de materia orgánica, la lixiviación la cual dependerá de la textura de dicho suelo, la volatilización y la fotodescomposición (Petty et al 1979).

Sin embargo uno de los factores que más regula la persistencia del herbicida en el suelo es la fuerza con la que este es adsorbido o retenido por las partículas del suelo donde fue aplicado. Por lo tanto cuanto más estrechamente ligado se encuentre un herbicida a las partículas del suelo, menor será la cantidad de este en la solución del mismo.

La adsorción es relativamente reversible y dependerá entre otros factores de la estructura molecular del herbicida, del tipo de suelo (arcillas o coloides), del

contenido de materia orgánica, la humedad (textura) y pH (Locatelli et al _____).

En Costa Rica debido a variabilidad de materiales parentables en un relieve heterogéneo y sometido a la acción de condiciones climáticas y biológicas particulares, han originado una amplia diversidad de suelos con características particulares, y para facilitar su estudio se han clasificado en diferentes ordenes o familias de las cuales es posible encontrar 9 de los 11 ordenes existentes según la taxonomía de suelos preconizada por el Soil Survey Staff (1990), donde los ordenes Inceptisol y Ultisol son los que más predominan con un 39% y 21% respectivamente (Bertsch 1995).

Ambos suelos son cultivados con caña de azúcar en Costa Rica, además de los suelos Vertisoles 2% y Molisoles con un 1% estos últimos aunque no son significativos sus áreas en el territorio nacional para el cultivo de la caña de azúcar son de suma importancia (Chaves 1994).

Existen muchas formas de clasificar y estudiar los coloides del suelo según su estructura, composición y sus propiedades nutricionales, sin embargo, en vista de que lo que realmente existe en el suelo siempre es una mezcla de todos ellos, lo más conveniente es analizarlos por grupos u ordenes.

En términos generales los coloides que existen en los suelos de los trópicos pueden agruparse en tres sistemas de intercambio iónico como son el Sistema Coloidal de Aluminosilicatos Laminares, en los cuales los coloides son arcillas cristalinas y laminares que solamente tienen carga negativa originada esta por la sustitución isomórfica de los iones de Si y Al y por otros iones de menor valencia, o sea tienen predominantemente carga negativa permanente con muy poca carga variable, producto del contenido de materia orgánica y de los bordes rotos de láminas de caolinita. Sistemas como estos son comunes en los trópicos y predominan coloides como montmorillonita, ilita, vermiculita, clorita y son comunes en suelos Vertisoles, Molisoles y suelos de planicies o deltas aluviales.

El sistema coloidal de óxidos son aquellos en los que las partículas coloidales consisten en óxidos de Fe y Al o alofana o aquellos en que los aluminosilicatos laminares están totalmente cubiertos por revestimiento gruesos y estables de tales óxidos. En los sistemas de óxidos la carga es totalmente dependiente del pH por lo que estos sistemas pueden presentar carga negativa o carga positiva. Los coloides predominantes en estos sistemas son caolinita, alofana, sesquioxido y coloides orgánicos, los ordenes de suelo pertenecientes a este grupo son: Ultisoles, Andisoles y Alfisoles.

El sistema coloidal de aluminosilicatos laminares revestidos por óxidos es un sistema de intercambio iónico intermedio entre los sistemas anteriores, conteniendo cantidades moderadas de óxidos pero no tienen su área superficial completamente cubierta por ellos. En este sistema conviven coloides de los dos grupos anteriores, en algunos casos los revestimientos consisten en capas finas monomoleculares de óxidos Fe y Al en otros casos los óxidos de Al están prensados entre dos látices de silicatos laminares. Las propiedades de intercambio catiónico son intermedias entre los otros dos sistemas. Su CIC es considerablemente más bajo que lo de los aluminosilicatos laminares puros debido a que algunas cargas negativas que surgen por sustitución isomórfica están balanceados por cargas positivas netas de los óxidos.

Los revestimientos de óxidos también evitan la expansión y la construcción de minerales 2:1 combinando de esa manera sus propiedades físicas drásticamente. En este sistema se encuentran los suelos catalogados como Ultisoles, Inceptisoles y Alfisoles.

Los suelos donde se cultiva la caña de azúcar en Costa Rica pertenecen a siete órdenes muy particulares según criterio taxonómico del USDA y los cuales se detallan en el Cuadro 1.

CUADRO 1
Ordenes de Suelo Predominantes en el Área Cultivada con Caña de Azúcar en Costa Rica (Chaves 1994)

Región	Orden Suelo	Tipo Arcilla (Bertsch 1995)
Guanacaste	Inceptisol	Montmorillonita, Vermiculita, Ilita
	Vertisol	Montmorillonita, Vermiculita, Ilita
	Molisol	Montmorillonita, Vermiculita, Ilita
	Entisoles	Vermiculita, Ilita
	Alfisoles	Montmorillonita, Vermiculita, Ilita, Caolinita, Sesquioxidos
Esparza	Inceptisol	Idem
	Alfisoles	Idem
Valle	Andisol	Alofana
Central	Inceptisol	Idem
	Alfisoles	Idem
San	Inceptisol	Idem
Carlos	Ultisol	Caolinita, Sesquióxidos
Turrialba	Ultisol	Idem
	Andisol	Idem
	Inceptisol	Idem
Pérez	Ultisol	Idem
Zeledón	Inceptisol	Idem

Considerando las características de los diferentes ordenes de suelo y la amplia gama de posibilidades de retención e inactivación de los herbicidas en los mismos, surgen una gran diversidad de interrogantes cuando se combinan tantos factores incidentes sobre el desempeño

de un herbicida en muy corto tiempo en el suelo. Por tal motivo ante esta y otras interrogantes resultó importante realizar este estudio y conocer el comportamiento de los diferentes herbicidas preemergentes utilizados en la caña de azúcar cultivada en los distintos órdenes de suelo y en las dosis recomendadas.

OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluar el efecto de cuatro herbicidas pre-emergentes sobre el control de *Rottboellia cochinchinensis* en cuatro ordenes de suelo dedicado al cultivo de la caña de azúcar (Saccharum officinarum L.) en Costa Rica en condiciones de invernadero.

Objetivos Específicos

Determinar cual o cuales de los herbicidas preemergentes presentan mejor control de *Rottboellia cochinchinensis* en cada orden de suelo.

Comparar las diferencias en el control de *Rottboellia cochinchinensis* de cada herbicida en los diferentes ordenes de suelo.

Evaluar la residualidad de cada herbicida en cada orden de suelo

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en un invernadero de 102 m^2 ubicado en la Estación Experimental de DIECA (Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar) situada en la localidad de Santa Gertrudis Sur, distrito de San José, cantón de Grecia, provincia de Alajuela. Su altitud es de 1000 msnm y se encuentra a 10º 05´ 18 ˝ latitud Norte y 84º 17´ 09˝ longitud oeste, además presenta una precipitación anual de 2900 mm y una temperatura media de 23 ºC.

Recolección de los Suelos

Los diferentes suelos fueron recolectados en cada una de las localidades donde es común cada suelo y donde se cultiva la caña de azúcar, para lo cual se utilizó el mapa de Costa Rica de grupos y subgrupos de suelos escala 1: 200 000.

Una vez identificados los sitios de recolección cada suelo fue tomado de los primeros 20 cm de profundidad, luego se limpio y degrado a un tamaño de partículas del suelo apropiado para cada tipo de suelo.

Unidad Experimental

Cada unidad experimental estuvo constituida por una caja plástica de 70 cm de largo, 36 cm de ancho y 25 cm de alto para un área de 0.2552 m^2. En cada una de estas cajas se depósito una capa de 2 cm de arena para permitir un mejor drenaje y evita la sobresaturación, posteriormente se coloco una capa de suelo de 20 cm de profundidad de cada orden de suelo en cada caja.

Siembra de Semilla

La semilla de *Rottboellia cochinchinensis* fue recolectada del campo un año antes y previo a la siembra se realizaron pruebas de germinación para garantizar su viabilidad.

Para la siembra de la semilla se marcaron puntos equidistantes cada 5 cm en la mitad de cada caja para depositar un total de 42 semillas llamadas primera siembra, y 45 días después se realizó una segunda siembra con igual número de semilla en la otra mitad de la caja denominada segunda siembra, esto con la finalidad de valorar el efecto residual de los herbicidas.

Manejo del Riego

Como el ensayo se realizó en condiciones de invernadero, se utilizó un sistema de riego con microaspersores con el fin de mantener y regular la humedad del suelo y por ende favorecer la germinación de la semilla sembrada y la efectividad de los herbicidas aplicados.

El sistema de riego automatizado permitió tres riegos diarios de 6 minutos proporcionando una humedad adecuada durante todo el estudio.

Diseño Experimental

El diseño experimental que se utilizó en este experimento fue un irrestricto al azar con arreglo factorial 4x5 constituido de cuatro factores referentes a cada orden de suelo y cinco factores constituidos por cuatro herbicidas y un tratamiento testigo.

Cada uno de ellos contó con cuatro repeticiones para un total de 80 unidades experimentales.

Tratamientos

Los herbicidas utilizados tienen la capacidad de controlar la *Rottboellia* en preemergencia, presentar selectividad al cultivo y sus dosis son las recomendadas en el mismo (Cuadro 2).

CUADRO 2
Características de los Herbicidas Preemergentes y Dosis a Utilizar según Tratamiento

Nombre Genérico	Tipo	Nombre Comercial	Formulaciones	Dosis/ha
Hexazinona	Triazina	Velpar	75 WG	0,75 Kg
Pendimentalina	Dinitroanilida	Prowl	50 EC	2,5 L
Isoxaflutole	Isoxazoles	Merlin	75 WG	0,11 Kg
Acetoclor	Acetanilida	Harness	90 EC	2,5 L

Aplicación

La aplicación fue realizada con una bomba de espalda prevista de un regulador de presión de 35 libras y una boquilla Tee-Jet 8003 calibrada para una descarga de agua de 700 litros por hectárea.

Para realizar la aplicación de cada tratamiento se colocaron 16 cajas en fila en el suelo, equivalentes a cuatro órdenes de suelo y cuatro repeticiones.

A cada suelo evaluado se le realizó un muestreo para un análisis químico y físico además del contenido de materia orgánica y los resultados se detallan en el Cuadro 3.

Variables a Evaluar y Evaluaciones

Se evaluaron dos variables tanto en la primera siembra como en la segunda siembra. Se realizaron evaluaciones cada 15 días a lo largo del período del estudio (90 días) posterior a la aplicación de los herbicidas o la siembra como ocurrió en la segunda etapa.

Porcentaje de Plantas Germinadas

Se considero como un 100% de germinación las plantas germinadas en cada testigo en virtud de que no todas las semillas iban a germinar por diversos factores para obtener el porcentaje de plantas germinadas en cada tratamiento se aplicó la siguiente ecuación.

$$\frac{\text{Nº Plantas Tratamiento x 100}}{\text{Nº Plantas Testigo}}$$

Porcentaje de Control

Para determinar esta variable se utilizó la siguiente ecuación.

CUADRO 3
Resultados del Análisis de los Suelos Utilizados en el Estudio de la Valoración de Cuatro Herbicidas Preemergentes en Cuatro Ordenes de Suelo

Orden Suelo	Cmol (+)/l					mg/l					% Arena	% Arcilla	% Limo	Textura	% MO	CICE
	pH	Al	Ca	Mg	K	P	Zn	Mn	Cu	Fe						cmol
Vertisol	6,5	0,2	24,1	7,2	0,3	22,0	0,9	6	4	17	28	46	26	A	4,5	40,62
Molisol	5,7	0,2	5,3	1,6	1,3	4,0	1,4	6	4	124	30	16	54	FL	4,6	10,83
Inceptisol	6,8	0,1	13,4	4,5	1,3	4,0	0,9	6	6	63	56	16	28	Fa	4,4	21,58
Ultisol	4,8	1,3	1,2	0,6	0,1	4,0	0,4	5	2	162	42	32	26	Faa	2,4	3,44

CUADRO 4
Resultado del Análisis de Varianza de las Variables en Estudio Valores Transformados LOG X + 1

Fuente	GL	Cuadrados medios									
		Porcentaje Plantas Germinadas									
Variación		45 Días	P(f)	60 Días	P(f)	75 Días	P(f)	30 Días SS	P(f)	45 Días SS	P(f)
Orden Suelo	3	0,7	0	0,66	0	0,7	0	0,11	0,08	0,21	0,04
Herbicida	4	10,74	0	10,72	0	9,71	0	0,41	0	0,46	0
Orden x Herbicida	12	0,35	0	0,33	0	0,36	0	0,12	0,02	0,16	0,01
Error	60	0,09		0,09		0,12		0,05		0,07	
Total	79	54,88		54,01		52,78		6,34		8,57	
CV %		28,19		27,12		32,17		11,77		14	

SS= Segunda Siembra

$$\frac{\text{Nº Plantas Testigo - Nº Plantas Tratamiento x 100}}{\text{Nº Plantas Testigo}}$$

Análisis Estadístico

La información obtenida en cada una de las evaluaciones y variables se le realizó una transformación de log 10 (x+1) con el fin de cumplir con el principio de normalidad, seguidamente se le realizó el análisis de varianza (ANDEVA). Debido a que la interacción de éstas fue significativa, se procedió a codificar las variables para posteriormente realizar una prueba de Medias (Tukey 5%).

Como el deterioro de la *Rottboellia* en algunos tratamientos es progresivo y a pesar de disponer de los resultados de las diferentes evaluaciones se seleccionaron para su discusión el resultado obtenido a los 75 días post aplicación en la primera siembra y 45 días post siembra en la segunda siembra con el fin de evaluar la residualidad de los productos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Según el análisis de varianza realizado a la variable porcentaje de plantas germinadas en todas las evaluaciones consecutivas (Cuadro 4) se presentaron diferencias estadísticas altamente significativas entre los distintos ordenes de suelo, entre los herbicidas aplicados y en la interacción suelo-herbicida.

En la segunda siembra y en esta misma variable hubo significancia en la interacción entre el orden de suelo y el tipo de herbicida en las evaluaciones realizadas a los 30 y 45 días después de dicha siembra.

Como se mencionó anteriormente para su análisis los valores fueron transformados log 10 (x+1) y se aplicó la prueba de medias Tukey al 5% a la interacción suelo-herbicida.

Para facilitar el análisis de los resultados se evalúo el comportamiento de los diferentes herbicidas en cada orden de suelo y finalmente el comportamiento de cada herbicida en los diferentes ordenes de suelo.

Suelo Inceptisol

Al analizar el porcentaje de plantas de *Rottboellia* germinadas en los diferentes tratamientos de herbicida aplicados en este suelo respecto al Testigo sin aplicación, es posible observar en la evaluación realizada a los 75 días (Cuadro 5 y Figura 1) que los herbicidas Pendimentalina y Hexazinona no presentaron plantas germinadas en virtud de un excelente control de esta maleza. Estos valores marcaron diferencias significativas respecto al tratamiento Testigo según la prueba de medias (Tukey al 5%). El herbicida Acetoclor permitió la germinación de un 23,43% lo que significo un porcentaje de control de un 76,57%, seguido por el herbicida Isoxaflutole el cual logró controlar la maleza con un 51,13% como se observa en el Cuadro 5.

A los 45 días después de realizada la segunda siembra de la maleza en los diferentes tratamientos se encontró que este suelo no presentó diferencias estadísticas significativas entre los herbicidas aplicados y el Testigo en el porcentaje de plantas germinadas (Cuadro 6), sin embargo el herbicida Hexazinona logró mantener después de 90 días de aplicado un 38,26% de control al germinar un 61,74% de plantas de *Rottboellia* (Figura 2).

El herbicida Isoxaflutole por su parte permitió la germinación de un 75,51% lo que representó un 24,5% de control seguido por Acetoclor con un 13,54% y Pendimentalina con un 10,99% al permitir la germinación de un 89,02% y un 86,47% respectivamente.

Cuadro 5
Resultado de la Evaluación 75 Días Después de la Aplicación de los Herbicidas

Orden Suelo	Herbicidas	% Plantas Germinadas		% Control
Inceptisol	Acetoclor	23,43	Aab	76,57
	Pendimetalina	0	Ab	100
	Isoxaflutole	48,87	Aab	51,13
	Hexazinona	0	Bb	100
	Testigo	100	Aa	0
	Acetoclor	19,31	Aab	80,69
	Pendimetalina	2,08	Ab	97,92
Vertisol	Isoxaflutole	54,59	Aab	45,41
	Hexazinona	25	ABab	75
	Testigo	100	Aa	0
	Acetoclor	26,51	Aab	73,49
	Pendimetalina	0	Ab	100
Molisol	Isoxaflutole	65,97	Aab	34,03
	Hexazinona	31,68	Aab	68,32
	Testigo	100	Aa	0
	Acetoclor	5,03	Abc	94,97
	Pendimetalina	0,72	Ac	99,29
Ultisol	Isoxaflutole	31,18	Aab	68,83
	Hexazinona	1,14	ABbc	98,86
	Testigo	100	Aa	0

Valores con Igual Letra No son Significativos Según Tukey 5 %
Letras Mayúsculas Agrupan en el Sentido del Primer Factor y las Minúsculas en el Sentido del Segundo Factor

CUADRO 6
Resultado de la Evaluación 45 Días Después de la Segunda Siembra y 90 días después de la Aplicación

Orden Suelo	Herbicidas	% Plantas Germinadas		% Control
Inceptisol	Acetoclor	86,47	Aa	13,54
	Pendimentalina	89,02	Aa	10,99
	Isoxaflutole	75,51	Aa	24,5
	Hexazinona	61,74	Aa	38,26
	Testigo	100	Aa	0
Vertisol	Acetoclor	93,96	Aa	7,29
	Pendimentalina	79,85	Aa	20,15
	Isoxaflutole	98,96	Aa	1,04
	Hexazinona	68,6	Aa	31,4
	Testigo	100	Aa	0
Molisol	Acetoclor	87,71	Aa	12,29
	Pendimentalina	77,69	Aa	22,3
	Isoxaflutole	100	Aa	0
	Hexazinona	68,02	Aa	31,98
	Testigo	100	Aa	0
Ultisol	Acetoclor	92,49	Aab	7,51
	Pendimentalina	64,2	Aab	35,81
	Isoxaflutole	96,88	Aab	3,13
	Hexazinona	35,58	Ab	64,42
	Testigo	100	Aa	0

Con estos resultados es posible asegurar que la Pendimentalina a pesar de haber ejercido una buena acción preemergente sobre la primera siembra de semillas de Rottboellia, su residualidad en este suelo desciende en forma significativa al disminuir el porcentaje de control de un 100% a un 11%, 90 días después de aplicado dicho producto.

Bajo esta misma condición la Hexazinona presento la mayor residualidad de todos los herbicidas al disminuir esta en un 61,7% en el mismo término de tiempo.

El herbicida Acetoclor también perdió más rápidamente su residudalidad en este suelo respecto al herbicida Isoxaflutole al disminuir este el porcentaje de control de 76,57% a los 75 días a un 13,54% de control a los 90 días posteriores a su aplicación.

Las características intrínsecas de este suelo como alta capacidad de intercambio catiónico, arcillas tipo 2:1 posiblemente favoreció la fijación de las anilidas y con un menor efecto sobre los Triazinas como sucedió con la Hexazinona.

Suelo Vertisol

En este suelo la Pendimentalina presentó a los 75 días el menor porcentaje de plantas con 2,08% para un 97,92% de control como se observa en el Cuadro 5 seguido por Acetoclor con un 80,69% de control, por Hexazinona con un 75% de control y finalmente Isoxaflutole con un 54,59% de plantas germinadas y un 45,41% de control (Figura 1).

Estadísticamente Acetoclor, Hexazinona e Isoxaflutole no presentaron diferencias estadísticas con el tratamiento Testigo según Tukey al 5%.

En la segunda siembra nuevamente el herbicida Hexazinona mantuvo el mayor porcentaje de control con un 31,4% seguido por la Pendimentalina con un 20,15%, el cual presentó de nuevo una mayor residualidad al igual que en el suelo Inceptisol. En este suelo la Pendimentalina parece mejorar la residualidad ya que duplicó el control de la maleza (Figura 2).

Por el contrario en este suelo el Acetoclor e Isoxaflutole disminuyeron su residualidad al proporcionar un 7,29% y un 1% de control respectivamente.

Los suelos Vertisoles presentan características similares a los suelos Inceptisoles como son el tipo de arcilla 2:1 de alta fijación de nutrientes y plaguicidas (Petty et al 1979).

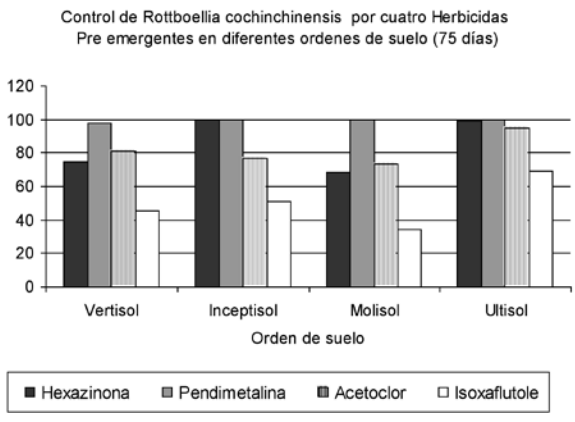


Figura 1

Suelo Molisol

En este suelo 75 días después de la aplicación la Pendimentalina presentó el mayor control de Rottboellia con un 100%, (Cuadro 5), valor suficiente para presentar diferencias estadísticas significativas respecto al Testigo. Por su parte el herbicida Hexazinona redujo significativamente el control ejercido en otros suelos al presentar un 68,32% superado por Acetoclor el cual presentó un 73,49% de control. El herbicida Isoxaflutole presentó el menor control con un 34,03%.

El resultado obtenido en la evaluación realizada en la segunda siembra (Cuadro 6) indicó que aunque la Hexazinona no fue muy eficiente en el control de las plantas en la primera siembra, en la segunda siembra realizadas 45 días después de la aplicación presentó el mayor control con un 31,98%, este resultado revela que posiblemente este herbicida es fuertemente fijado en este suelo después de su aplicación situación que no permite un mayor control de la maleza, posteriormente y al no ser inactivado este herbicida es liberado gradualmente permitiendo un efecto residual más prolongado que los otros herbicidas (Figura 2).

La Pendimentalina presentó en segundo lugar el mayor control con un 22,3% seguido por Acetoclor con un 12,29%, finalizando con Isoxaflutole el cual prácticamente no logró controlar las malezas en este suelo por su baja residualidad.

La alta permeabilidad de los suelos Molisoles y posiblemente la baja retención que sufren algunos herbicidas, aumentó la lixiviación del ingrediente activo ocasionando una reducida capacidad de control.

Suelo Ultisol

En este suelo los diferentes herbicidas aplicados ofrecieron un buen control 75 días después de la aplicación iniciando con la Pendimentalina con un 99,29% de control, seguido por Hexazinona con un 98,86% y Acetoclor con un 94,97%, y los mismos con diferencias significativas respecto al Testigo pero no entre si según Tukey 5% (Cuadro 5). El Isoxaflutole fue el herbicida que presentó el mayor porcentaje de germinación 31,18% para un 68,83% de control.

Según los resultados obtenidos en la segunda siembra la Hexazinona mantuvo el mayor control con un 64,42% seguido por Pendimentalina con un 35,81% valores coincidiendo con el control ejercido en la primera siembra, contrariamente los herbicidas Acetoclor e Isoxaflutole cayeron en forma significativa en su poder residual como se observa en el Cuadro 6 y Figura 2.

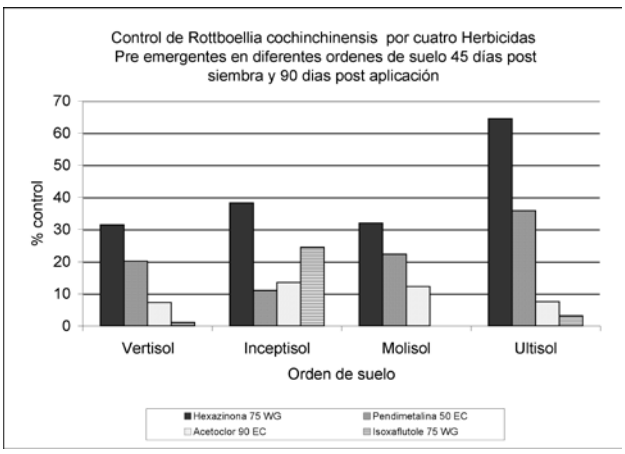


Figura 2

Acetoclor

Este herbicida presentó el mayor control de la maleza en el suelo Ultisol con un 94,97% a los 75 días de aplicado, seguido por un 80,69% en el suelo Vertisol, valores que contrastan respecto a las características de los suelos mencionados. En los suelos Inceptisol y en el Molisol presentó valores similares con un 76,57% y 73,49% respectivamente.

En la segunda siembra este herbicida presentó un menor control en los suelos Ultisol y Vertisol con un 7,51% y 7,29% respectivamente, al parecer el buen control inicial obtenido en estos suelos limita su poder residual a largo plazo y contrariamente el resultado obtenido en los suelos Inceptisol y Molisol permite un control a largo plazo como se observa en el Cuadro 6 con un 13,54% y un 12,29% respectivamente.

Pendimentalina

Este herbicida presentó un relevante control en todos los suelos de las semillas plantadas en la primera siembra y valoradas a los 75 días de su aplicación como se observa en el Cuadro 5 al presentar entre un 97 y 100% del control de la maleza en este periodo.

En la segunda siembra este herbicida redujo su control a un 10,99% en el suelo Inceptisol, y a un 20,15 en Suelo Vertisol, un 22,3% en el Molisol y a un 35,81% en el suelo Ultisol. Sin embargo este herbicida presentó la mayor residualidad en casi todos los suelos, superado únicamente por la Hexazinona.

Isoxaflutole

Este herbicida presentó valores medios de control en todos los órdenes de suelo mejorando el mismo en el suelo Ultisol con un 68,83% y el valor menor en el suelo Molisol con un 34,03%.

En la segunda siembra este herbicida ejerció el mayor control en el suelo Inceptisol con un 24,5% y en los otros suelos su poder residual se vio reducido drásticamente.

Hexazinona

Al comparar el comportamiento de este herbicida en los diferentes ordenes de suelo es posible asegurar que el control ejercido por este fue satisfactorio al igual que en la Pendimentalina y que el mismo se vio reducido únicamente en el suelo Molisol a un 68,32% contrario

a lo obtenido en los otros suelos donde el control fue de 95 a un 100%. En términos generales en el suelo Molisol fue donde mayoritariamente todos los herbicidas redujeron su poder de control.

En la segunda siembra (Cuadro 6 y Figura 2) este herbicida presentó un control bastante aceptable respecto a los demás herbicidas el cual fue de un 31 a un 38% en los suelos Inceptisol, Vertisol y Molisol, presentando en el suelo Ultisol el doble del control con un 64,42%.

Con estos resultados el herbicida con mayor control en los suelos Ultisoles pareciera ser la Hexazinona.

CONCLUSIONES

Existen diferencias en el comportamiento de los herbicidas evaluados en las diferentes órdenes de suelo.

El herbicida que mejor controlo la maleza *Rottboellia* en todos los ordenes de suelo fue Pendimentalina sin embargo su residualidad después de 45 días se redujo significativamente en el suelo Inceptisol.

La hexazinona controlo eficientemente la maleza en los suelos Inceptisol y Ultisol pero se redujo su capacidad en los suelos Vertisol y Molisol. Con este comportamiento no es posible afirmar que dicho herbicida fue parcialmente adsorbido en los suelos Vertisol y Molisol por las arcillas montmorillonitas presente en estos suelos sin embargo el suelo Inceptisol dispone de este tipo de arcilla y aparentemente no hubo adsorción del herbicida por lo que no es posible asegurar la total participación de los coloides en este comportamiento.

Los suelos Inceptisol y Ultisol contenían mayores contenidos de arena y menores contenidos de arcilla y limo lo que podría haber evitado una mayor retención del plaguicida al estar expuesto a una menor área de contacto.

La Hexazinona fue el herbicida que presento mayor residualidad en todos los ordenes de suelo 90 días después de la aplicación. El herbicida Acetoclor no controlo eficientemente la maleza *Rottboellia* en los ordenes estudiados excepto en el suelo Ultisol y supero en residualidad al herbicida Isoxaflutole.

La residualidad del herbicida Isoxafluctole fue la más baja en los ordenes Ultisol, Vertisol y Molisol y una de las más altos en el suelo Inceptisol.

El suelo Ultisol fue donde mejor control de la maleza hubo y donde la Hexazinona y Pendimentalina presentaron la mayor residualidad.

Con los resultados obtenidos resulta difícil generalizar para todos los herbicidas la causa probable de su bien o mal accionar en los diferentes ordenes de suelo. Señalar si el pH del suelo, la carga iónica del herbicida, el contenido de arcilla o de materia orgánica y el tipo de arcilla como la causa probable de su adsorción.

Más que buscar las posibles causas, lo importante de este estudio es conocer el accionar del herbicida y dependiendo el orden de suelo en el que se cultive la caña recomendar el mejor herbicida que ofrezca el mejor control de esta perniciosa maleza.

RECOMENDACIONES

Según los resultados obtenidos en este estudio se recomienda lo siguiente:

El herbicida Pendimentalina 50 EC se recomienda en la dosis 2,5 L/ha en los ordenes Vertisol, Inceptisol, Molisol y Ultisol.

El herbicida Hexazinona 75 WG se recomienda su aplicación en los suelos Inceptisol, Molisol y Ultisol en la dosis de 0,75 Kg/ha.

El herbicida Acetoclor 90 EC en la dosis de 2,5 L/ha se recomienda su uso en los suelos Ultisoles.

Se recomienda realizar un trabajo similar a este y evaluando dosis crecientes de aquellos herbicidas que no lograron un 100% de control.

LITERATURA CITADA

1. Alfaro. P, R; Rodríguez R, M; Bolaños. P, J. 2001. Evaluación de 11 Mezclas de Herbicidas para el Control de *Rottboellia cochinchinensis* y Otras Malezas en Hda. Tempisque S.A. Liberia Guanacaste. LAICA-DIECA. Mayo 15 p.
2. Barrios. P, J. 1997. Control de Rottboellia cochinchinensis ¨Caminadora¨ en Caña Soca con Pendimentalina. Guatemala. Memoria 11 avo. Congreso de ATACORI. Tomo II. Condovac. Guanacaste.
3. Bertsch, F. 1995. La Fertilidad de los Suelos y su Manejo. San José. Costa Rica. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. 1 era ed. pag. 52-53.
4. Bowen, E. J. Kratky, A. B. 1998. Herbicidas Químicos ¿ Armas de Doble Filo ?. Revista Agricultura de las Américas. Setiembre-Octubre 1998.
5. Cassa. 2001. Manejo Integrado de la Caminadora *Rottboellia cochinchinensis* ¨Dirección Agroind. Ingenio Central Izalco. El Salvador. Boletín Técnico. Julio-Agosto No. 3. 23 pag.
6. Chaves, S. M.A; Alvarado, H. A. 1994. Manejo de la Fertilización en Plantaciones de Caña de Azúcar (*Saccharum spp*) en Andisoles de Ladera de Costa Rica. San José. Costa Rica. DIECA. Julio. 41 p.
7. Léon, R; Agüero, R. 2001. Efecto de la Profundidad del Suelo en *Rottboellia cochinchinensis* (LOUR) Clayton en Caña de Azúcar (Saccharum officinarum L.) Agronomía Mesoamericana 12. (1). pag. 65-69.
8. Locatelli, E. Myron, S._____ Residuos de Herbicidas en el Suelo. Principios Básicos sobre el Manejo de Malezas. Departamento de Protección Vegetal. Escuela Agrícola Zamorano Honduras. pág.
9. Petty, A. Nuñez, R. 1979. Guía Práctica para el Manejo de Malezas. Colegio Zamorano. San Pedro de Sula. Honduras. 220 p.
10. Vargas. A.J. 1996. Alternativas de Control de *Rottboellia cochinchinensis* en Plantaciones de Caña de Azúcar Ciclo Planta y Soca, San Carlos, Costa Rica. Memoria X Congreso Agronómico Nacional V1. San José, Costa Rica. EUNA. pag 440.
11. Villegas. T.F; Torres. S, J. 1994. Evaluación de Herbicidas para el Control de Caminadora. Rev. Sugar Journal. Vol. 96. No 1143. pag 113.

EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE CUATRO HERBICIDAS PREEMERGENTES APLICADOS SOBRE LOS RESIDUOS DE COSECHA DE LA CAÑA DE AZÚCAR

Ing. Roberto Alfaro Portuguez
Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar-DIECA-
E-mail: ralfaro@laica.co.cr

INTRODUCCIÓN

Para obtener buenos rendimientos agroindustriales en el cultivo de la caña de azúcar es necesario implementar una gran cantidad y diversidad de labores importantes, diseñadas exclusivamente para obtener un efecto directo o una respuesta productiva económicamente satisfactoria.

Sin embargo al aplicar y conjugar dichas labores se debe tener presente los efectos indirectos que podrían desencadenar estas labores en el sistema.

Por ejemplo la forma y el momento en que se realizan labores como la preparación del suelo, la fertilización, el riego, la quema o la no quema para la cosecha y muchos más, no toman en cuenta el efecto de estas sobre la población de malezas y otras plagas (Burrows 1992 citado por Léon y Agüero 2001).

Hoy en día por diversas necesidades ambientales, técnicas y económicas se están introduciendo cambios sustanciales en el sistema productivo de la caña de azúcar. La eliminación de la quema y la cosecha en verde permite dejar en el suelo una gran cantidad de rastrojos, los cuales se incorporan al sistema como un nuevo elemento que para algunas prácticas son beneficiosos pero para otros causa perjuicios o algunos inconvenientes.

Cambios como estos influyen directamente sobre la población de malezas presente en el agroecosistema, por tal motivo no se puede pensar en continuar con las mismas estrategias de control por lo que se deben buscar nuevas opciones que incluyen las particularidades del nuevo proceso o práctica del cultivo.

Monchini 1997 citado por Cavenaghi 2000 menciona que en la cosecha de la caña de azúcar son dejados en el suelo de 5 a 20 toneladas de rastrojo por hectárea y que cantidades mayores a 15 toneladas podrían disminuir en forma significativa la presencia de malezas en los campos cañeros.

La cantidad de rastrojo dejado en el campo posterior a la cosecha esta en función directa de las características de la variedad tales como la facilidad de la variedad para el despaje, hábito de crecimiento, uniformidad de los tallos y productividad.

Barnes 1987 citado por Herrera 2000 asegura que los residuos de cosecha en general afectan de forma drástica el establecimiento de las malezas en los campos de cultivo, pues limitan el acceso a la luz solar y con ello los cambios de temperatura de la superficie del suelo necesarios para lograr una buena germinación, propicia un aumento en la cantidad de microorganismos capaces de descomponer las semillas y liberan sustancias alelopáticas en el sistema.

Una de las malezas más importantes y dañinas que infestan los campos de caña es la *Rottboellia cochinchinensis* considerada como una de las 12 malezas más perniciosos del mundo y capaz de causar pérdidas superiores al 40% en la producción de tallos industriales de caña de azúcar (Ramalho 2001).

Por su alta capacidad de emitir semillas viables y rápido crecimiento esta maleza parece no limitarse como otras a crecer entre el rastrojo del campo sobre todo cuando hay una alta infestación de la misma.

Entre las medidas de control más efectivas para disminuir o aplacar la creciente población de esta especie es mediante el uso de herbicidas preemergentes con efecto residual prolongado que permita disminuir la germinación escalonada y prolongada de sus semillas.

Sin embargo la presencia del rastrojo de cosecha actúa como una barrera para que estos herbicidas no lleguen directamente al suelo, extenderse allí y actuar normalmente. Cavenaghi et al 2001 afirma que cuando un

herbicida es aplicado sobre una cama de paja o rastrojo este es interceptado por la superficie de los residuos allí depositados y se vuelven vulnerables a la degradación por medio de la fotodescomposición y volatilización.

Debido al gran impulso que ha tenido la cosecha en verde en nuestro país, con su respectiva deposición de rastrojos sobre el suelo y la presencia en el mercado de diversos productos herbicidas preemergentes con capacidad de controlar *Rottboellia cochinchinensis*, nace la interrogante sobre el comportamiento que tendrán dichos herbicidas al ser aplicados sobre los rastrojos de cosecha de la caña de azúcar.

OBJETIVOS

Evaluar la capacidad de cuatro herbicidas preemergentes sobre rastrojos de cosecha para controlar la maleza *Rottboellia cochinchinensis*.

Evaluar la residualidad de cuatro herbicidas preemergentes aplicados sobre los residuos de cosecha de caña de azúcar.

Evaluar el efecto del rastrojo de cosecha de la caña de azúcar para impedir la germinación de semilla de *Rottboellia cochinchinensis*.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en un invernadero de 102 m2 ubicado en la Estación Experimental DIECA (Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar) situada en la localidad de Santa Gertrudis Sur, distrito de San José, cantón de Grecia, provincia de Alajuela. Su altitud es de 1000 msnm y se encuentra a 10º 05´ 18 ˝ latitud norte y 84º 17´ 09" longitud oeste, además presenta una precipitación anual de 2900 msnm y una temperatura media de 23 ºC.

Cada unidad experimental estuvo constituida por una caja plástica de 70 cm de largo, 36 cm de ancho y 25 cm de alto para un área de 0,2552 m^2. En cada una de estas cajas se deposito una capa de 2 cm de arena para permitir un mejor drenaje y evitar la sobresaturación, posteriormente se coloco una capa de suelo de 15 cm de profundidad.

La semilla de *Rottboellia cochinchinensis* fue recolectada del campo un año antes y previo a la siembra se realiza una prueba de germinación para garantizar su viabilidad.

Se depositaron equidistantemente un total de 50 semillas por caja abarcando la totalidad del área de suelo, luego se le agregó a la superficie un total de 0,7 Kg de hoja seca (paja) de caña cubriendo el área de suelo y las semillas de *Rottboellia* sembradas.

La aplicación fue realizada con una bomba de espalda con un regulador de presión de 35 Lbs PSI y boquilla Tee Jet 8003 calibrada para una descarga de agua de 700 litros por hectárea.

Los herbicidas seleccionados para este estudio se presentan en el Cuadro 1 y las características fisioquímicas del suelo utilizado un Andisol se presentan en el Cuadro 2.

Como el ensayo se realizo en condiciones de invernadero se utilizó un sistema de riego programado con microaspersores con el fin de mantener y regular la humedad del suelo y por ende favorecer la germinación de la semilla sembrada y la efectividad de los herbicidas aplicados.

El sistema de riego automatizado permitió tres riegos diarios de 6 minutos de duración cada uno.

El diseño experimental que se utilizó en este experimento fue un irrestricto al azar en arreglo factorial 6x2 constituido de 5 factores referentes a cada herbicida y el Testigo y 2 factores constituidos por el uso o no uso de la cobertura.

Cada tratamiento tuvo tres repeticiones para un total de 36 unidades experimentales.

Los herbicidas utilizados tienen la capacidad de controlar la *Rottboellia* en preemergencia y presentar selectividad al cultivo y las dosis son las recomendadas comercialmente.

Las variables evaluadas fueron: porcentaje de plantas de *Rottboellia* germinadas respecto al Testigo, porcentaje de control y tamaño promedio de las 10 plantas de mayor tamaño en cada tratamiento.

CUADRO 1
Herbicidas Pre Emergentes Utilizados en el Estudio

Nombre Genérico	Nombre Comercial	Dosis/ha	Tipo	Costo $/ha
Acetoclor	90 EC	3 L	Acetanilida	27,12
Clomazone	48 EC	2,5 L	Isoxazoles	75,09
Hexazinona	75 WG	0,75 Kg	Triazina	43,32
Isoxaflutole	75 WG	0,11 Kg	Isoxazoles	19,91
Pendimentalina	50 EC	2,5 L	Dinitroanilidas	27,0

Se realizaron evaluaciones a los 15 – 45 y 65 días de los cuales se discutirán los resultados obtenidos a los 45 y 65 días.

La información obtenida en cada una de las evaluaciones y variables se le realizó una transformación log 10 (x +1) con el fin de cumplir con el principio de normalidad, seguidamente se le realizó el análisis de varianza (ANDEVA). Debido a la significancia de las interacciones Herbicida x Cobertura, se procedió a realizar una prueba de Medias (Tukey 5%).

CUADRO 2
Características Físico Químicas del Suelo Andisol Utilizado en este Estudio

pH	c mol/l				mg/l					Textura %			%
	Al	Ca	Mg	K	P	Zn	Mn	Cu	Fe	Arena	Arcilla	Limo	Mo
5.7	0.25	2.1	0.7	0.36	4	1.2	15	7	89	54	16	30	3.8

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el análisis de varianza Cuadro 3 los resultados obtenidos en la variable porcentaje de plantas germinadas indicaron que a los 45 días y 65 días se presentaron diferencias altamente significativas (1%) entre los diferentes tratamientos (herbicidas y testigo) y el uso de la cobertura así como la interacción de ambos.

En la variable correspondiente al tamaño de las malezas tomada a los 65 días de igual forma se obtuvo diferencias altamente significativas entre los herbicidas, la cobertura y la interacción de ambos.

Acetoclor

La respuesta obtenida de este herbicida en el control de la *Rottboellia* a los 45 días fue aceptable ya que presentó un comportamiento muy similar en ausencia y presencia del rastrojo como se observa en el Cuadro 4 con un 38,49% y 32,82% de plantas germinadas respectivamente. Estos valores implicaron un 61,51% y un 67,18% del control de la maleza respectivamente.

En la evaluación realizada a los 65 días Cuadro 5 el control de la maleza se mantuvo igual al presentar un 35,09% de germinación sin cobertura y un 32,82% con cobertura para un 64,91% y 67,18% de control respectivamente como se observa en ambos cuadros estadísticamente no se presentaron diferencias significativas entre ambos tratamiento según Tukey 5%.

A los 65 días cuando se evaluó el tamaño promedio de las diez plantas germinadas de mayor tamaño en cada tratamiento (Cuadro 6) se observa que las plantas germinadas en el tratamiento con cobertura fueron superiores en tamaño a las plantas germinadas sin cobertura con 26,75 cm y 7,74 cm respectivamente. Los valores obtenidos con este herbicida indican que a pesar de haber permitido germinar la maleza, esta al menos en el tratamiento sin cobertura no creció y se quedo pequeña en virtud del accionar de este herbicida cuando es aplicado directamente sobre el suelo sin cobertura.

Aparentemente los residuos de cosecha interfirieron con este herbicida negativamente interceptándolo e impidiendo que cantidades del ingrediente activo lleguen al suelo y actúen al menos impidiendo que la maleza crezca normalmente.

Estadísticamente no se presentaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos con cobertura y sin cobertura según Tukey 5% en la variable

CUADRO 3
Resultado del Análisis de Varianza Realizado en la Evaluación de Diferentes Herbicidas Preemergentes Aplicados Sobre Residuos de Cosecha de Caña de Azúcar Valores Transformados Log 10 x +1

Fuente variación	GL	% Plantas Germinadas				Tamaño maleza cm	
		45 días		65 días		65 días	
		Cud. Medios	P (f)	Cud. Medios	P (f)	Cud. Medios	P (f)
Herbicidas	5	71,73	AS	55,23	AS	9,63	AS
Cobertura	1	17,59	AS	21,72	AS	20,24	AS
Herbicida* Cobertura	5	8,62	AS	8,16	AS	6,65	AS
Error	24	0,90		0,91		0,28	
Total	35	440,97		360,52		108,33	
% CV		16,77		18,34		15,96	

AS : Altamente significativo 1 %
P (F): Probabilidad de

porcentaje de germinación pero en el tamaño de la maleza si se presentaron diferencias significativas entre ambos tratamientos en este herbicida.

Clomazone

La respuesta obtenida con este herbicida a los 45 días en el tratamiento sin cobertura fue excelente al no permitir la germinación de la maleza y brindando un 100% de control que se mantuvo hasta los 65 días como se observa en los Cuadros 4 y 5. Sin embargo la presencia del rastrojo afecto parcialmente el accionar de este herbicida al permitir un 41,08% a los 45 días y un 42,32% de plantas germinadas veinte días después.

Al evaluar el tamaño de la maleza (Cuadro 6) esta nos indica que al igual que el herbicida Acetoclor este herbicida no es capaz en presencia de rastrojo como barrera para impedir o retardar el crecimiento de la maleza la cual presento un promedio de 28,42 cm superando al Testigo sin herbicida.

Hexazinona

Este herbicida no logró controlar en un 100% la maleza en el tratamiento sin cobertura como se observa en

CUADRO 4
Porcentaje de Germinación de la Maleza *Rottboellia cochinchinensis* obtenido 45 Días Después de Aplicados los Herbicidas Preemergentes Sobre el Suelo y Sin Cobertura

Herbicidas	Cobertura	Porcentaje Plantas Germinadas		Porcentaje Control
ACETOCLOR	Sin Cobertura	38,49	ABa	61,51
	Con Cobertura	32,82	BCa	67,18
CLOMAZONE	Sin Cobertura	0	Cb	100
	Con Cobertura	41,08	ABCa	58,92
HEXAZINONA	Sin Cobertura	6,2	BCb	93,8
	Con Cobertura	33,46	BCa	66,54
ISOXAFLUTOLE	Sin Cobertura	82,91	ABa	17,09
	Con Cobertura	84,59	ABa	15,41
PENDIMETALINA	Sin Cobertura	0	Ca	100
	Con Cobertura	0	Ca	100
TESTIGO	Sin Cobertura	100	Aa	0
	Con Cobertura	100	Aa	0

Valores con Igual Letra No Difieren Estadísticamente Entre Si Según Tukey 5%.. Letras Mayúsculas Agrupan en el Sentido del Primer Factor y Letras Minúsculas en el Sentido del Segundo Factor.

CUADRO 5
Porcentaje de Germinación de la Maleza *Rottboellia cochinchinensis* obtenido 65 Días Después de Aplicados los Herbicidas Preemergentes sobre el Suelo Con y Sin Cobertura

Herbicidas	Cobertura	Porcentaje Plantas Germinadas		Porcentaje Control
ACETOCLOR	Sin Cobertura	35,09	BCa	64,91
	Con Cobertura	32,82	BCa	67,18
CLOMAZONE	Sin Cobertura	0	Cb	100
	Con Cobertura	42,32	BCa	57,68
HEXAZINONA	Sin Cobertura	7,21	BCa	92,79
	Con Cobertura	35,77	BCa	64,23
ISOXAFLUTOLE	Sin Cobertura	35,7	Ba	64,3
	Con Cobertura	43,74	ABa	56,26
PENDIMETALINA	Sin Cobertura	0	Ca	100
	Con Cobertura	0	Ca	100
TESTIGO	Sin Cobertura	100	Aa	0
	Con Cobertura	100	Aa	0

CUADRO 6
Tamaño (cm) Promedio de 10 Plantas de la Maleza *Rottboellia cochinchinensis* obtenido 65 días Después de Aplicados los Herbicidas Preemergentes sobre el Suelo Con y Sin Cobertura

Herbicidas	Cobertura	Tamaño promedio 10 plts Germinadas(cm)	
ACETOCLOR	Sin Cobertura	7,74	ABb
	Con Cobertura	26,75	ABa
CLOMAZONE	Sin Cobertura	0	Bb
	Con Cobertura	28,42	Aa
HEXAZINONA	Sin Cobertura	6,84	ABb
	Con Cobertura	27,75	ABa
ISOXAFLUTOLE	Sin Cobertura	13,18	ABa
	Con Cobertura	4,25	Ba
PENDIMETALINA	Sin Cobertura	0	Ba
	Con Cobertura	0	Ba
TESTIGO	Sin Cobertura	15,89	Aa
	Con Cobertura	24,45	ABa

el Cuadro 4 correspondiente a la evaluación de los 45 días presentando un 6,2% de plantas germinadas y 65 días después de la aplicación (Cuadro 6) un 7,2% valores poco significativos y que podrían mejorar con un incremento en la dosis de este herbicida.

En ambos periodos de evaluación en los tratamientos con cobertura este herbicida fue parcialmente interceptado y por ello permitió un 33,46% y 35,77% de plantas germinadas para un 66,54% y 64,23% de control respectivamente.

Este herbicida al igual que Acetoclor y Clomazone en el tratamiento con cobertura o rastrojo el crecimiento de la maleza fue similar con 27,75 cm superando también al Testigo sin herbicida.

Las marcadas diferencias entre los valores obtenidos fueron significativamente diferentes según Tukey al 5%.

Isoxaflutole

Este herbicida aparentemente actúa más lentamente que los otros herbicidas valorados en este estudio ya que a los 45 días de la aplicación tanto en presencia y ausencia de cobertura permitió la germinación de más de un 80% de las plantas situación que se redujo aproximadamente a la mitad 20 días después (65 días de la aplicación) como se observa en el Cuadro 5 al presentar un 35,7% de plantas en el tratamiento sin cobertura y un 43,74% en presencia de esta para un 64,3 y 56,26% de control respectivamente.

Sin embargo al valorar el crecimiento de la maleza y contrario a lo obtenido en el herbicida Acetoclor el tratamiento con cobertura el Isoxaflutole actúo limitando el crecimiento de la maleza en un promedio alcanzado a los 65 días de 4,25 cm y 13,18 en el tratamiento sin cobertura. Este resultado revela que la cobertura no ofrece un impedimento físico para el accionar de este herbicida.

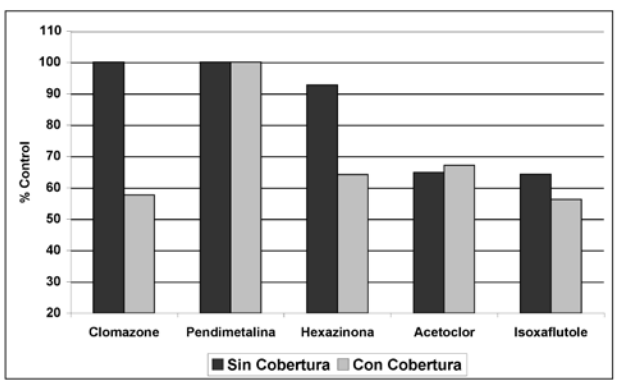


Figura 1. Efecto de la Cobertura en el Control de *Rottboellia cochinchinensis* con Cinco Herbicidas Aplicados en Preemergencia

Pendimentalina

A los 45 días y 65 días de aplicado este herbicida no permitió la germinación de la maleza, tanto en presencia y ausencia del rastrojo presentando con ello diferencias estadísticas significativas con el tratamiento Testigo (Cuadro 4 y Cuadro 5). Es importante resaltar que este herbicida fue el único que logró controlar la *Rottboellia cochinchinensis* en su totalidad y que con ello es factible asegurar que su accionar no se vio limitado con la cobertura o rastrojo.

La variable comportamiento de algunos herbicidas ante la presencia de los rastrojos como barrera entre el herbicida y el suelo podría deberse a la adsorción que sufren algunos de ellos por parte de la materia orgánica composición básica del rastrojo.

La materia orgánica es considerada como uno de los factores que influye sobre la adsorción de la mayoría de los herbicidas porque provee de un largo número de sitios de adsorción.

La materia orgánica es producto de la degradación de la lignina que contiene los residuos de las plantas y en este caso la hoja de caña, a la vez la misma esta compuesta de polifenoles con una alta superficie de contacto, un alto pH dependiendo de la posición de la carga negativa la cual es capaz de realizar interacciones orgánofiticas con herbicidas ligados de carga neutra, positivas y negativas. (Cavenaghi 2002).

CONCLUSIONES

Al evaluar el tamaño de la maleza es evidente que en la mayoría de los casos la cobertura favoreció el crecimiento de la maleza posiblemente debido a un crecimiento inicial acelerado en búsqueda de la luz a través de la Paja o Rastrojo.

Algunos herbicidas como Acetoclor y Isoxaflutole a pesar de haber permitido germinar la maleza en un alto porcentaje, estas se quedaron pequeñas y no desarrollaron normalmente en virtud de un efecto parcial del herbicida aplicado.

El herbicida Pendimentalina controlo en un 100% la maleza en los tratamientos con y sin cobertura indicando con ello que la presencia de la cobertura en el campo no impide su accionar como herbicida preemergente.

El herbicida Acetoclor logró un control parcial de la maleza y no se vio afectado por la presencia del rastrojo.

El herbicida Hexazinona desminuyó el control de la maleza aproximadamente en un 40% cuando este fue aplicado sobre el rastrojo.

El herbicida Clomazone controlo en un 100% la maleza en el tratamiento sin rastrojo y en el tratamiento con rastrojo la misma fue controlada parcialmente en un 58%.

El herbicida Isoxaflutole controlo parcialmente la maleza aproximadamente en un 60% y la presencia del rastrojo no interfirió en el mismo.

RECOMENDACIONES

En presencia de la maleza *Rottboellia cochinchinensis* en campos cultivados de caña de azúcar se recomienda el uso del herbicida Pendimentalina como preemergente en dosis iguales o superiores de 2,5l/ha y en presencia o ausencia del rastrojo de cosecha.

El herbicida Isoxaflutole en la dosis de 0,11 -0,15 Kg/ha es otra alternativa viable de uso si la población de *Rottboellia* no es muy alta en el cultivo de la caña de azúcar.

LITERATURA CONSULTADA

1. Alfaro. P, R; Rodríguez R, M; Bolaños. P, J. 2001. Evaluación de 11 Mezclas de Herbicidas para el Control de *Rottboellia cochinchinensis* y Otras Malezas en Hda. Tempisque S.A. Liberia Guanacaste. LAICA-DIECA. Mayo 15 p.

2. Barrios. P, J. 1997. Control de *Rottboellia cochinchinensis* ¨Caminadora¨ en Caña Soca con Pendimentalina. Guatemala. Memoria 11 avo. Congreso de ATACORI. Tomo II. Condovac. Guanacaste.

3. Bolaños, J; Alfaro, R. 1999. Diagnóstico Preliminar sobre la Distribución y Propagación de *Rottboellia cochinchinensis* (Lour) WD Clayton en las Plantaciones de Caña de Azúcar en Costa Rica. In Memoria XI Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. Volumen II. Manejo de Cultivos. 196 p.

4. Bowen, E. J. Kratky, A. B. 1998. Herbicidas Químicos ¿ Armas de Doble Filo ?. Revista Agricultura de las Américas. Setiembre-Octubre 1998.

5. Cavenaghi et al 2002. Dinámica de Herbicidas en Palhada de Cana de Acucar. Octavo Congreso Nacional de STAB. Pernambuco Brasil. pag 170-174.

6. Cavenaghi, L.A. et al 2002. Dinámica de Herbicidas en Palhada de Cana de Acucar. Memorias IIX Congreso Nacional de STAB. Pernambuco Brasil pag. 170-174.

7. Cassa. 2001. Manejo Integrado de la Caminadora *Rottboellia cochinchinensis* ¨Dirección Agroind. Ingenio Central Izalco. El Salvador. Boletín Técnico. Julio-Agosto No. 3. 23 pag.

8. Chaves, S. M.A; Alvarado, H. A. 1994. Manejo de la Fertilización en Plantaciones de Caña de Azúcar (Saccharum spp) en Andisoles de Ladera de Costa Rica. San José. Costa Rica. DIECA. Julio. 41 p.

9. Léon, R; Agüero, R. 2001. Efecto de la Profundidad del Suelo en *Rottboellia cochinchinensis* (LOUR) Clayton en Caña de Azúcar (Saccharum officinarum L.) Agronomía Mesoamericana 12. (1). pag. 65-69.

10. Léon, R, Agüero, R. 2001. Efecto de Tipos de Labranza sobre la Población de Malezas en Caña de Azúcar (Saccharum officinarum L). Agronomía Mesoamericana 12 (1). Pag. 71-77.

11. Locatelli, E. Myron, S._____ Residuos de Herbicidas en el Suelo. Principios Básicos sobre el Manejo de Malezas. Departamento de Protección Vegetal. Escuela Agrícola Zamorano Honduras. pag ____.

12. Petty, A. Nuñez, R. 1979. Gruía Práctica para el Manejo de Malezas. Colegio Zamorano. San Pedro de Sula. Honduras. 220 p.

13. Ramalho DFGP. 2001. Control Químico do Capim Camalote (*Rottboellia exaltata*) en Sequeiros de Cana de Acucar no Estado do Rio de Janeiro. Memorias de IIX Congreso Nacional de STAB. Pernambuco Brasil. pag 167-169.

14. Villegas. T.F; Torres. S, J. 1994. Evaluación de Herbicidas para el Control de Caminadora. Rev. Sugar Journal. Vol. 96. No 1143. pag 113.

CONTROL QUÍMICO PREEMERGENTE DE *ROTTBOELLIA COCHINCHINENSIS* EN CONDICIONES DE CAMPO E INVERNADERO

Roberto Alfaro Portuguez, Javier Bolaños Porras,
Julio C. Barrantes Mora
Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar
e-mail: ralfaro@laica.co.cr, jbolanos@laica.co.cr, jcbarrantes@laica.co.cr

INTRODUCCIÓN

La maleza *Rottboellia cochinchinensis*, conocida como ¨caminadora¨o ¨invasor¨ cuenta con una alta capacidad competitiva y rápida diseminación, características que la han convertido en una maleza importante principalmente en gramíneas cultivadas como arroz, maíz, y caña de azúcar con costos incrementales en su control y pérdidas ocasionadas por su competitividad (León y Agüero 2001).

El desarrollo precoz de la caminadora es superior al de la caña de azúcar por lo cual la maleza puede competir ventajosamente por agua, luz, nutrimentos y espacio.

Se ha encontrado que las pérdidas causadas por la competencia de esta malezas en la caña de azúcar fluctúan entre un 35 y un 60% para caña planta y un 30 a un 40% para caña soca o retoño, presentando los valores más altos en aquellas áreas de cultivo donde la ¨caminadora¨ se encuentra en un mayor grado de infestación (Villegas 1994).

En Colombia afirma Barrios 1997 que la competencia de la caminadora tuvo un efecto notable sobre la producción de caña cuando no se hizo ningún control, encontrándose disminuciones del 22% en el tonelaje de caña en los primeros 90 días del cultivo siendo la caminadora la principal maleza.

El control de esta maleza debe hacerse tempranamente antes de que esta produzca semillas para reducir su potencial de propagación y antes de que esta compita con el cultivo.

El uso de herbicidas representa una alternativa efectiva y económica para el control de la caminadora, sin embargo es frecuente la utilización de herbicidas de acción post emergente y algunos de ellos con acción preemergente muy leve o inexistente para esta maleza, provocando con ello la eliminación de las malezas presentes pero ineficaz en aquellas de segunda generación las cuales en poco tiempo infestarán nuevamente el cultivo.

Para lograr un control químico efectivo en lotes con altas infestaciones de esta maleza es necesario incorporar a las mezclas algún herbicida preemergente efectivo para que evite la germinación de la *Rottboellia* en la segunda generación de plantas.

Contando con los herbicidas más apropiados es factible establecer un programa de control a largo plazo con miras a la eliminación de esta maleza de las áreas cañeras.

En el mercado de los agroquímicos existen un buen número de herbicidas con capacidad según indica el fabricante de controlar la *Rottboellia cochinchinensis* en preemergencia a la maleza, pero no se indica medida alguna de esa capacidad y residualidad sobre todo cuando los mismos presentan una amplia diversidad de precios.

Ante esta interrogante y la respuesta productiva del cultivo se establecieron trabajos de investigación de campo e invernadero orientados a aclarar estas dudas y determinar cual o cuales herbicidas brindan el mayor control, la mayor residualidad y el menor costo pero sin perjudicar la productividad del cultivo.

EVALUACIÓN DE DIFERENTES HERBICIDAS DE ACCIÓN PREMERGENTE PARA EL CONTROL DE *ROTTBOELLIA COCHINCHINENSIS* EN CONDICIONES DE INVERNADERO

Para este trabajo inicial se seleccionaron nueve herbicidas con la característica particular según información del fabricante de controlar en preemergencia la maleza conocida como *Rottboellia cochinchinensis* (Cuadro 1), además presentan selectividad al cultivo y las dosis utilizadas son recomendadas comercialmente.

El ensayo se estableció en un invernadero de 102 m^2 ubicado en las instalaciones de DIECA en Santa Gertrudis Sur del cantón de Grecia, Alajuela. El mismo se encuentra ubicado a 10º 05´ 18´ Latitud Note y 84º 17´ 09´ Longitud Oeste, a una altitud de 1000 msnm, una temperatura media 23 ºC.

La semilla de *Rottboellia* fue recolectada del campo un año antes y previo a su siembra se realizaron pruebas de germinación para conocer de antemano su viabilidad.

Cada unidad experimental estuvo constituida por una caja plástica de 70 cm de largo, 36 cm de ancho y 25 cm de alto para un área de 0,2552 m^2. En cada una de estas cajas se deposito una capa de 2 cm de arena para permitir un mejor drenaje y evitar la sobresaturación, posteriormente se coloco una capa de suelo (Andisol) de 15 cm de profundidad. Las características fisioquímicas del suelo utilizado se presentan en el Cuadro 2.

En la siembra se deposito un total de 100 semillas por cada unidad experimental y luego sobre ellas se le agrego una capa de tierra aproximadamente de 1 cm de espesor.

La aplicación de los herbicidas se realizó de inmediato utilizando una bomba de espalda prevista de un regulador de presión de 35 lbs y una boquilla TeeJet 8003 calibrada para una descarga de agua de 659 litros por hectárea.

El invernadero donde se realizó este estudio se encuentra previsto de un sistema de riego con microaspersores y programado con 3 riegos diarios de 6 minutos suficiente para mantener en cada unidad experimental la humedad a capacidad de campo.

El diseño experimental que se utilizó en este experimento fue un irrestricto al azar con tres repeticiones para un total de 10 tratamientos y 30 unidades experimentales.

Las variables evaluadas fueron: porcentaje de plantas de *Rottboellia* germinadas respecto al Testigo, Porcentaje de Control, Peso y Tamaño de plantas de *Rottboellia* presentes en cada tratamiento.

Se realizaron evaluaciones a los 30-60 y 90 días y la información obtenida en cada una de estas evaluaciones y variables se les realizó una transformación log 10

CUADRO 1
Características de los Herbicidas Evaluados en este Estudio

Nombre Genérico	Concentración y Formulación	Dosis/ha	Clase Herbicida	Costo $/Ha
Metribuzin	48 SC	2,0 L	Triazina	33,89
Acetoclor	90 EC	2,5 L	Acetanilida	22,6
Pendimentalina	50 EC	2,5 L	Dinitroanilina	27,0
Isoxaflutole	75 WG	0,11 Kg	Isoxazoles	19,91
Hexazinona	75 WG	0,8 Kg	Triazina	46,21
Terbutrina	50 SC	4 L	Triazina	37,68
Clomazone	48 EC	1,5 L	Isoxazoles	45,05
Orizalina	48 SC	1 L	Dinitroanilina	26,14
Terbuthiuron	50 SC	2,5 L	Urea	73,98

CUADRO 2
Características Físico Químicas del Suelo Utilizado en este Estudio

pH	c mol/l				mg/l					Textura %			%
	Al	Ca	Mg	K	P	Zn	Mn	Cu	Fe	Arena	Arcilla	Limo	Mo
5.7	0.25	2.1	0.7	0.36	4	1.2	15	7	89	54	16	30	3.8

CUADRO 3
Análisis de Varianza Aplicado a las Variables Porcentaje de Germinación Peso y Tamaño de la Maleza (Valores Transformados log 10 (x+1)

Fuente variación	GL	Porcentaje de Germinación			Peso gr	Tamaño cm *
		30 días	60 días	90 días	90 días	90 días
Tratamientos	9	2,06	2,05	1,22	3,08	51,62
Error	20	0,07	0,07	0,06	0,3	0,85
Total	29	19,87	19,79	12,19	33,8	481,55
CV %		27,06	30,08	23,08	43,36	24,23
Significancia		1%	1%	1%	1%	1%

** Valores no transformados Log 10 (x+1)*

CUADRO 4
Porcentaje de Plantas de Rottboellia cochinchinensis Germinadas en Diferentes Evaluaciones Posteriores a la Aplicación de los Herbicidas

Tratamientos	% Plantas Germinadas					
	30 Días		60 Días		90 Días	
Orizalina	25,21	a	1,55	b	2,38	c
Hexazinona	2,56	b	0,93	b	2,95	c
Isoxaflutole	1,65	b	3,07	b	3,75	c
Clomazone	0	b	0,93	b	3,89	c
Terbutiuron	1,71	b	1,85	b	4,54	c
Pendimetalina	0	b	0	b	5,12	bc
Acetoclor	32,99	a	33,19	a	32,43	ab
Terbutrina	56,74	a	58,76	a	59,74	a
Metribuzin	76,91	a	85,86	a	81,56	a
Testigo	100	a	100	a	100	a

Valores con Igual Letra No Difieren Estadísticamente según Tukey 5 %

(x+1). Con el fin de cumplir con el principio de normalidad, seguidamente se les realizó el análisis de varianza (ANDEVA) y en los casos de presentar significancia se realizó una prueba de medias (Tukey 5%).

En el Análisis de Varianza aplicado a la variable porcentaje de germinación a los 30,60 y 90 días fue altamente significativo en los tres periodos de evaluación como se observa en el Cuadro 3.

Las variables peso total y tamaño promedio de las malezas obtenido al finalizar dicho estudio también presentó diferencias estadísticas altamente significativas por lo que se procedió a realizar una prueba de medias (Tukey 5%).

Tomando como base la germinación obtenida en los tratamientos Testigo (sin herbicida) se procedió a calcular el porcentaje de germinación de la maleza.

En el Cuadro 4 se presentan los resultados de dicha variable en los tres periodos de evaluación y como se observa a los 30 días el tratamiento con Orizalina presento un alto porcentaje de plantas germinadas (25,21%) las cuales posteriormente fueron disminuyendo hasta alcanzar un 2,38% a los 90 días. Los herbicidas Hexazinona, Isoxaflutole, Clomazone , Terbutiuron y Pendimentalina controlaron eficientemente la maleza desde la aplicación hasta los 90 días. Los herbicidas Acetoclor, Terbutrina y Metribuzin no lograron la contundencia de los anteriores desde la aplicación hasta los 90 días culminando con un 32,43%, 59,74% y un 81,56% de germinación respectivamente.

El herbicida Pendimentalina controló la totalidad de la maleza a los 30 y 60 días sin embargo algunas plantas aparecieron a los 90 días, esta reducción en la residualidad realmente es poco significativa sobre todo si el cultivo se le ha realizado algún tipo de labor mecánica.

Algunos herbicidas no lograron evitar la germinación de la maleza pero las plantas que germinaron no crecieron normalmente por efecto del herbicida, así se observa en el Cuadro 5 donde a los 90 días los herbicidas Pendimentalina, Isoxaflutole y Orizalina presentaron los menores pesos y tamaños de las plantas germinadas.

El porcentaje de control de los diferentes tratamientos indicaron que los herbicidas Orizalina, Hexazinona, Isoxaflutole, Clomazone, Terbutiuron y Pendimentalina superaron el 90% de control 90 días después de la aplicación, Acetoclor un 67,57%, Terbutrina 40,26% y Metribuzin con un 18,44%.

Herbicidas como Acetoclor, Terbutrina y Metribuzin presentaron un peso de las malezas superiores al Testigo sin aplicación debido al control de estos productos sobre otras malezas que se encontraban en el suelo y que se hicieron presenten en el Testigo compitiendo con la *Rottboellia*.

Respecto al costo por hectárea de los herbicidas preemergentes valorados en este estudio es muy variado ya que algunos como Isoxaflutole, Orizalina, Pendimentalina y Acetoclor son los más económicos además de efectivos como se observo en el Cuadro 1 y 5.

Después de conocer la residualidad y la capacidad de cada herbicida para controlar la maleza se hace necesario evaluar el posible efecto fitotóxico de estos productos sobre el cultivo y el cual se vería reflejado sobre la producción, por tal motivo se estableció un ensayo de campo para evaluar mediante la cosecha dicho efecto.

CUADRO 5
Porcentaje de Control, Peso y Tamaño de *Rottboellia cochinchinensis*
90 Días Posteriores a la Aplicación de los Herbicidas

Tratamientos	% Control	Peso (gr)		Tamaño (cm)	
	90 días	90 días		90 Días	
Orizalina	97,62	12,97	b	2,33	bc
Hexazinona	97,05	3,17	b	0,39	cd
Isoxaflutole	96,25	1,89	b	1,33	cd
Clomazone	96,11	7,1	b	0,66	c
Terbutiuron	95,46	44,3	ab	0,33	d
Pendimetalina	94,48	0,4	b	0,33	d
Acetoclor	67,57	324	a	7,16	ab
Terbutrina	40,26	331,67	a	9,14	a
Metribuzin	18,44	337,33	a	6,83	ab
Testigo	0	233,67	ab	10,52	a

Valores con Igual Letra No Difieren Estadísticamente Según Tukey 5 %

EVALUACIÓN DE DIFERENTES HERBICIDAS DE ACCIÓN PREEMERGENTE PARA EL CONTROL DE *ROTTBOELLIA COCHINCHINENSIS* EN CONDICIONES DE CAMPO

Para este estudio se seleccionaron 10 herbicidas de acción preemergente con el objetivo de verificar la capacidad de controlar malezas comunes y *Rottboellia cochinchinensis*, en condiciones de campo y además de valorar el efecto sobre la productividad de la caña de azúcar.

El ensayo se estableció en la Región Sur, específicamente en la Finca El Porvenir, Distrito San Pedro, Cantón de Pérez Zeledón, Provincia de San José a una altitud de 600 msnm, una temperatura media de 25,1°C y una precipitación anual de 2934 mm.

El suelo se clasifica como un Ultisol y sus características fisioquímicas se representan en el Cuadro 6.

El diseño utilizado fue de Bloques Completos al Azar con cuatro repeticiones y doce tratamientos aleatorizados en el área experimental para un total de 48 unidades experimentales.

Cada unidad experimental estuvo constituida de 4 surcos de 6 metros de largo a 1.3 m entre si, para un área total de 42 m^2. La parcela útil la represento toda la parcela.

La variedad utilizada en el estudio fue la Q 96 la cual esta comercialmente distribuida en la región y en el país y es conocida su susceptibilidad a algunos herbicidas.

La siembra de la caña se realizó con tres tallos por surco seleccionados en esquejes de tres yemas depositados al fondo del surco de siembra con el tipo de fertilizante y dosis recomendada por DIECA en la región-

Posterior a la siembra y antes de que las malezas emergieran se aplicaron los herbicidas en forma no aleatoria. Previo a la aplicación de los herbicidas se calibró el aplicador y el equipo utilizado, una bomba de espalda equipada con un regulador de presión marca Capri de 35 Lbs y con boquilla TeeJet 8003 para un volumen de descarga de 550 litros por hectárea.

Las malezas más comunes presentes en el ensayo se presentan en el Cuadro 7, los herbicidas utilizados en este estudio se presentan en el Cuadro 8 y sus dosis comerciales utilizadas son las recomendadas y obtenidas de diversos trabajos de investigación previos como el analizado anteriormente y que obedecen a un plan para determinar la mayor efectividad en el control de las malezas y en especial *Rottboellia cochinchinensis*, tomando en cuenta un bajo costo y una reducida contaminación del medio ambiente.

CUADRO 6
Características Físico Químicas del Suelo Ultisol donde se Ubico el Ensayo

c mol/l					mg/l					Textura %			
pH	Al	Ca	Mg	K	P	Zn	Mn	Cu	Fe	Arena	Arcilla	Limo	Mo
4.8	1.30	1.2	0.6	0.13	4	0.4	5	2	162	42	32	26	2.4

CUADRO 7
Malezas Presentes en el Ensayo de Preemergentes

Rottboellia cochinchinensis	*Paspalum costarricensis*	*Borreria spp*
Digitaria spp	*Paspalum plicatulum*	*Richardia scabra*
Conmelina difusa	*Marsypianthes chamaedrys*	*Portulaca aleracea*
Bidens pilosa	*Eleusine indica*	*Momordica charantia*
Emilia sonchifolia	*Ipomoea spp*	*Sida acuta*
Emilia fosbergii	*Cyperus spp*	*Paspalum conjugatum*
Acalypha arvensis	*Mimosa spp*	*Macuna pruriens*

Después de la aplicación de los herbicidas las parcelas fueron manejadas de acuerdo a las recomendaciones de manejo ofrecida por DIECA en la región.

Uno de los tratamientos Testigo no se le aplicó herbicida se dejo enmalezar y el otro Testigo se mantuvo limpio de malezas en forma manual con el objeto de comparar el efecto de la competencia de la maleza en una y el efecto fitotóxico de los herbicidas sobre la producción en el otro.

Entre las variables evaluadas se consideraron el porcentaje de control de todas las malezas a los 90 días y los rendimientos agroindustriales obtenidos por la caña a la edad de 10 meses.

Los datos obtenidos se les realizo el análisis de varianza y ante la significancia de la variable se aplicó la prueba de medias (Tukey 5%) (Cuadro 9). Según dicho análisis todas las variables presentaron diferencias estadísticas altamente significativas.

Las evaluaciones fueron realizadas simultáneamente y de forma independiente por cuatro especialistas que desconocían los tratamientos a evaluar, procurando con ello la mayor objetividad en los resultados, los cuales luego de promediarlos se presentan en el Cuadro 10.

CUADRO 8
Herbicidas Seleccionados y Aplicados en el Ensayo

Nombre Genérico	Concentración y Formulación	Producto Comercial		Tipo
		Dosis/ha	Costo $/ha	
Terbutiuron	50 SC	2 L	73,98	Urea
Imazapir	24 SC	1 L	31,37	Imidazol
Acetoclor	90 EC	2.5 L	26,00	Acetanilida
Hexazinona	75 WG	0.6 Kg	46,21	Triazina
Clomazone	48 EC	1.5 L	55,92	Isoxasol
Atrazina	90 WG	3 Kg	18,00	Triazina
Pendimetalina	50 EC	3 L	27,00	Dinitro Anilina
Metribuzin	48 SC	3 L	33,89	Triazina
Isoxaflutole	75 WG	0,11 Kg	19,91	Isoxasol
Oxiflorfen	12 EC	2.5 L	40,80	Difenil Eter

Según el porcentaje de control (Cuadro 10 y Figura 1) ejercido por los diferentes herbicidas, Terbutiuron y Pendimentalina presentaron los mejores controles de las malezas con un 90,68% y 89,43% respectivamente, valores levemente inferiores al Testigo desyerbado con un 92,7%.

El Testigo desyerbado no presento un 100% de control posiblemente porque al momento de la evaluación final no se había efectuado recientemente la última deshierba.

Los herbicidas Acetoclor 86,30%, Imazapir 85,03%, Hexazinona 80,40% y Metribuzin con un 80,33% presentaron valores bastante aceptables en el control de las malezas superando el 80% (De la Cruz 1987).

CUADRO 9
Análisis de Varianza Realizado a las Variables Estudiadas en este Estudio

Fuente variación	Rend Industrial Kg azucar / tm	Tm Caña / ha	Tm Azúcar / ha	% Control
	CM	CM	CM	CM
Repeticiones	10,33	65,23	2,81	78,72
Tratamientos	47,68	235,9	8,28	332,53
Error	13,33	15,4	0,95	46,48
Total	995,35	3298,66	130,96	5427,98
CV %	2,65	4,69	8,52	8,38
Significancia	1%	1%	1%	1%

CM = Cuadrados Medios

CUADRO 10
Resultados Agroindustriales y Porcentaje de Control Obtenido de las Parcelas Tratadas con los Herbicidas Preemergentes

Tratamientos	Rend. Ind Kg azúcar / tm		Tm caña / ha		Tm azúcar / ha		% Control	
Metribuzin	141,52	a	90,74	a	12,84	a	80,33	ab
Isoxaflutole	138,87	a	90,44	ab	12,55	ab	74,40	ab
Pendimetalina	140,87	a	88,66	abc	12,49	ab	89,43	ab
Hexazinona	139,5	a	87,76	abc	12,47	ab	80,40	ab
Terbutiuron	139,19	a	89,95	ab	12,37	ab	90,68	ab
Atrazina	137,74	a	85,38	abc	11,89	ab	62,50	ab
Testigo desyerbado	142,72	a	83	abc	11,85	ab	92,70	a
Oxiflorfen	134,95	a	84,49	abc	11,4	ab	79,10	ab
Acetoclor	135,2	a	83,6	abc	11,29	ab	86,30	ab
Clomazone	131,75	a	81,93	abc	10,47	ab	73,78	ab
Imazapir	132,83	a	76,46	bc	10,15	ab	85,03	ab
Testigo enmalezado	139,02	a	63,07	c	7,76	b	39,08	b

Valores con Igual Letra No Difieren Estadísticamente Entre Si Según Tukey 5%.

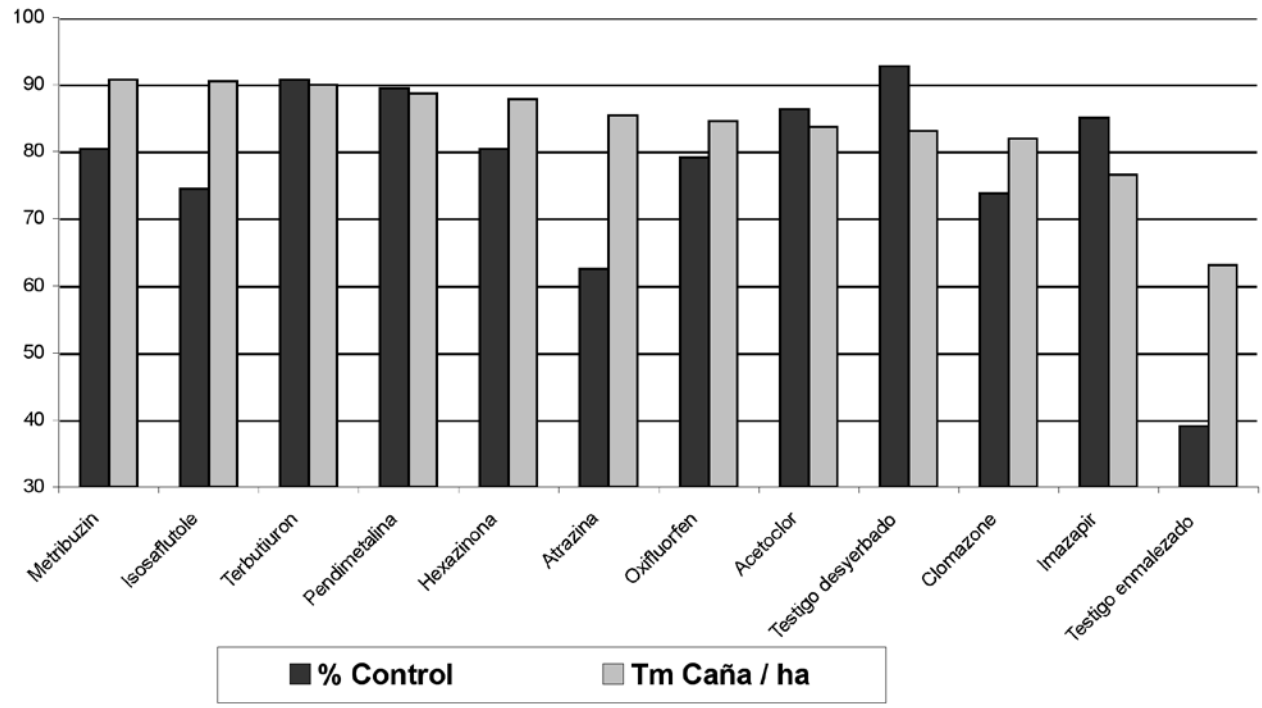


Figura 1
Producción de Caña (Tm/ha) y Porcentaje de Control de *Rottboellia cochinchinensis* en Condiciones de Campo

Estadísticamente se presentaron diferencias entre el Testigo desyerbado y el enmalezado el cual presentó un control natural de 39,08%, producto de la reciente preparación del terreno.

Algunos herbicidas como la Atrazina 62,5% presento un control deficiente de las malezas principalmente por abundar malezas gramíneas entre ellas *Rottboellia* y *Digitaria* y en las cuales este herbicida no es muy efectivo.

También los herbicidas Isoxaflutole, Clomazone y Oxifluorfen presentaron un control satisfactorio entre un 70 y 80% de control general de las malezas.

En las variables agroindustriales, Cuadro 10 el rendimiento industrial (Kg azúcar/TM) estadísticamente no presentaron diferencias significativas según la prueba de medias sin embargo se registraron valores más altos en los tratamientos aplicados con Pendimentalina, Metribuzin y el Testigo desyerbado, el menor rendimiento se presentó en el tratamiento con Clomazone con 131,75 Kg azúcar/TM de caña.

En la producción de Caña (TM/ha) (Figura 1) algunos tratamientos con herbicidas presentaron valores muy similares y superiores al Testigo desyerbado (83 Tm) como fueron Metribuzin con 90,74 Tm, Isoxaflutole con 90,44 Tm, Terbutiuron 89,95 Tm y Pendimentalina con 88,66 Tm entre otros.

En esta variable el efecto de la competencia al ser valorado entre ambos Testigos (desyerbado y enmalezado) representa como mínimo un 24% valor que incrementa hasta un 30% si el Testigo enmalezado se compara con la mayor producción de caña obtenida con el tratamiento Metribuzin e Isoxaflutole.

Según la prueba de medias estadísticamente se presentaron diferencias significativas entre el herbicida Metribuzin y los tratamientos con Imazapir y Testigo enmalezado, sin embargo no se presentaron diferencias entre los demás tratamientos.

En la producción de azúcar (Tm/ha) los tratamientos con Metribusin, Isoxaflutole, Pendimentalina, Hexazinona y Terbutiuron presentaron más de un 35% de producción que el Testigo enmalezado y entre ellos se deben resaltar por su control y alto rendimiento los herbicidas Terbutiuron y Pendimentalina.

CONCLUSIONES

En el control en preemergencia de *Rottboellia cochinchinensis* en condiciones de invernadero los herbicidas Orizalina, Hexazinona, Isoxaflutole, Clomazone, Terbutiuron y Pendimentalina superaron el 90% de control, por lo que se dispone de varias alternativas para el control de esta perniciosa maleza.

En el control de las malezas en preemergencia incluyendo la *Rottboellia cochinchinensis* en condiciones de campo los herbicidas Terbutiuron y Pendimentalina, Imazapir y Acetoclor superaron el 85% del control mientras que Hexazinona y Metribuzin superaron el 80% del control.

En el efecto sobre la producción de la caña de azúcar los herbicidas Metribuzin, Isoxaflutole, Pendimentalina, Hexazinona y Terbutiuron no afectaron los rendimientos del cultivo superando al Testigo desyerbado.

Si se correlaciona control eficiente de *Rottboellia cochinchinensis*, buenos rendimientos del cultivo y bajo costo de la aplicación el herbicida Pendimentalina cumple con dichas expectativas.

LITERATURA CITADA

1. Alfaro. P, R; Rodríguez R, M; Bolaños. P, J. 2001. Evaluación de 11 Mezclas de Herbicidas para el Control de *Rottboellia cochinchinensis* y Otras Malezas en Hda. Tempisque S.A. Liberia Guanacaste. LAICA-DIECA. Mayo 15 p.
2. Barrios. P, J. 1997. Control de *Rottboellia cochinchinensis* ¨Caminadora¨ en Caña Soca con Pendimentalina. Guatemala. Memoria 11 avo. Congreso de ATACORI. Tomo II. Condovac. Guanacaste.
3. Bolaños, J; Alfaro, R. 1999. Diagnóstico Preliminar sobre la Distribución y Propagación de *Rottboellia cochinchinensis* (Lour) WD Clayton en las Plantaciones de Caña de Azúcar en Costa Rica. In Memoria XI Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. Volumen II. Manejo de Cultivos. 196 p.
4. Cassa. 2001. Manejo Integrado de la Caminadora *Rottboellia cochinchinensis* ¨Dirección Agroind. Ingenio Central Izalco. El Salvador. Boletín Técnico. Julio-Agosto No. 3. 23 pag.
5. De la Cruz, R. 1987. Notas Sobre Pruebas de Herbicidas en el Campo. Manejo Integrado de Plagas. San José. Costa Rica.
6. Hance. J, R. 1987. Introducción al Control de Malezas. Publicación de Compañía Norvartis Basilea Suiza. 119 p.
7. Léon, R; Agüero, R. 2001. Efecto de la Profundidad del Suelo en *Rottboellia cochinchinensis* (LOUR) Clayton en Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum L.*) Agronomía Mesoamericana 12. (1). pag. 65-69.
8. Léon, R, Agüero, R. 2001. Efecto de Tipos de Labranza sobre la Población de Malezas en Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum L*). Agronomía Mesoamericana 12 (1).
9. Locatelli, E. Myron, S._____ Residuos de Herbicidas en el Suelo. Principios Básicos sobre el Manejo de Malezas. Departamento de Protección Vegetal. Escuela Agrícola Zamorano Honduras. pag ____.
10. Miller, L.C. 1995. Manejo de Herbicidas No Lavoura de Cana de Acucar. Revista STAB. Mayo-Abril. Vol 13. No. 14. pag 9-13.
11. Petty, A. Nuñez, R. 1979. Gruía Práctica para el Manejo de Malezas. Colegio Zamorano. San Pedro de Sula. Honduras. 220 p.
12. Sánchez. G.V. 1999. Control Biológico de *Rottboellia cochinchinensis*. Informe Técnico No. 308. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba. Costa Rica. 218 p.
13. Vargas, A; D. 1993. Diagnóstico Preliminar Sobre la Distribución de *Rottboellia cochinchinensis* en las Plantaciones de Caña de Azúcar en Costa Rica. Mayo. San José. Costa Rica. LAICA-DIECA. 31 p.
14. Vargas. A.J. 1996. Alternativas de Control de *Rottboellia cochinchinensis* en Plantaciones de Caña de Azúcar Ciclo Planta y Soca, San Carlos, Costa Rica. Memoria X Congreso Agronómico Nacional V1. San José, Costa Rica. EUNA. pag 440.
15. Villegas. T.F; Torres. S, J. 1994. Evaluación de Herbicidas para el Control de Caminadora. Rev. Sugar Journal. Vol. 96. No 1143. pag 113.

TOLERANCIA VARIETAL DE LA CAÑA DE AZÚCAR A DIFERENTES HERBICIDAS PREEMERGENTES RECOMENDADOS PARA EL CONTROL DE *ROTTBOELLIA COCHINCHINENSIS*

Ing. Roberto Alfaro Portuguez
Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar
e-mail: ralfro@laica.co.cr

Indiscutiblemente en toda actividad agrícola las malezas representan una plaga importante que debe ser controlada oportunamente de lo contrario su competencia con el cultivo puede provocar perdidas importantes como las señaladas por Blanco et al 1981, las cuales en la caña de azúcar pueden alcanzar un 85,5% sobre el peso de los tallos y un 43,4% sobre el número de los mismos. Este mismo autor indica que la perdida de producción puede ser evitada por la implementación de un programa de control de plantas dañinas ejecutado entre 15 y 75 días a partir de la germinación y que dicho autor señala como periodo critico de interferencia de las malezas con el cultivo.

Una las malezas más promisorias para el cultivo de la caña de azúcar es la *Rottboellia cochinchinensis* considerada como una de las malezas más importantes económicamente por su capacidad competitiva y pérdidas en el cultivo al cual según Ramalho 2001 estas pueden alcanzar hasta un 40% en la producción de tallos industrializables.

Debido a su alta capacidad de emitir semillas viables en un alto porcentaje y rápido crecimiento esta maleza invade los campos rápidamente emitiendo al menos dos generaciones importantes de plantas por año que dificultan su control.

Entre las medidas de control más efectivas para disminuir o aplacar el crecimiento de la población de esta especie se encuentra el uso de herbicidas preemergentes con efecto residual prolongado que permita disminuir la germinación escalonada y prolongada de sus semillas.

En el mercado hay una gran cantidad de herbicidas registrados para utilizarse en el cultivo de la caña de azúcar y los cuales presentan características intrínsecas que son valoradas desde que dichos productos son aplicados en el campo como son efectividad, precio e interferencia del medio ambiente con los mismos. También continuamente se han descubierto nuevas moléculas y formulado de nuevos productos que deben también ser evaluados esperando de ellos un buen control de las malezas, una mayor producción y calidad de la caña.

Por otra parte la liberación continúa de nuevas variedades de caña de azúcar por los programas de mejoramiento genético, garantizar al productor mayores ganancias en productividad agrícola e industrial, pero también un elemento nuevo en el agrosistema productivo.

Esta conjugación entre nuevas variedades liberadas y nuevos herbicidas asociados a estudios recientes apuntan a un comportamiento diferenciado tanto de las variedades en relación a su sensibilidad a los productos como el efecto de los productos en relación al comportamiento de las variedades (Victoria Filho e Camargo 1980).

Las mejores combinaciones variedad-herbicida por lo tanto permitirán mayores ganancias en productividad y bajos costos de producción. Sabiendo de esta posible diferencia en la sensibilidad varietal a los herbicidas se planteo esta investigación con el siguiente objetivo.

OBJETIVOS

Determinar el efecto de diferentes herbicidas aplicados en preemergencia sobre el crecimiento inicial de los tallos primarios en dos variedades comerciales de caña de azúcar.

Evaluar el efecto del herbicida Isoxaflutole sobre el crecimiento inicial de los tallos primarios de diferentes variedades comerciales de caña de azúcar.

Valorar el efecto sobre la producción de la caña de azúcar de diferentes herbicidas preemergentes.

EVALUACION DEL EFECTO DE DIFERENTES HERBICIDAS PREEMERGENTES EN EL CRECIMIENTO INICIAL DE DOS VARIEDADES COMERCIALES DE CAÑA DE AZÚCAR

Se seleccionaron diez herbicidas con la característica particular según información del fabricante de controlar en preemergencia la maleza conocida como *Rottboellia cochinchinensis* y se estableció este ensayo en un invernadero de 102 m^2 ubicado en las instalaciones de DIECA en Santa Gertrudis Sur del cantón de Grecia, Alajuela. El mismo se encuentra ubicado a 10º 05´ 18´ Latitud Note y 84º 17´ 09´ Longitud Oeste, a una altitud de 1000 msnm, una temperatura media 23 ºC.

Cada unidad experimental estuvo constituida por una caja plástica de 70 cm de largo, 36 cm de ancho y 25 cm de alto para un área de 0,2552 m^2. En cada una de estas cajas se deposito una capa de 2 cm de arena para permitir un mejor drenaje y evitar la sobresaturación, posteriormente se coloco una capa de suelo (Andisol) de 15 cm de profundidad.

Se seleccionaron dos variedades de origen Brasileño RB 73-9735 y SP 79-2233 ambas sembradas comercialmente en la Región del Valle Central con buenas características productivas y conocida susceptibilidad a los herbicidas por parte de RB 73-9735 y con cierta tolerancia a los mismos por la variedad SP 79-2233.

La variedad RB 73-9735 se cultiva en la región y se dispone de 582,24 has (25,94%) y la variedad SP 79-2233 de 54,34 has (2,42%), pero a nivel nacional esta última variedad se cultiva en 2.016,79 has (4,59%) et al (Chaves 2004).

De ambas variedades se seleccionaron tallos homogéneos en grosor y tamaño y de ellos de cada uno se tomó de la parte central un esqueje de tres yemas para ser sembrados en pares en las cajas plásticas, luego se les depósito encima una capa de suelo aproximadamente de 2 cm de espesor.

La aplicación de los herbicidas se realizó utilizando una bomba de espalda prevista de un regulador de presión marca Carpi de 35 lbs y una boquilla Tee Jet 8003 calibrada para una descarga de agua de 750 litros por hectárea.

Los herbicidas seleccionados se presentan en el Cuadro 1 y tienen la capacidad de controlar la *Rottboellia* en preemergencia, además presentan selectividad al cultivo y sus dosis son las recomendadas comercialmente.

El invernadero donde se realizó este estudio se encuentra previsto de un sistema de riego con microaspersores y programado con 3 riegos diarios de 6 minutos suficiente para mantener en cada unidad experimental la humedad a capacidad de campo.

El diseño experimental que se utilizó en este experimento fue un irrestricto al azar en arreglo factorial 11x 2 compuesto por diez herbicidas y un Testigo el primer factor y 2 variedades para el segundo factor los cuales con tres repeticiones sumaron un total de 22 tratamientos y 66 unidades experimentales.

CUADRO 1
Características y Precio de los Herbicidas Evaluados en este Estudio

Nombre Genérico	Concentración y Formulación	Dosis/ha	Clase Herbicida	Costo $/Ha
Metribuzin	48 SC	2,0 L	Triazina	33,89
Acetoclor	90 EC	2,5 L	Acetanilida	22,6
Pendimentalina	50 EC	2,5 L	Dinitroanilina	27,0
Isoxaflutole	75 WG	0,11 Kg	Isoxazoles	19,91
Hexazinona	75 WG	0,8 Kg	Triazina	46,21
Terbutrina	50 SC	4 L	Triazina	37,68
Clomazone	48 EC	1,5 L	Isoxazoles	55,92
Orizalina	48 SC	1 L	Dinitroanilina	26,14
Terbutiuron	50 SC	2,5 L	Urea	73,98
Imazapir	24 SC	1 L	Imidazol	31,37

A los noventa días se procedió a extraer los esquejes de la caña y medir todos los brotes de cada tratamiento y el peso total de dichos brotes (peso fresco) y la información obtenida se realizo un Análisis de Varianza el cual se presenta en el Cuadro 2.

CUADRO 2
Análisis de Varianza Obtenido de las Variables Analizadas en este Estudio

Fuente Variación	GL	Tamaño Brotes		Peso Brotes	
		CM	P(F)	CM	P (F)
Tratamientos	10	8.753.480	0.03	41.076.377	0.01
Variedades	1	63.092.822	0.00	268.537.988	0.00
Tratamientos x Variedades	10	1.499.967	1.00	8.669.537	1.00
Error	44	3.960.971		13.944.867	
Total	65	33991.00		136637.12	
CV%		16.81		20.97	

CM= Cuadrado Medio
P (f)= Probabilidad

Según el análisis de varianza se determinó que se presentaron diferencias estadísticamente significativas en las variables tamaño y peso de los brotes de caña entre los diferentes tratamientos con herbicidas y también entre ambas variedades evaluadas sin embargo la prueba de medias efectuada (Tukey 5%) no presentó diferencia alguna.

La interacción entre los herbicidas y las variedades no marcaron diferencias estadísticas significativas como se aprecia en dicho Cuadro.

En el Cuadro 3 se presentan los resultados de la medición del tamaño y peso de los hijos de caña (Brotes) emitidos por cada variedad sometida a cada tratamiento de herbicida.

Tamaño Total de los Hijos

En la variedad **RB 73-9735** algunos tratamientos superaron al Testigo sin herbicida en el tamaño de los hijos así se observa en el Cuadro 3 donde Terbutrina, Metribuzin, Pendimentalina y Orisalina presentaron entre un 10 y un 20% más de crecimiento que el Testigo así también se observa en la Figura 1.

Los tratamientos con los herbicidas Hexazinona, Acetoclor e Isoxaflutole los brotes o hijos de esta variedad no crecieron lo suficiente para igualar al tratamiento Testigo como si lo hicieron los herbicidas Clomazone, Terbutiuron e Imazapir.

De los herbicidas mencionados Imazapir no cumple con el requisito de presentar selectividad al cultivo por lo cual en presencia de una variedad susceptible a los herbicidas era de esperar que este afectara el crecimiento de los brotes del cultivo como aparentemente ocurrió con otros herbicidas selectivos.

Al respecto Coleti 2000 menciona que evaluando este herbicida en variedades RB estas no presentaron efectos fitotóxicos 90 días después de la aplicación en preemergencia en un suelo arcilloso de Brasil, este resultado confirma los resultados parciales obtenidos con este herbicida en esta variable.

CUADRO 3
Tamaño y Peso Total de Diferentes Tratamientos

Tratamientos		Tamaño (cm)	DPRT	Peso (gr)	DPRT
Herbicidas	Variedad	Total Hijos		Total Hijos	
Metribuzin	RB 73-9735	117,50	110	174,96	107
	SP 79-2233	131,33	115	244,73	118
Acetoclor	RB 73-9735	93,50	88	103,90	63
	SP 79-2233	117,16	103	151,30	73
Pendimentalina	RB 73-9735	117,00	110	173,43	106
	SP 79-2233	157,33	138	220,43	107
Isoxafluctole	RB 73-9735	87,33	82	100,50	61
	SP 79-2233	107,93	94	176,43	85
Hexazinona	RB 73-9735	100,16	94	162,10	101
	SP 79-2233	121,16	106	163,90	79
Terbutrina	RB 73-9735	122,83	119	173,63	107
	SP 79-2233	140,83	123	228,63	110
Clomazone	RB 73-9735	105,16	99	160,00	99
	SP 79-2233	131,00	115	203,56	98
Orizalina	RB 73-9735	125,66	118	181,60	111
	SP 79-2233	129,16	113	206,10	100
Terbutiuron	RB 73-9735	106,00	100	143,86	87
	SP 79-2233	127,00	111	175,43	85
Imazapir	RB 73-9735	107,83	101	180,50	110
	SP 79-2233	132,66	116	182,26	88
Testigo	RB 73-9735	106,50	100	161,13	100
	SP 79-2233	114,00	100	206,10	100

DPRT= Diferencia Porcentual respecto al Testigo.

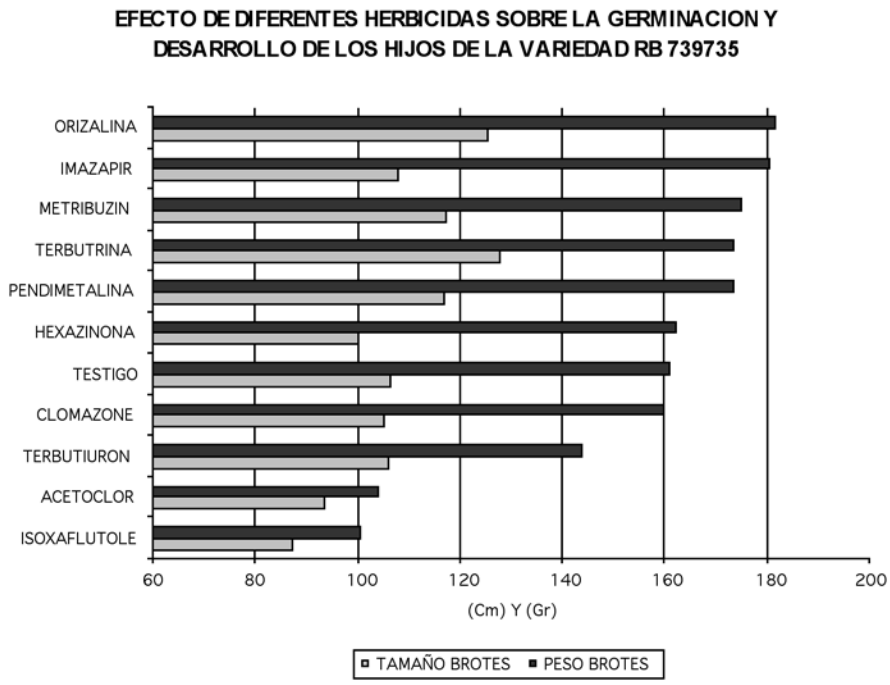


Figura 1

La variedad **SP 79-2233** aparentemente se vio menos afectada por los herbicidas en virtud de su supuesta mayor tolerancia a los mismos.

En el Cuadro 3 Figura 2 se aprecia como los herbicidas Pendimentalina, Terbutrina, Imazapir y Metribuzin presentaron valores en el tamaño de los hijos superiores al tratamiento Testigo entre 15 y hasta un 38% como ocurrió con Pendimentalina.

A esta variedad los herbicidas Hexazinona y Acetoclor no afectaron el crecimiento de los hijos como ocurrió con la variedad RB 73-9735, únicamente el herbicida Isoxaflutole disminuyó levemente el crecimiento respecto al Testigo.

Peso Total Hijos

Al tomar el peso total de los hijos o brotes en la variedad **RB 73-9735** fue más afectada ya que los herbicidas Imazapir, Orizalina, Terbutrina, Metribuzin y Pendimentalina superaron al Testigo entre un 5 y un 11% Cuadro 3 y Figura 1.

Los herbicidas Terbutiuron, Acetoclor e Isoxaflutole afectaron el peso de los hijos entre un 20 y un 40%.

Por su parte los herbicidas Hexazinona y Clomazone presentaron valores en los hijos de esta variedad similares al tratamiento Testigo.

El peso de las hijos de la variedad SP 79-2233 (Figura 2) también se vieron más severamente afectados por los herbicidas Imazapir, Isoxaflutole, Terbutiuron, Hexazinona y Acetoclor entre un 12 y un 23% menos que el tratamiento Testigo.

Los herbicidas Metribuzin, Terbutrina y Pendimentalina evidencian nuevamente un efecto más bien positivo en el peso de los hijos al presentar entre un 6 y un 7% superior al tratamiento Testigo.

Los resultados obtenidos se resumen en la Figura 3 donde es importante señalar que el herbicida Hexazinona afecto más a la variedad SP 79-2233 en el peso de los hijos que a la variedad RB 73-9735. Sin embargo otros herbicidas como Terbutiuron, Acetoclor e Isoxaflutole afectaron a ambas variedades en esta variable.

Los herbicidas Metribuzin, Terbutrina y Pendimentalina presentaron un mejor desarrollo de los hijos que el tratamiento Testigo en ambas variedades, siendo el Metribuzin el mejor tratamiento al presentar un mayor tamaño y peso de los hijos o brotes.

El herbicida Imazapir supero al Testigo en ambas variedades y los valores fueron muy similares entre ellos, por otra parte Acetoclor fue el herbicida que más afecto el desarrollo de los hijos en ambas variedades.

Es notoria la diferencia existente entre ambas variedades donde la variedad SP 79-2233 supero al menos en el desarrollo inicial de los tallos a la variedad RB 73-9735.

Curiosamente y contrario a lo esperado muchos herbicidas mejoraron el desarrollo de ambas variedades y en especial a la variedad SP 79-2233.

EVALUACIÓN DE 15 VARIEDADES COMERCIALES TRATADAS CON EL HERBICIDA ISOXAFLUTOLE

Como el herbicida Isoxaflutole fue uno de los que más afecto a la variedad ¨susceptible¨ RB 73-9735 y a la variedad ¨tolerante¨ SP 79-2233, se aplicó este producto en la dosis 0,11 Kg/ha a un total de 15 variedades comerciales y se valoró el tamaño de los hijos y el peso fresco de los mismos.

La metodología utilizada en cuanto a selección de tallos y siembra en invernadero fue similar al estudio anterior y los resultados se resumen a continuación.

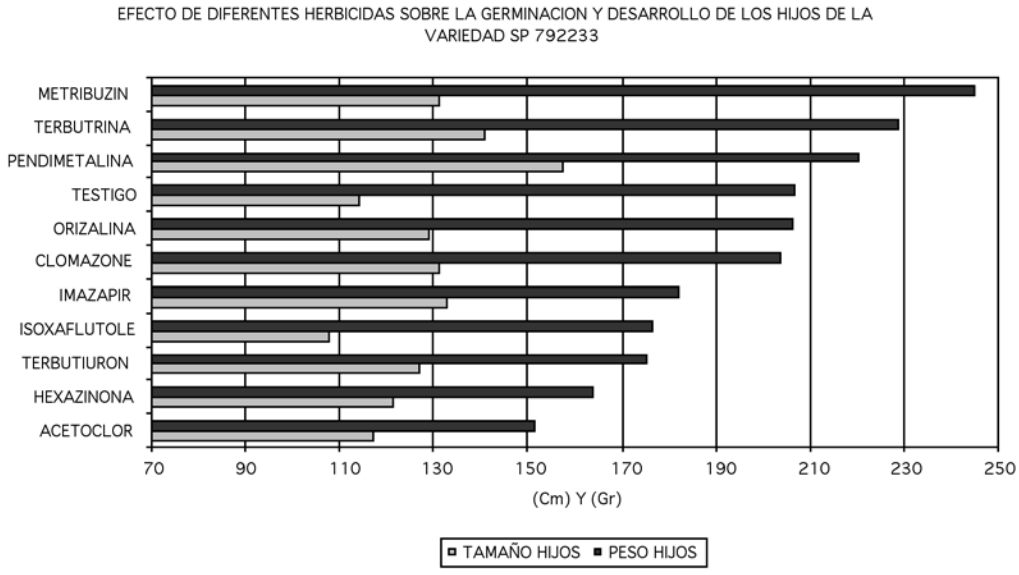


Figura 2

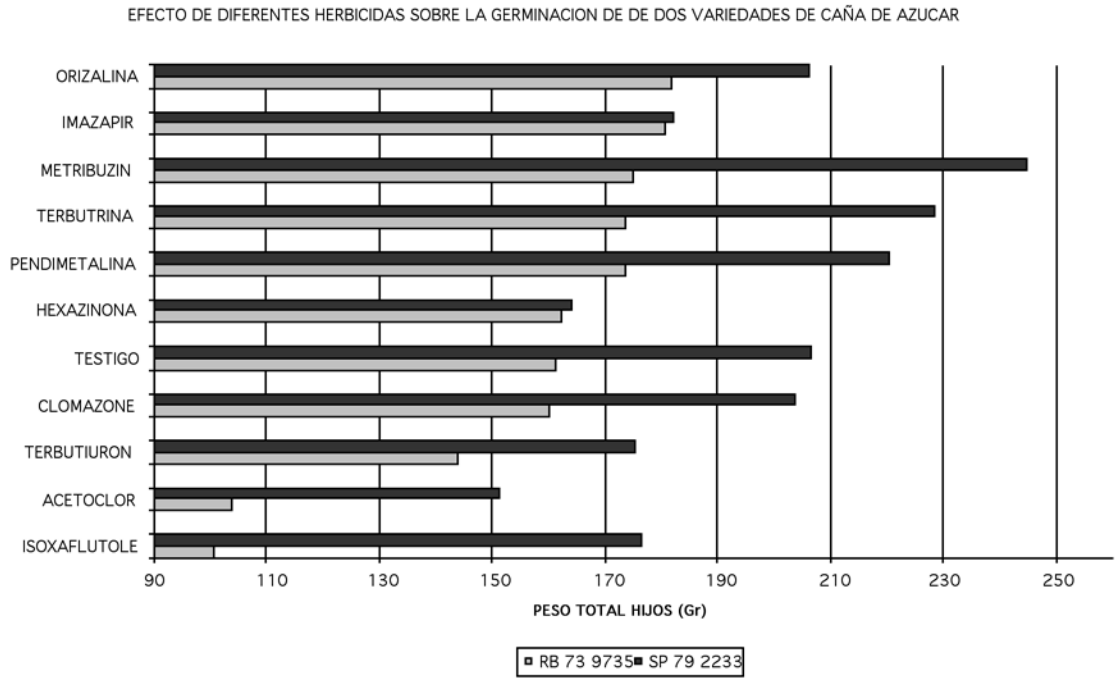


Figura 3

En el Cuadro 4 y Figura 4 se observa el tamaño de los hijos de cada variedad tratada con este herbicida y comparada cada una con su respectivo tratamiento Testigo.

Una de las variedades más afectadas por el herbicida Isoxaflutole parece ser Mex 79-431 por cuanto el tratamiento Testigo (sin herbicida) presentó un mayor tamaño y peso de los hijos que cuando la misma fue tratada con el herbicida.

La variedad B 80-689 también presento un mayor crecimiento en los hijos cuando no fue tratada con el herbicida seguidamente las variedades B 76-259, CP 72-1210 y SP 70-1284 presentaron el mismo comportamiento

pero con un efecto más leve como se observa en dicha Figura.

En las demás variedades evaluadas el tamaño de los hijos fue superior cuando se les aplicó el herbicida y una de las diferencias más marcadas las presentaron CP 72-2086, LAICA 00-301, SP 81-3250, SP 82-1176 y SP 81-2068.

En el peso de los hijos Figura 5 las variedades Mex 79-431, Q 135, LAICA 00-301 aparentemente fueron las más afectadas por el herbicida al presentar las mayores diferencias entre el tratamiento Testigo y el aplicado con Isoxaflutole.

Las variedades que no manifestaron una reducción en el peso de sus hijos por causa del herbicida y por el contrario presentaron un mayor desarrollo de los mismos cuando fueron tratados por el herbicida Isoxaflutole fueron SP 70-1284, SP 82-1176, PR 87-2080, B 80-689, CP 72-2086 y Q 96. Sorprende este resultado porque es conocida la susceptibilidad de la variedad Q 96 a algunos herbicidas y en este caso como se observa en dicho comportamiento no se presento y por el contrario como se expreso el desarrollo de sus hijos o brotes más bien se vio favorecido por el herbicida.

Un grupo de variedades como SP 81-2068, B 76-259, Q 132, C 72-2086 y NA 56-42 las diferencias entre ambos tratamientos fue muy reducida o igual por lo que se puede deducir que no fueron afectados ni positiva ni negativamente por el herbicida.

Las variedades que se vieron afectadas por el herbicida en el tamaño y peso de los hijos fueron Mex 79-431 y CP 72-1210 esta última con valores muy reducidos en ambas variables.

Estos resultados concuerdan con los obtenidos en el ensayo de campo citado en este documento donde se valoraron diez herbicidas aplicados en preemergencia al cultivo y a la maleza en la variedad Q 96 (Cuadro 5). En el mismo después de cosechar las parcelas tratadas con cada herbicida Figura 6 se encontró que los herbicidas como Metribuzin, Isoxaflutole, Terbutiuron, Pendimentalina y Hexazinona entre otros tratamientos superaron en la producción de caña (TM/ha) al tratamiento Testigo desyerbado.

CONCLUSIONES

El grado de fitotoxicidad que puede presentar un determinado herbicida al cultivo de la caña de azúcar es de orden genético y dependerá del ingrediente activo del herbicida y su dosis.

El tamaño de los hijos primarios del esqueje y sus pesos obtenidos a los 90 días después de la aplicación no fueron afectados negativamente por todos los herbicidas evaluados.

CUADRO 4
Tamaño y Peso de la Totalidad de los Hijos Germinados en 15 Variedades de Caña de Azúcar Tratadas con el Herbicida Isoxaflutole en Condiciones de Invernadero

VARIEDAD	TRATAMIENTO	TAMAÑO HIJOS	PESO HIJOS
		Cm	Gr
MEX 79 431	ISOXAFLUTOLE	108	209,2
	TESTIGO	141	263
Q 132	ISOXAFLUTOLE	93	144,9
	TESTIGO	86,5	149,2
B 76259	ISOXAFLUTOLE	67	162
	TESTIGO	72	165,9
LAICA 00301	ISOXAFLUTOLE	118	99,4
	TESTIGO	75,5	145
CP 721210	ISOXAFLUTOLE	62	128,2
	TESTIGO	65	135,9
NA 5642	ISOXAFLUTOLE	76,5	39,7
	TESTIGO	78	39
SP 70 1284	ISOXAFLUTOLE	57,5	115,5
	TESTIGO	62	86,1
SP 81 2068	ISOXAFLUTOLE	139,5	249,2
	TESTIGO	115,5	249,9
SP 82 1176	ISOXAFLUTOLE	134,5	290,91
	TESTIGO	106,5	244,3
B 80 689	ISOXAFLUTOLE	71	208,2
	TESTIGO	88	159,7
CP 722086	ISOXAFLUTOLE	121	143,7
	TESTIGO	36,5	82
Q135	ISOXAFLUTOLE	89,5	96,5
	TESTIGO	85	148,8
PR 87 2080	ISOXAFLUTOLE	102,5	226,8
	TESTIGO	88,5	153,1
Q 96	ISOXAFLUTOLE	117	183,7
	TESTIGO	107,5	68,5
SP 81 3250	ISOXAFLUTOLE	124,5	196,2
	TESTIGO	90,3	215,5

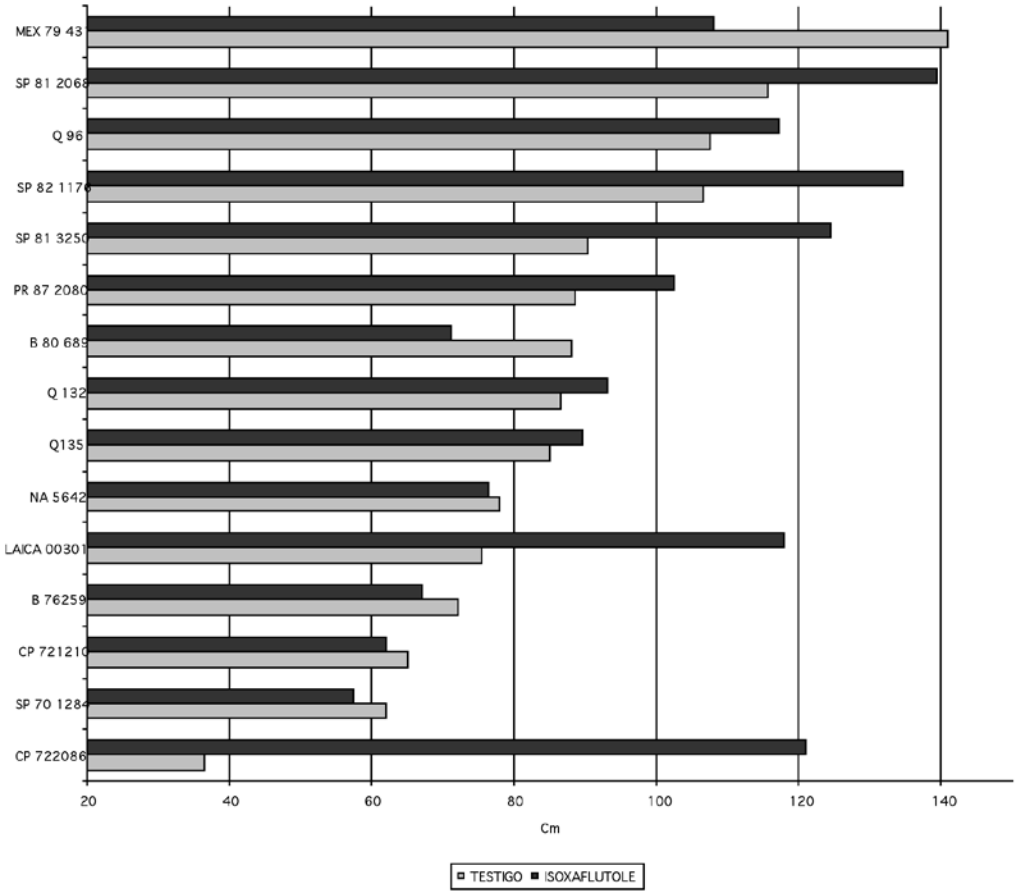


Figura 4. Tamaño de los Hijos de 15 Variedades Comerciales de Caña de Azúcar Tratadas con un Herbicida Preemergente

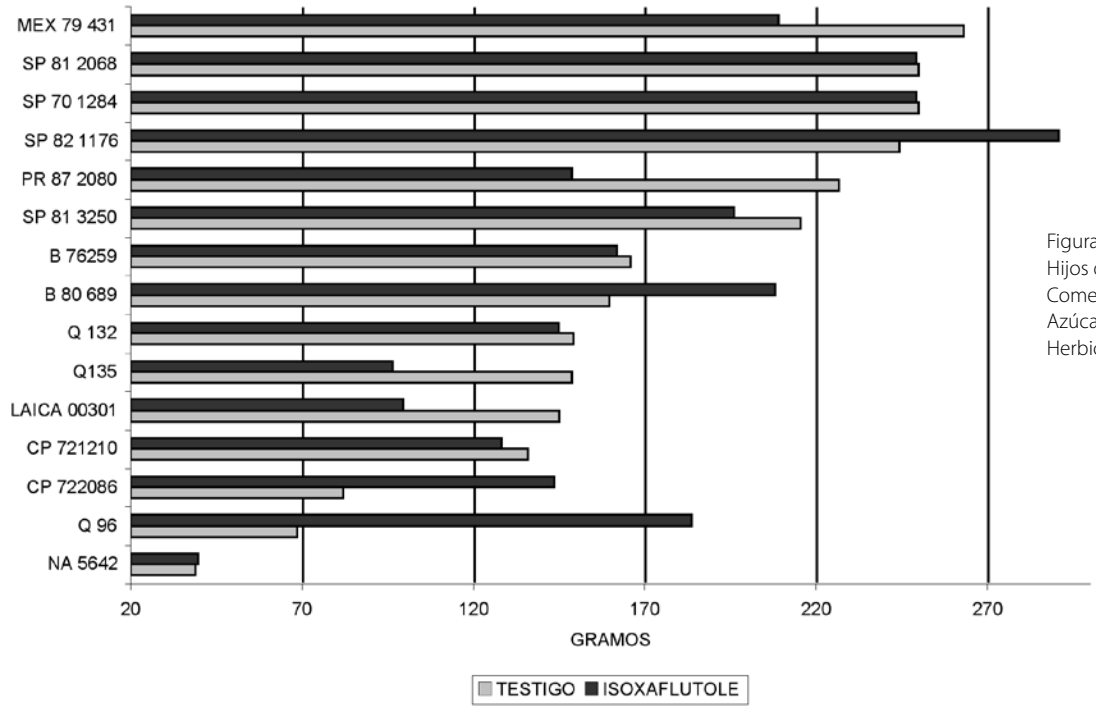


Figura 5. Peso de los Hijos de 15 Variedades Comerciales de Caña de Azúcar Tratadas con un Herbicida Preemergente

CUADRO 5
Resultados Agroindustriales Obtenidos en la Caña de Azúcar Tratada con Herbicidas Preemergentes en la Región Sur 2004

Tratamientos	Rend. Ind	Tm caña / ha	Tm azúcar / ha
	Kg azúcar / tm		
Metribuzin	141,52	90,74	12,84
Isoxaflutole	138,87	90,44	12,55
Pendimetalina	140,87	88,66	12,49
Hexazinona	139,5	87,76	12,47
Terbuthiuron	139,19	89,95	12,37
Atrazina	137,74	85,38	11,89
Testigo desyerbado	142,72	83	11,85
Oxiflorfen	134,95	84,49	11,4
Acetoclor	135,2	83,6	11,29
Clomazone	131,75	81,93	10,47
Imazapir	132,83	76,46	10,15
Testigo enmalezado	139,02	63,07	7,76

También no todas las variedades evaluadas fueron afectadas por igual cuando fueron tratadas por un mismo herbicida preemergente.

La variedad RB 73-9735 presento una mayor susceptibilidad a los herbicidas y la variedad SP 79-2233 una mayor resistencia y en esta solamente el Herbicida Isoxaflutole la afecto negativamente con los demás herbicidas el desarrollo de los hijos fue superior.

El herbicida Isoxaflutole afecto el crecimiento de las variedades SP 79-2233 y RB 73-9735 pero al ser evaluado este herbicida en otras variedades algunas de ellas no fueron afectadas y por el contrario mejoraron el crecimiento de los hijos o brotes.

Algunos herbicidas aplicados en preemergencia no afectaron la producción del cultivo y una posible causa se deba a la obstrucción provocada por el esqueje de permitir a través de él la adsorción y translocación del herbicida hacia los primeros brotes. Aquellas variedades precoses que emiten las raíces del hijo más rápidamente estas absorberán mayores cantidades de herbicida que llegarán más rápidamente y en forma directa al hijo o brote afectando su crecimiento. Características como estas de orden genético posiblemente son las causantes de las diferencias mencionadas.

El herbicida Isoxaflutole mejoró el crecimiento de los hijos de la variedad Q 96 y esta condición fue reflejada también con este tratamiento en una mayor producción de caña en condiciones de campo.

El efecto positivo en el crecimiento de los hijos primarios de los esquejes posiblemente se deba a la presencia de sustancias adyuvantes adicionadas en la formulación del herbicida que en algunas variedades estimulan la multiplicación celular y con ello un mayor crecimiento y desarrollo de dichos brotes.

El uso de herbicidas preemergentes es más conveniente que el uso de productos post emergentes, en virtud de causar menos efecto fitotóxico al cultivo.

La respuesta obtenida en condiciones de invernadero se vio reflejado en condiciones de campo cuando la caña tratada con algunos herbicidas fue cosechada.

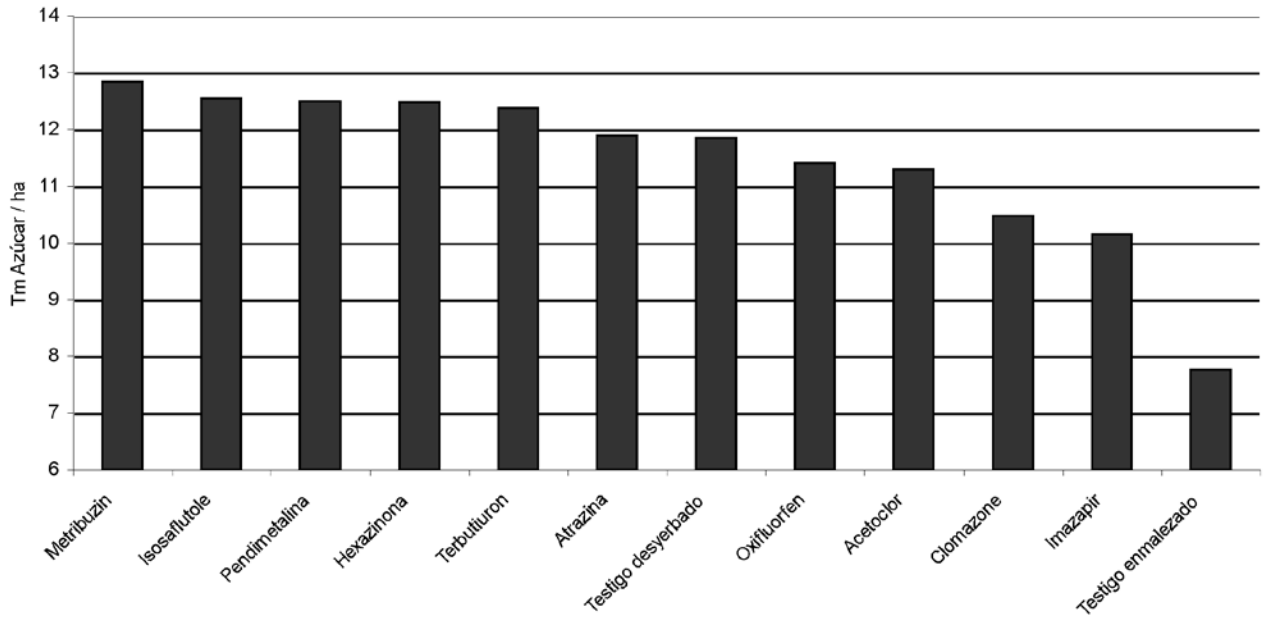


Figura 6. Producción de Azúcar (Tm/ha) obtenidos en la Caña de Azúcar Tratada con Diferentes Herbicidas Preemergentes en la Región Sur

LITERATURA CONSULTADA

1. Alfaro. P, R; Rodríguez R, M; Bolaños. P, J. 2001. Evaluación de 11 Mezclas de Herbicidas para el Control de *Rottboellia cochinchinensis* y Otras Malezas en Hda. Tempisque S.A. Liberia Guanacaste. LAICA-DIECA. Mayo 15 p.

2. Alfaro. P, R; Rodríguez R, M; Bolaños. P, J. 2001. Evaluación de 11 Mezclas de Herbicidas para el Control de *Rottboellia cochinchinensis* y Otras Malezas en Hda. Tempisque S.A. Liberia Guanacaste. Memoria XV Congreso de ATACORI, Setiembre, Guanacaste. Costa Rica. pag. 157-162.

3. Blanco, H.G. 1981. Importancia do Mato para a Cana de Acucar. Agroquímica. Ciba Geigy, Sao Paulo. N 15, p. 17-21.

4. Barrios. P, J. 1997. Control de *Rottboellia cochinchinensis* ¨Caminadora¨ en Caña Soca con Pendimentalina. Guatemala. Memoria 11 avo. Congreso de ATACORI. Tomo II. Condovac. Guanacaste.

5. Bertsch, F. 1995. La Fertilidad de los Suelos y su Manejo. San José. Costa Rica. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. 1 era ed. pag. 52-53.

6. Bolaños, J; Alfaro, R. 1999. Diagnóstico Preliminar sobre la Distribución y Propagación de *Rottboellia cochinchinensis* (Lour) WD Clayton en las Plantaciones de Caña de Azúcar en Costa Rica. In Memoria XI Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. Volumen II. Manejo de Cultivos. 196 p.

7. Bowen, E. J. Kratky, A. B. 1998. Herbicidas Químicos ¿ Armas de Doble Filo ?. Revista Agricultura de las Américas. Setiembre-Octubre 1998.

8. Cassa. 2001. Manejo Integrado de la Caminadora *Rottboellia cochinchinensis* ¨Dirección Agroind. Ingenio Central Izalco. El Salvador. Boletín Técnico. Julio-Agosto No. 3. 23 pag.

9. Chaves, S. M.A et al. 2004. Censo de Variedades de Caña de Azúcar Sembradas en Costa Rica. Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar. Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar. DIECA. San José. Costa Rica. 125 p.

10. Genta; H; Villarreal, J. 1992. Manual de Control de Malezas en Hortalizas. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. INIA. Uruguay. Serie Técnica No. 21. 141 pg.

11. Hance. J, R. 1987. Introducción al Control de Malezas. Publicación de Compañía Norvartis Basilea Suiza. 119 p.

12. Petty, A. Nuñez, R. 1979. Gruía Práctica para el Manejo de Malezas. Colegio Zamorano. San Pedro de Sula. Honduras. 220 p.

13. Romalho. DFGP. 2001. Control Químico do Capin-Camolote (*Rottboellia exaltata*) en Sequeiros de Cana de acucar no Estado Do Rio de Janeiro. Memorias de IIX Congreso Nacional de STAB. Pernambuco. Brasil. pag. 167-169.

14. Sánchez. G.V. 1999. Control Biológico de *Rottboellia cochinchinensis*. Informe Técnico No. 308. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba. Costa Rica. 218 p.

15. Vargas. A.J. 1996. Alternativas de Control de *Rottboellia cochinchinensis* en Plantaciones de Caña de Azúcar Ciclo Planta y Soca, San Carlos, Costa Rica. Memoria X Congreso Agronómico Nacional V1. San José, Costa Rica. EUNA. pag 440.

16. Victoria P, R; Comargos, PN. Efeito de Herbicidas nos teores de Macronutientes e nos Caracteristicas Tecnológicas da Cana de Acucar (*Saccharum officinarum*). I Misturas de Herbicidas en Post Emergencia. Planta Daninha, Campinas V3 N2. P 96-107. 1980.

17. Villegas. T.F; Torres. S, J. 1994. Evaluación de Herbicidas para el Control de Caminadora. Rev. Sugar Journal. Vol. 96. No 1143. pag 113.

EVALUACIÓN DE UNA NUEVA OPCION HORMONAL, BATON 80 WG, PARA EL CONTROL DE COYOLILLO Y HOJAS ANCHAS EN CULTIVOS GRAMINEAS

Manuel de Jesús Martínez Ovalle
Ing. Agr. M. Sc. Especialista en Fisiología vegetal y Manejo de Malezas.
Profesor Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala.
Ciudad Universitaria, Zona 12. Guatemala, Guatemala C. A.
Correo electrónico: madejemao@usa.net

RESUMEN

El control oportuno y eficiente de malezas se fundamenta en el uso de opciones químicas que permitan sincronizar su aplicación dentro de esquemas de secuencias de labores que implican la utilización de todas las labores en un programa que favorezca el desarrollo del cultivo y no el de las malezas. Esto es de vital importancia especialmente cuando se trata de malezas que por sus características biológicas y agronómicas requieren de esta sincronización, tal es el caso de la maleza conocida como coyolillo o coquito en la mayoría de áreas de la región donde se cultiva caña de azúcar y otras gramíneas. Para encajar en este sistema de manejo se han ideado formulaciones de herbicidas, resaltando los hormonales, especialmente basados como ingrediente activo en el Acido 2,4-Dicloro fenoxiacetico (i.a. 2,4-D), pero que su acción herbicida ha sido limitada por el tipo de formulación al ser limitada su absorción y posterior translocacion a la maleza objetivo, en este caso el coyolillo. Por ello se diseñó esta nueva formulación del herbicida 2,4-D, basada en una sal que es totalmente antivolatil y de gran penetración y absorción en la maleza incrementando notablemente su acción herbicida sobre la maleza objetivo. Bajo este enfoque, se establecieron dos ensayos para mostrar la eficiencia y eficacia de la nueva formulación para el control del *Cyperus rotundus* y malezas dicotiledoneas asociadas. Los ensayos se establecieron en un terreno donde el coyolillo tenía aproximadamente 3 semanas, que es la edad en que encaja para un esquema de manejo de secuencias de labores en el cultivo de caña de azúcar. Los resultados demostraron un control eficiente del coyolillo a los 35 días después de la aplicación, especialmente a las dosis de 1 y 1.5 kg. de producto comercial por hectárea. Además muestran un excelente grado de selectividad para las plantas gramíneas en general. Ello permitiría encajar dentro de un sistema de secuencias de labores en el cultivo de caña de azúcar, proponiéndose aplicar a las 3-4 semanas después del corte o siembra, proporcionándonos unas 5 semanas de control, con lo que estaría prácticamente cerrándose el cultivo.

INTRODUCCION

El coyolillo (*Cyperus rotundus* L.) ha sido reportado como una de las especies de maleza más agresivas en las áreas tropicales y sub-tropicales del mundo. Su efecto nocivo se refleja en su alta capacidad reproductiva (asexual) y competitiva ocasionando disminución en rendimientos que varían entre 30 y 50 %, si no se controla durante las épocas críticas de competencia en cultivos anuales como el maíz (*Zea mays*), trigo (*Triticum vulgare*), sorgo (*Sorghum vulgare*) y perennes como la caña de azúcar (*Saccharum spp*.). (Cruz, 1990; Martinez, 2003).

Las formulaciones tradicionales de 2,4-D (Hedonal, Amina y otras), asi como las de otros hormonales tales como el picloram (Tordón, Kuron M) y dicamba (Banvel, Weedmaster) han demostrado actividad limitada sobre el coquito y otras malezas de la familia Cyperaceae, con selectividad a cultivos de cereales cuando se aplican en la época apropiada y dosis recomendada, pero su translocación a lo largo de la cadena de tubérculos es restringida. Las formulaciones tradicionales de 2,4-D translocan el ingrediente activo no mas allá del bulbo basal, por lo que el control ha sido catalogado como poco consistente e incluso ineficiente. (Monsanto, 1988).

Bajo el enfoque de incrementar la sistemicidad del ingrediente activo en las formulaciones de 2,4-D, se ha ideado el herbicida Baton que, por las características propias de la sal y los surfactantes usados en su formulación, ofrece una translocacion incomparable aun en el sistema rizomatoso o bulboso del *Cyperus rotundus*, lo que incide en que haya un grado de control eficientemente aceptable del herbicida sobre la maleza.

Entendidos estos conceptos se planteó un experimento basado en dos ensayos con los mismos tratamientos y en la misma localidad, separándose únicamente por la composición de malezas, así:

Ensayo A: Area cubierta predominantemente con *Cyperus rotundus*
Ensayo B: Area cubierta con combinación de *C. rotundus* y hojas anchas

OBJETIVOS

a) Evaluar el grado de control sobre el coyolillo (*Cyperus rotundus*) ejercido por la formulación del herbicida 2,4-D, en este caso el herbicida Baton, comparado con los tratamientos que han sido desarrollados específicamente para el control de la maleza en mención.
b) Determinar la dosis comercial que ejerza el control eficiente de la maleza en cuestión, ajustándose al rango de "días control" requerido en los cultivos, especialmente de caña de azúcar y maíz, donde la maleza es de gran importancia en el país y en general en la región.
c) Cuantificar el efecto de control o de toxicidad sobre otras malezas que ejerzan los tratamientos para determinar su grado de selectividad sobre los cultivos en los que se enfoca su control, en este caso maíz y caña de azúcar.

MATERIALES Y MÉTODOS

Un experimento consistente en dos ensayos, con los mismos tratamientos, fue establecido con el objetivo de evaluarlos en su control de coyolillo, como tal, y en la combinación de éste con malezas de hoja ancha.

La metodología seguida fue la siguiente:

Primer ensayo: Enfoque a coyolillo solo

TRATAMIENTOS (Dosis/ha)

1) Baton 0.75 kg
2) Baton 1 kg
3) Baton 1.50 kg
4) Sempra 150 gr.
5) Pyrazo 2 kg
6) Pyrazo 2.5 kg
7) Baton 1 kg + Sempra 150 gr.
8) Baton 1 kg + Pyrazo 2 kg
9) Testigo absoluto (sin aplicación)

Segundo Ensayo: Enfoque a coyolillo más hojas anchas

TRATAMIENTOS (Dosis/ha)

1) Baton 0.75 kg
2) Baton 1 kg
3) Baton 1.50 kg
4) Sempra 150 gr.
5) Pyrazo 2 kg
6) Pyrazo 2.5 kg
7) Baton 1 kg + Sempra 150 gr.
8) Baton 1 kg + Pyrazo 2 kg
9) Testigo absoluto (sin aplicación)

1) Localización: Terreno sin cultivo del Centro Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
2) Unidades experimentales de 3 metros de ancho por 10 metros de largo.
3) Diseño experimental: en franjas con submuestras (repeticiones) anidadas.
4) Equipo de aplicación: bomba de mochila con boquilla TF 2.5, calibrada para hacer una aplicación de 200 lt/ha aproximadamente.
5) Malezas predominantes:
   a. Primer ensayo:
   i. Cyperus rotundus (Predominante en un 90 %)
   ii. Amaranthus sp.
   iii. Melampodium divaricatum
   iv. Portulaca oleracea
   b. Segundo ensayo: (Combinación de malezas)
   i. Cyperus rotundus
   ii. Amaranthus sp.
   iii. Melampodium divaricatum
   iv. Tithonia rotundifolia
   v. Portulaca oleracea
6) Cultivos circundantes: Tomate, frijol, cucurbitáceas y maíz.
7) Las evaluaciones fueron hechas a los 7 DDA (Días Después de la Aplicación), 15 DDA, 21 DDA y 42 DDA.

Variables Evaluadas:

Las tres variables evaluadas fueron:

a) Porcentaje de control sobre Cyperus rotundus: Esta variable se determinó en base al % de efecto fitotóxico causado por el tratamiento sobre la maleza objetivo, dentro de la unidad experimental. La determinación de esta variable permite estimar exactamente la eficiencia de control del tratamiento herbicida sobre la población de *Cyperus rotundus* presente en cada unidad.

b) Grado de control de coyolillo y las otras malezas (Biomasa o peso fresco): Esta variable se cuantificó en una evaluación hecha a los 35 DDA, determinando la biomasa o peso fresco de la maleza objetivo (*C. rotundus*) así como las acompañantes, agrupándolas en gramíneas y hojas anchas, determinándose el control ejercido sobre los grupos de malezas y asociándolo con la selectividad ejercida sobre los dos grupos taxonómicos de malezas (gramíneas y hojas anchas) para comprobar el grado de selectividad de los tratamientos al ser usados especialmente en cultivos de gramíneas donde se asume que es selectivo el 2,4-D.

c) Días control: Esta variable se determina cuantificando el momento cuando la maleza objetivo reinicia la infestación a un grado de 50 % sobre la unidad experimental.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Según las observaciones de campo y de acuerdo a los análisis respectivos, se puede establecer lo siguiente:

a) Porcentaje de control sobre *Cyperus rotundus*

Según se observa en el Cuadro 1, la dosis de 1 kg/ha de Baton ya muestra un buen control sobre el coyolillo (C. rotundus) y obviamente un excelente control sobre malezas dicotiledóneas, no así sobre monocotiledóneas que muestra un control "nulo", indicándonos con ello su total selectividad a plantas gramíneas, que es lo que se persigue cuando se aplican herbicidas catalogados de cypericidas en cultivos de gramíneas. Esto se muestra en el grado de control o toxicidad, aunque leve, que muestran las opciones de Sempra y Pyrazo sobre las malezas gramíneas que, en teoría no debería existir, ya que están catalogados como exclusivamente cipericidas.

b) Grado de control de coyolillo y las otras malezas (Biomasa o peso fresco)

CUADRO 2
Efecto de los tratamientos sobre el coyolillo y las malezas gramíneas y hojas anchas expresado en gramos de peso fresco (biomasa) de cada grupo taxonómico, determinado a los 35 días después de la aplicación de los tratamientos.
Centro Experimental de Agronomía, USAC. Guatemala, Abril del 2006.

TRATAMIENTO	GRAMINEAS	CYPERACEAS	HOJA ANCHA	TOTAL
BATON 0.75	1988.64	170.46	0.00	3238.64
BATON 1.0	3977.27	61.40	0.00	6058.01
BATON 1.5	910.02	35.00	0.00	1417.52
TESTIGO ABS	772.50	533.35	1317.50	3935.03
BATON+SEMPRA	624.25	170.25	0.00	1191.75
BATON+PYRAZO	372.50	59.00	0.00	647.25
SEMPRA	1161.55	85.13	170.25	2175.04
PYRAZO 2.0	929.00	18.00	177.00	1686.00
PYRAZO 2.5	37.25	3.50	0.00	61.13

CUADRO 1
Efecto de los tratamientos aplicados sobre el control de los distintos grupos taxonómicos de malezas en los dos ensayos combinados para control de coyolillo solo y en combinación con malezas dicotiledóneas y monocotiledóneas. 35 Dias Después de la Aplicación. Centro Experimental de Agronomía, USAC. Guatemala, Abril del 2006.

PRODUCTOS	DOSIS/ha.	PORC CONT	PORC CONT	PORC CONT
		(Ciperáceas)	(Dicotiledóneas)	(Monocotiledóneas)
Baton	0.75 kg	50	70	0
Baton	1.0 kg	80	100	0
Baton	1.5 kg	100	100	0
Bat + Pyra	1.0 kg + 2.0 kg	100	100	30
Bat + Semp	1.0 kg + 0.15 kg	100	100	20
Pyrazo	2.0 kg	90	20	30
Pyrazo	2.5 kg	100	30	30
Sempra	0.15 kg	100	30	20
Testigo Abs.	(Ninguna)	0	0	0

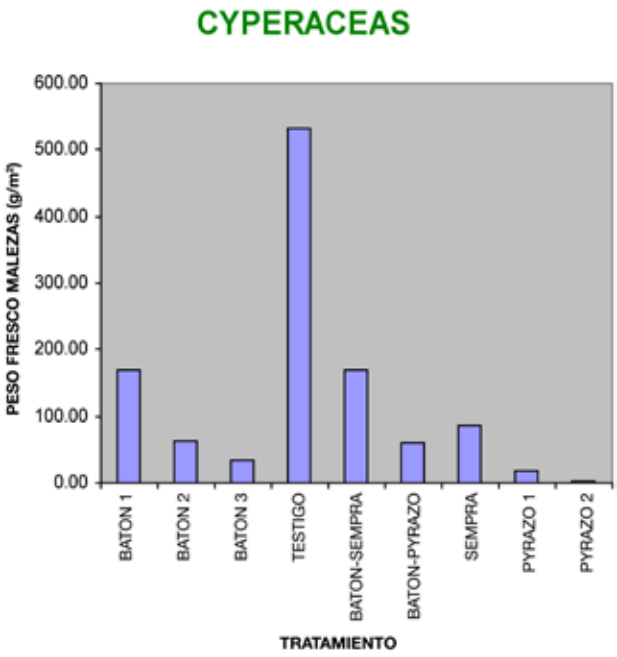


FIGURA 1. Biomasa, expresada en gramos/m2, de las ciperáceas presentes en los tratamientos a los 35 DDA. Centro Experimental de Agronomía, USAC. Guatemala, Abril del 2006.

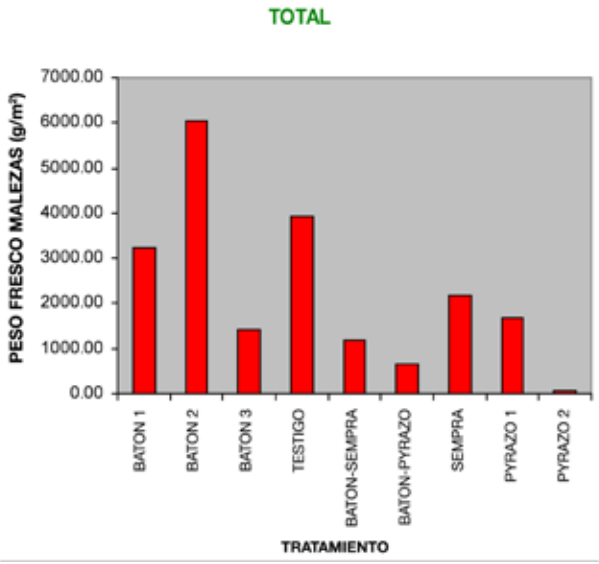


FIGURA 2. Biomasa, expresada en gramos/m2, de todas las especies de malezas presentes en los tratamientos a los 35 DDA. Centro Experimental de Agronomía, USAC. Guatemala, Abril del 2006.

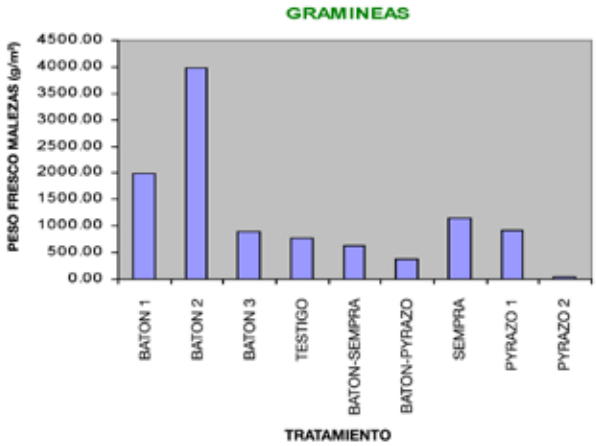


FIGURA 3. Biomasa, expresada en gramos/m2, de las gramíneas presentes en los tratamientos a los 35 DDA. Centro Experimental de Agronomía, USAC. Guatemala, Abril del 2006.

Según se aprecia en el Cuadro 2 y en la Grafica 1, el Baton a dosis de 1.0 kg/ha ya ejerce un control sobre C. rotundus tan aceptable como el Pyrazo a la menor dosis e incluso un tanto mejor que el Sempra (obsérvese que los tratamientos con las menores biomasas fueron los que mejor efecto de control tuvieron sobre los distintos grupos taxonómicos de malezas). Consecuentemente obsérvese que la dosis más alta de Pyrazo fue la que tuvo el mejor efecto de control del coyolillo.

Ahora bien, al analizar la Figura 3 se determina que la dosis mas alta de Pyrazo fue también la que mas alto efecto tuvo sobre malezas gramíneas indicando con ello que puede causar toxicidad a cultivos de gramíneas si la maleza objetivo, en este caso el coyolillo, se encontrara compitiendo dentro de los mismos, no así en el caso de Baton, especialmente la dosis de 1 kg/ha que muestra un control eficientemente aceptable del coyolillo y además, según la Figura 2 y la Figura 3, es en la que mayor biomasa de malezas hay, indicando con ello el efecto positivo que tiene sobre el desarrollo de las malezas gramíneas lo que es un aliciente si el control del C. rotundus tuviera que hacerse en cultivos gramíneas como la caña de azúcar o maíz. Un efecto semejante muestra el Sempra que también tiene cierto grado de toxicidad sobre gramíneas al mostrar biomasas bajas de éstas.

c) Días control

Observaciones hechas a los 35 días después de la aplicación, muestran que en los tratamientos de cipericidas así como en las dosis de 1.0 y 1.5 kg/ha de Baton, la cobertura de la maleza objetivo (*Cyperus rotundus*) se encontraba aun en niveles abajo del 50 % de cobertura, indicando con ello que por lo menos se cuenta con un

rango de 35 días de control (5 semanas) que es excelente para un manejo de las aplicaciones contra el coyolillo, especialmente en el cultivo de caña de azúcar.

CONCLUSIONES

1. El Baton muestra un eficiente grado de control contra Cyperus rotundus a una dosis de 1.0 kg/ha y un excelente grado de control contra la misma a dosis de 1.5 kg/ha.
2. Los cipericidas, Sempra y Pyrazo, muestran un excelente grado de control contra el *C. rotundus,* pero también son los que mas efecto fitotóxico muestran contra las malezas gramíneas, indicando con ello lo contraproducente que pueden resultar al ser usados en cultivos gramíneas.
3. El herbicida Baton, al contrario muestra un efecto positivo sobre el desarrollo de plantas gramíneas, indicando así que al ser aplicado sobre cultivos gramíneas no produce ningún efecto contraproducente sino que, al contrario, induce un mejor desarrollo de la planta deseada si se tratara de cultivos como caña de azúcar o maíz.

LITERATURA CITADA

1. CRUZ, R. 1990. El coquito (*Cyperus rotundus* L.) biología y control. Cali, Colombia. Monsanto Colombiana, Departamento técnico. 19 p.
2. MARTINEZ, M.; LOPEZ R. 2003. Manual de prácticas del curso de control de malezas. Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos. Guatemala. C. A., 120 p.
3. MONSANTO, GUA. 1998. El control del "coyolillo" (*Cyperus rotundus* L.). Guatemala, C.A. 4 p.

EFECTO DE LA GRANULOMETRÍA DEL CARBONATO DE CALCIO APLICADO EN UN SUELO ULTISOL, SOBRE LA PRODUCCIÓN AGROINDUSTRIAL DE LA CAÑA DE AZÚCAR. PROMEDIO DE 4 COSECHAS. PÉREZ ZELEDÓN, COSTA RICA[A]

Marco Chaves Solera
Director Ejecutivo de DIECA. E-mail: mchavezs@laica.co.cr

Julio César Barrantes M.
Coordinador de DIECA Región Sur. E-mail: jbarrantes@laica.co.cr

RESUMEN

El experimento se realizó con el objeto de evaluar el efecto de la granulometría de la cal aplicada en un suelo ácido (pH 4,7 y 57,6% de Saturación de Acidez) de orden Ultisol, sobre la producción agroindustrial de la caña de azúcar, variedad SP 71-5574, en Pérez Zeledón. El Diseño Experimental empleado fue de Bloques Completos al Azar con tres repeticiones. Al analizar los rendimientos agrícolas promedios de cuatro cosechas, se observa que hay un incremento en la producción agrícola del 5,1% entre los Tratamientos Con aplicación de Cal evaluados, respecto al Testigo Sin Cal; diferencia que es más evidente entre los tratamientos de Granulometrías más Finas (Fracciones 40 y 60) las cuales incrementaron en promedio el tonelaje en 10,4 %. Contrariamente las Fracciones de Granulometrías más Gruesas (Fracciones 10 y 14) prácticamente no difieren con el Testigo y más bien presentan una disminución del -1,8% en la producción de caña (TM/ha). La aplicación de cal en la forma tradicionalmente vendida en el comercio incrementó en un 8,6% la producción agrícola. Al comparar los rendimientos promedio de los tratamientos de mejor respuesta (Fracciones 40 y 60) respecto a Testigo Con Cal vemos que los primeros incrementan la producción respecto al segundo en un porcentaje de 1,8% (1,5 TM) lo cual genera una diferencia muy baja, por lo que técnica y económicamente resulta más beneficioso el uso de la fuente comercial sin fraccionamiento especial. Para la variable de Producción de Azúcar/ha se produjo un incremento promedio del 8% con variaciones en un rango del 14% para los tratamientos de Fracciones 40 y 60 y un -5% para el tratamiento de Fracción 14. Quedó evidenciado que el efecto correctivo de la cal se da en las primeras dos cosechas. Las Fracciones14, 40 y 60 y el Tratamiento Con Cal mostraron un incremento lineal tanto en productividad de caña como de azúcar (TM/ha) hasta la tercera cosecha, cayendo en la última, por causa de una posible menor residualidad. La Fracción Granulométrica más Gruesa (10) presentó por el contrario, sus mayores rendimientos de caña y azúcar en las dos últimas cosechas.

Palabra clave: Caña de Azúcar, Enmiendas, Carbonato Calcio, Granulometría, Costa Rica.

INTRODUCCIÓN

La acidez de muchos suelos agrícolas en nuestro país, constituye sin lugar a dudas, uno de los factores más limitantes para elevar la productividad y rentabilidad de los cultivos agrícolas, en virtud de que esa condición reduce significativamente el potencial productivo que los mismos poseen y que en teoría es factible alcanzar. La corrección y acondicionamiento de estos suelos para su empleo agrícola representa, consecuentemente, un asunto de interés común para todos los que de una u otra forma están involucrados con el proceso de producción agrícola dentro de conceptos eficientes, rentables y competitivos (***CHAVES 1993***).

La corrección de la acidez modifica un gran número de propiedades físicas, químicas y microbiológicas del suelo, lo que puede crear y establecer condiciones ambientales favorables para el desarrollo de las plantas. Con el objeto de efectuar la corrección y acondicionamiento de estos suelos, se utiliza la práctica del encalado, por medio de la cual se adicionan productos compuestos a base de Calcio y/o Magnesio, que tienen la propiedad de inducir las modificaciones necesarias que acondicionen el suelo para su empleo agrícola (***RAMÍREZ 1978).***

Los productos Correctivos de la Acidez del suelo poseen en general una baja Solubilidad en agua, por lo que su grado de Reactividad y eficiencia puede ser promovida significativamente aumentando su superficie de exposición al medio; para ello, las partículas deben ser predominantemente de tamaño o granulometría pequeña (***CHAVES 1988, 1993, 1999***).

Estudios técnicos desarrollados bajo condiciones de invernadero, han demostrado que las fracciones más finas son más efectivas para controlar y neutralizar la acidez del suelo, pues reaccionan más rápidamente que las fracciones más gruesas. Se considera que el material más grueso de 8 mallas (> 2,36 mm), es poco efectivo para ser utilizado como fuente de encalado. Se asegura a su vez, que un buen material correctivo, debe pasar en un porcentaje superior al 95 la malla de 2,00 mm (Malla N° 10), como lo aseveraran ***VILLALOBOS y CHAVES (2003)***.

La Reactividad de los productos correctivos de acidez es una propiedad sumamente importante, ya que determina la velocidad de acción del material en la corrección de acidez de un suelo. Existe una relación inversa entre el grado de fineza del material y la Reactividad, pues un correctivo con fracciones texturales gruesas, requerirá de mayor tiempo para reaccionar, puesto que su superficie de exposición es significativamente inferior respecto a uno de fracción más fina (***VILLALOBOS Y CHAVES 2003***).

OBJETIVO

Evaluar el comportamiento y reacción agroindustrial de la caña de azúcar a la aplicación de un Correctivo de Acidez adicionado en diferentes Granulometrías, en un suelo del orden Ultisol de Pérez Zeledón, Costa Rica.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la Finca El Porvenir propiedad de COOPEAGRI EL GENERAL R.L., se estableció la presente investigación, ubicada en el Distrito de San Pedro del Cantón de Pérez Zeledón, en las Coordenadas Geográficas 09º 16' 53" Latitud Norte y 83º 33' 03" Longitud Oeste. A una altitud es de 560 msnm, con una precipitación total anual de 4.146 mm/año, una temperatura promedio de 24,9 ºC. El tipo de suelo en el cual se estableció la prueba pertenece al orden Ultisol y se estableció bajo un Diseño Estadístico de Bloques Completos Al Azar con 3 repeticiones. El tamaño de la parcela fue de 5 surcos de 7,75 m de largo por 1,3 m de separación entre surcos y 2 metros de separación entre parcelas, para un área total por parcela de 50,3 m^2.

Las características químicas del suelo donde se realizó la investigación son: pH: 4,7; Ca 2,40 Cmol(+)/l; Mg 0,2 Cmol(+)/l; K 0,12 Cmol(+)/l; Al 2 Cmol(+)/l; P 2 µg/l; Cu 2 µg/l; Zn 0,4 µg/l ; Mn 2 µg/l, Fe 91 µg/l y una CICE de 4,72. La Saturación por Aluminio del suelo fue del 57,6%. Para la evaluación, 22 días antes de la siembra se aplicó el equivalente de 3 TM/ha de cada uno de los tratamientos de Granulometría variable evaluados; y que se mencionan seguidamente: Fracción 10; Fracción 14; Fracción 40; Fracción 60; Testigo Comercial con $CaCO_3$ y un Testigo Absoluto sin $CaCO_3$. El Testigo Comercial correspondió a un tratamiento empleando el producto sin desagregar ni diferenciar fracciones, sino tal como se adquiere y aplica por parte del agricultor.

FRACCIÓN	APERTURA DE MALLA (mm)	EFICIENCIA RELATIVA (% Aprovechamiento) *
10	> 2,00	10
14	1,41	20
40	0,42	60
60	> 0,25	100

** Fuente: Interpretado a partir de información expuesta por CHAVES (1993)*

La fecha de siembra de la prueba fue el 30 de mayo del 2001 y finalizó el 16 de mayo del 2005 para un total de 4 cosechas. Como fertilización básica en caña planta se utilizó 150 kg/ha de N; 150 kg/ha P_2O_5; 150 kg/ha K_2O; 40 kg Mg; 10 kg Zn y 45 kg de S, y para las socas 150 kg/ha de N; 150 kg/ha K; 40 kg MgO; 10 kg Zn y 45 kg de S. El experimento se evaluó durante 4 cosechas sucesivas de la variedad comercial SP 71-5574.

La aplicación de los correctivos de acidez mencionados en los tratamientos, se realizó superficialmente solamente una vez, utilizando como fuente comercial el producto CARBOAZUL, cuyo contenido básico de $CaCO_3$ fue de 90-97%, 50-54% de CaO y una Humedad (máx.) de 0,2-0,9%. La Cal base contenía la siguiente Granulometría y Grado de Aprovechamiento: 2% pasó las Mallas 0-20 para un aprovechamiento del 0,4%; el 47% pasó Mallas de 20-40 para un 28,2%, en tanto que el 51% del material encalante pasó mallas > 60 para una eficiencia del 51,1%, lo que generó un % general de Aprovechamiento del 79,7%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados promedio provenientes del análisis de cuatro cosechas (Cuadro 1), muestran que hubo diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados sólo para las variables de Producción Agrícola (TM de caña /ha) y para la Producción Agroindustrial (TM de azúcar /ha).

CUADRO 1
Efecto de la granulometría de la cal sobre la producción agroindustrial de la variedad sp 71-5574.
Promedio cuatro cosechas, San Pedro, Pérez Zeledón

TRATAMIENTO	PORCENTAJE				Rendimiento	PRODUCCION T/Ha				RELACION SACAROSA	PRT
	BRIX	POL	PUREZA	FIBRA	kg az./t	CAÑA		AZUCAR			
FRACCION 10	22,15	20,06	90,55	14,23	134,75	87,37	ab	11,75	ab	7,43	105
FRACCION 14	22,38	20,20	90,43	14,11	136,18	79,08	b	10,72	b	7,37	95
FRACCION 40	22,63	20,49	90,53	14,17	137,61	93,20	ab	12,82	a	7,27	114
FRACCION 60	22,50	20,35	90,49	14,25	136,41	93,72	a	12,79	ab	7,33	114
SIN CAL (T)	21,83	19,64	89,91	14,21	132,85	84,72	ab	11,24	ab	7,54	100
CON CAL (T)	22,36	20,30	90,80	13,94	137,56	91,99	ab	12,62	ab	7,29	112
PROMEDIO	22,31	20,17	90,45	14,15	135,90	88,35		11,99		7,37	88,00
CV(%)	3,57	4,23	1,74	4,37	4,97	8,0		7,8		**	***

PRT: DIFERENCIA PORCENTUAL DEL TESTIGO SIN CAL RESPECTO A LOS DEMÁS TRATAMIENTOS PARA LA VARIABLE TON AZUCAR/HA.
RELACION SACAROSA: TM DE CAÑA NECESARIAS DE MOLER PARA PRODUCIR UNA TM DE AZUCAR.
Tratamientos con la misma letra en una columna no difieren estadísticamente entre sí según prueba de TUCKEY 5%.

En la primera variable mencionada, sólo hubo diferencias entre el tratamientos de la Fracción 14 (79,08 TM/ha) respecto al resto de tratamientos incluyendo los Testigos, no así entre los mismos tratamientos donde no se presentaron diferencias. La otra variable que mostró diferencias fue la Producción de Azúcar/ha, en donde se proyectaron las mismas diferencias indicadas anteriormente entre el tratamiento Fracción 14 (10,72 TM/ha) respecto a todos los otros. Para las demás variables evaluadas no hubo diferencias estadísticas significativas; no obstante, se mostraron algunas diferencias muy importantes en términos productivos que es relevante destacar.

Al analizar los rendimientos agroindustriales promedios resultado de las cuatro cosechas, se observa que hay un incremento en la Producción Agrícola del 5,1% (4,35 TM de caña) entre los tratamientos (5) evaluados respecto al Testigo sin Cal; diferencia que es más evidente entre los tratamientos con Granulometrías más Finas (Fracciones 40 y 60), los cuales incrementaron en promedio el tonelaje en 10,3 % (8,74 TM) al comparar su producción media (93,46 TM) respecto a la del Testigo (84,72 TM). Contrariamente, la producción promedio de caña de las Fracciones de Granulometrías más Gruesas (Fracción 10 y 14) es ligeramente inferior (-1,50 TM) aunque prácticamente se asume que no difieren (83,23 TM) en relación al Testigo sin Cal.

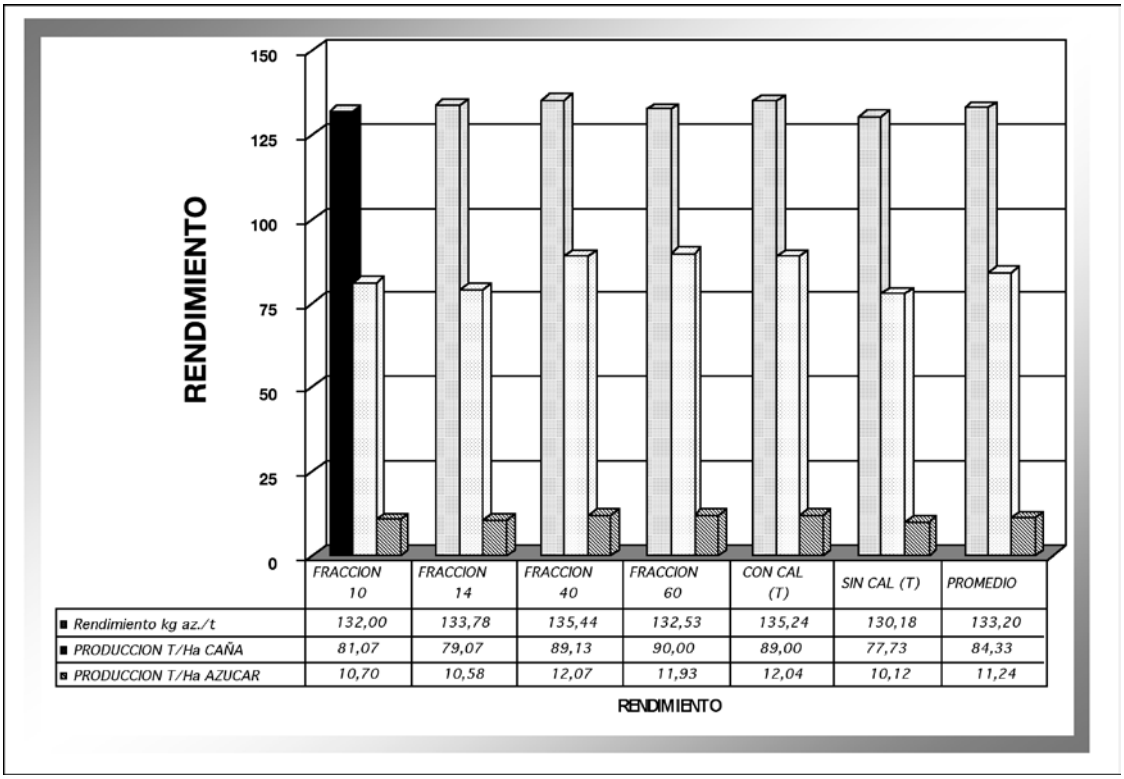
La aplicación de cal en la forma tradicional comercial (sin fraccionar) incrementó en un 8,6% (7,3 TM) la producción agrícola. Al comparar los rendimientos promedio de los tratamientos de mejor respuesta (Fracciones 40 y 60) respecto a Testigo Con Cal se nota que los primeros incrementan la producción (93,46 TM) respecto al segundo (91,99 TM) en un porcentaje de 1,6% (1,47 TM) lo cual hace que la diferencia sea despreciable. De acuerdo con esos resultados, técnica y económicamente resulta más beneficioso para el agricultor, el uso de la fuente comercial de la calidad utilizada (CARBOAZUL), no así ninguna de las fracciones en específico evaluadas.

Para la variable de Producción de Azúcar (TM/ha) se produjo un incremento promedio del 8% (0,90 TM) de los tratamientos con cal respecto al Testigo sin Cal, con variaciones que variaron en un rango del 13,9% (1,56 TM) para las Fracciones 40 y 60 y una productividad similar (11,24 TM) para los tratamientos más Finos (Fracciones 10 y 14).

Individualmente, el mejor tratamiento en Concentración promedio de Sacarosa fue la Fracción 40 con 137,61 kg/t; en Producción de Caña la Fracción 60 con 93,72 TM/ha y en Producción de Azúcar la Fracción 40 con 12,82 TM/ha, todas Granulométricamente entre las más Finas y por tanto dotadas de mayor Reactividad.

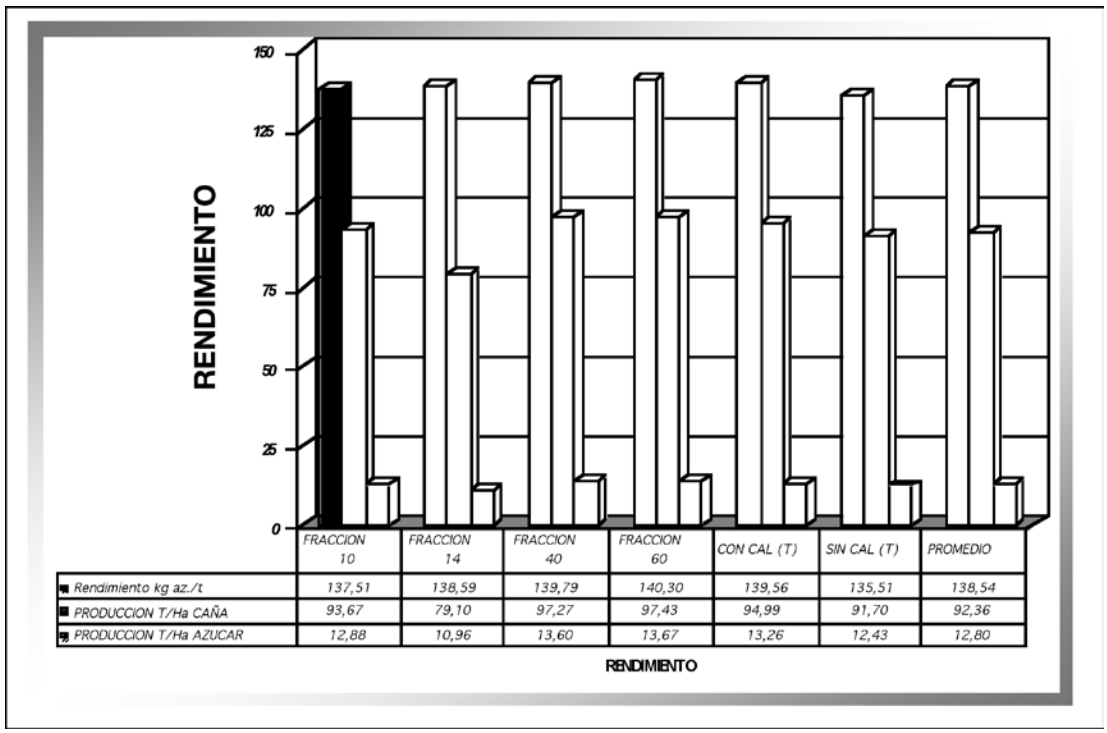
Resulta por otra parte necesario e importante, realizar un análisis del comportamiento productivo de las diferentes fracciones de la cal en tractos bianuales de cosecha (primera y segunda), para poder visualizar en un primer período el efecto de los tratamientos en su acción Correctiva (Reactividad) y, en el otro período bianual, que comprende las cosechas tres y cuatro, poder determinar la Residualidad de algunas de las fuentes comerciales evaluadas. En la Figura 1 se expone el resultado promedio de las cosechas 1 y 2.

En lo relacionado a la variable de Producción de Caña (TM/ha) para ese primer período bianual (cosechas 1 y 2), todos los tratamientos aumentaron la producción



	FRACCION 10	FRACCION 14	FRACCION 40	FRACCION 60	CON CAL (T)	SIN CAL (T)	PROMEDIO
Rendimiento kg az./t	132,00	133,78	135,44	132,53	135,24	130,18	133,20
PRODUCCION T/Ha CAÑA	81,07	79,07	89,13	90,00	89,00	77,73	84,33
PRODUCCION T/Ha AZUCAR	10,70	10,58	12,07	11,93	12,04	10,12	11,24

FIGURA 1. EFECTO DE LA GRANULOMETRÍA DE LA CAL SOBRE LA PRODUCCIÓN AGROINDUSTRIAL DE LA CAÑA DE AZÚCAR. PROMEDIO DE LAS PRIMERAS DOS COSECHAS, PÉREZ ZELEDÓN, COSTA RICA.



	FRACCION 10	FRACCION 14	FRACCION 40	FRACCION 60	CON CAL (T)	SIN CAL (T)	PROMEDIO
Rendimiento kg az./t	137,51	138,59	139,79	140,30	139,56	135,51	138,54
PRODUCCION T/Ha CAÑA	93,67	79,10	97,27	97,43	94,99	91,70	92,36
PRODUCCION T/Ha AZUCAR	12,88	10,96	13,60	13,67	13,26	12,43	12,80

FIGURA 2. EFECTO AGROINDUSTRIAL DE LA GRANULOMETRÍA DE LA CAL SOBRE LA PRODUCCIÓN DE LA VARIEDAD SP 71-5574. PROMEDIO DE LAS COSECHAS 3 Y 4. PÉREZ ZELEDÓN, COSTA RICA.

CUADRO 2
Resultados agroindustriales, estudio de granulometría de la cal.
4 COSECHAS, FINCA PORVENIR,2006

TRATAMIENTO	TONELADAS DE CAÑA/HA				
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	PROMEDIO
FRACCION 10	83,07	79,07	96,67	90,67	87,37
FRACCION 14	79,07	79,07	84,87	73,33	79,08
FRACCION 40	89,13	89,13	102,53	92,00	93,20
FRACCION 60	90,00	90,00	104,87	90,00	93,72
SIN CAL	77,73	77,73	102,07	81,33	84,72
CON CAL (T)	89,00	89,00	102,20	87,78	91,99

TRATAMIENTO	RENDIMIENTO INDUSTRIAL (KG AZ/T)				
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	PROMEDIO
FRACCION 10	133,7	130,3	130,3	144,73	134,75
FRACCION 14	133,58	133,97	133,97	143,21	136,18
FRACCION 40	131,66	139,21	139,21	140,38	137,61
FRACCION 60	131,38	133,68	133,68	146,91	136,41
SIN CAL	131,85	128,51	128,51	142,51	132,85
CON CAL (T)	134,64	135,85	135,85	143,27	137,4

TRATAMIENTO	TONELADAS DE AZÚCAR/HA				
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	PROMEDIO
FRACCION 10	11,1	10,28	12,56	13,08	11,76
FRACCION 14	10,52	10,54	11,35	10,48	10,72
FRACCION 40	11,73	12,42	14,28	12,88	12,82
FRACCION 60	11,84	12,04	14,02	13,24	12,78
SIN CAL	10,25	9,98	13,13	11,59	11,24
CON CAL (T)	11,97	12,07	13,85	12,57	12,62

de campo en un promedio de 10,2% (7,92 TM/ha) en relación al Testigo Sin Cal, ya que produjeron 85,65 TM/ha respecto a las 77,73 TM/ha del Testigo. Sobresalen productivamente en este período los tratamientos Fracción 60, Fracción 40 y Con Cal, pues incrementaron la producción agrícola (TM/ha) en un 15,8 % (12,3 TM), 14,7% (11,4 TM) y 14,5% (11,3 TM), respectivamente. Se observa en esas dos primeras cosechas, un mejor comportamiento de las Fracciones más Finas (Fracción 40 y 60) respecto a las fracciones más Gruesas (Fracciones 10 y 14); pero a su vez, casi igual a la producción obtenida con la aplicación de la fuente comercial (sin fraccionar) como tal (CARBOAZUL).

El comportamiento productivo evaluado se invierte en las dos cosechas subsiguientes (cosecha 3 y 4), en donde el Testigo Sin Cal equiparó prácticamente a los Tratamientos Con Cal (Figura 2), pues los incrementos que se destacan son de apenas un 0,9% (0,80 TM/ha) entre los Tratamientos Con Cal y el Testigo Sin Aplicación. Se infiere de este resultado, que el efecto encalante y reactivo de estos productos se da básicamente durante las dos primeras cosechas de la plantación, por lo que la residualidad es baja.

El Cuadro 2 expone los resultados de las 4 cosechas realizadas al experimento para las variables principales de productividad evaluadas. Las Fracciones 14, 40 y 60 y el tratamiento con cal presentan un incremento lineal tanto en productividad de caña como de azúcar (TM/ha) hasta la tercera cosecha, cayendo en la última, resultado posiblemente de una menor residualidad. La Fracción Granulométrica más Gruesa (10) presentó por el contrario, sus mayores rendimientos de caña y azúcar en las dos últimas cosechas.

CONCLUSIONES

Se concluye con base en los resultados obtenidos en la presente investigación, que:

1. Existen diferencias estadísticamente significativas en la producción agroindustrial de caña y azúcar (TM/ha), al comparar el Testigo Sin Cal respecto a los demás Tratamientos Con Cal, como promedio de 4 cosechas.

2. El Rendimiento Industrial (kg sacarosa/t caña) no alcanzó diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, pese a lo cual la adición de cal mejoró la concentración, como lo demuestra su promedio de 136,47 kg/t contra 132,85 kg del Testigo Sin Cal, para una diferencia de 3,62 kg equivalente al 2,7%.

3. El mejor tratamiento en Concentración promedio de Sacarosa fue la Fracción 40 con 137,61 kg/t; en Producción de Caña la Fracción 60 con 93,72 TM/ha y en Producción de Azúcar la Fracción 40 con 12,82 TM/ha, todas Granulométricamente entre las más Finas y por tanto dotadas de mayor Reactividad.
4. Los Tratamientos Con Cal superaron al Testigo Sin Cal en 4,35 TM de caña/ha y 0,90 TM de azúcar/ha, para un incremento porcentual del 5,1 y el 8,0, respectivamente, por lo que fueron siempre superiores.

5. Al valorar mediante un análisis bianual el efecto de Reactividad y Residualidad de las diferentes fracciones granulométricas del material encalante, se encontró una respuesta positiva de los Tratamientos Con Cal evaluados respecto al Testigo Sin Cal al incrementar la producción de caña en un 15,8% (7,92 TM/ha).

6. En las cosechas 1 y 2, sobresalieron productivamente las Fracciones más Finas (Fracción 40 y 60) respecto a las más Gruesas (Fracciones 10 y 14), pero a fueron su vez casi equivalente a la producción obtenida con la aplicación de la fuente comercial (CARBOAZUL) sin fraccionar.

7. En las cosechas subsiguientes (ciclos 3 y 4) el Testigo prácticamente equiparó a los Tratamientos Con Cal evaluados, pues la diferencia fue de apenas un 0,9 % (0,80 TM/ha) entre ambos; lo que indica, que el efecto encalante ocurre principalmente durante las dos primeras cosechas de la plantación.

8. Se evidenció en las cosechas 3 y 4 un pobre efecto de las tratamientos con Granulometrías más gruesas (Fracción 10 y 14), de los cuales era esperable una respuesta mayor en este período por motivo de una presunta mayor residualidad; no obstante, los resultados demuestran de que son poco efectivas como correctoras de la acidez de los suelos cañeros de la Región Sur del país.

9. Las Fracciones 14, 40 y 60 y el Tratamiento Con Cal presentan un incremento lineal tanto en productividad de caña como de azúcar (TM/ha) hasta la tercera cosecha, cayendo en la última, por causa de una posible menor residualidad. La Fracción Granulométrica más Gruesa (10) presentó por el contrario, sus mayores rendimientos de caña y azúcar en las dos últimas cosechas.

10. Virtud de no encontrar diferencias estadísticas ni productivas significativas y determinantes entre los Tratamientos con Fraccionamiento Granulométrico, respecto al Tratamiento Con Cal, se justifica y recomienda el empleo del producto encalante en la forma en que es comercializado en los almacenes de suministros.

11. Lo anterior demuestra, que la condición granulométrica del producto encalante disponible y dispuesto en el comercio para uso por el agricultor, es la adecuada.

LITERATURA CITADA

1. **CHAVES SOLERA, M. A. 1988.** Efeito de Relações Ca:Mg, Utilizando Carbonatos e Sulfatos, Sobre o Crescimento e a Nutrição Mineral da Cana-de-Açúcar. Viçosa. Universidade Federal de Viçosa, Brasil. 186 p. Têse de Mêstrado.

2. **CHAVES, M. 1993.** Importancia de las Características de Calidad de los Correctivos de Acidez del Suelo: Desarrollo de un Ejemplo Práctico para su Cálculo. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA. 41 p.

3. **CHAVES, M. 1999**. La Práctica del Encalado de los Suelos Cañeros en Costa Rica. In: Congreso de ATACORI "Randall E. Mora A.", 13, Guanacaste, Costa Rica, 1999. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica. p: 216-223.

4. **RAMÍREZ, G. 1978**. Uso de la Cal en los Suelos Agrícolas. San José, Costa Rica. Ministerio de Agricultura y Ganadería. 16 p.

5. **VILLALOBOS, C.; CHAVES, M. 2003** .Evaluación de la Interacción de 3 Dosis de Carbonato de Calcio y 4 Dosis de Fósforo, sobre la Producción Agroindustrial de la Caña de Azúcar Cultivada en un Inceptisol de San Ramón, Alajuela, Promedio de 2 Cosechas. In: Congreso ATACORI "Ing. Agr. José Luis Corrales Rodríguez" XV, Guanacaste, Costa Rica, 2003. Memoria: San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica. p: 111-116.

EFECTO DE SEIS FUENTES COMERCIALES DE CAL APLICADAS EN UN SUELO ULTISOL SOBRE LA PRODUCCIÓN AGROINDUSTRIAL DE LA CAÑA DE AZÚCAR. PROMEDIO DE 4 COSECHAS. PÉREZ ZELEDÓN, COSTA RICA

Marco Chaves Solera
Director Ejecutivo de DIECA. E-mail: mchavezs@laica.co.cr

Julio César Barrantes M
Coordinador de DIECA Región Sur. E-mail: jbarrantes@laica.co.cr

RESUMEN

El experimento se realizó con el objetivo de evaluar el efecto de seis Fuentes comerciales de cal sobre la producción agroindustrial de la caña de azúcar, variedad SP 71-5574, sembrada en un suelo Ultisol de la Región cañera de Pérez Zeledón, Costa Rica. Los resultados de 4 cosechas no evidenciaron diferencias estadísticas para ninguna variable, aunque si mostraron una respuesta positiva para la producción de caña (TM/ha), ya que superaron al Testigo Sin Cal en un 9,03 % (8,88 TM/ha); destacando las Fuentes DOLOMITA, CARBOAZUL y CARBOCAL que incrementaron la productividad en un promedio del 15,9 % (15,62 TM); 11,5 % (11,33 TM) y 9,6 % (9,42 TM), respectivamente. La Fuente de comportamiento productivo más deficiente fue FILA DE CAL con un incremento de apenas 2,3% (2,29 TM) para la misma variable. Se manifiesta un efecto mucho más marcado y evidente de respuesta de los materiales encalantes durante las dos primeras cosechas, en donde los tratamientos evaluados aumentaron la producción de campo en un promedio del 21,3% respecto al Testigo; sobresaliendo igualmente la DOLOMITA como la mejor fuente con un incremento del 31,6 % y CARBOAZUL con un 27,8%. En un segundo plano se destacan otras dos Fuentes: CARBOCAL con un incremento del 18,8% y PATARRÁ con un 17,8 %. Coinciden estos resultados con las características evidentes de mayor fineza granulométrica de esas cuatro Fuentes y cuyo efecto se manifiesta en una respuesta productiva mayor, debida a una mayor acción correctiva de la acidez del suelo. El comportamiento productivo evaluado se invierte en los dos años subsiguientes (cosechas 3 y 4), donde el Testigo superó al promedio de los tratamientos evaluados en un 1,15% (1,25 TM/ha) lo que indica que el efecto encalante de estos productos ocurre predominantemente durante los dos primeros ciclos de la plantación. Se recomienda con base en los resultados la aplicación de DOLOMITA.

Palabra clave: Caña de Azúcar, Carbonato de Calcio, Fuentes Cal, Pérez Zeledón, Costa Rica.

INTRODUCCIÓN

Los suelos Ultisoles de la Región Sur sembrados con caña de azúcar, presentan problemas variables de fertilidad por su grado de acidez, implicando esto una seria limitante para elevar la productividad potencial y la rentabilidad del cultivo. Con el fin de corregir y acondicionar estos suelos, se utiliza la práctica del encalado, la cual tiene la capacidad de inducir las modificaciones necesarias que dispongan el suelo para su empleo agrícola **(RAMÍREZ 1978).** Los productos correctivos tradicionales de acidez del suelo, caso carbonatos y óxidos, poseen en general una baja solubilidad en agua, lo que hace su reactividad y eficiencia limitada, pudiendo ésta sin embargo, ser promovida significativamente incrementando su superficie de exposición del material al medio; para ello, las partículas deben ser predominantemente de tamaño pequeño **(CHAVES 1993, 1999).**

Los materiales correctivos de la acidez del suelo de uso comercial deben necesariamente estar asociados al

Calcio y al Magnesio, debido a ser éstos, macronutrimentos esenciales para las plantas y existir además, mayores cantidades disponibles en el medio para su explotación y uso comercial **(CHAVES 1993)**. Los productos más tradicionalmente usados históricamente han sido piedras de caliza molida, que es un material mineral natural constituido básicamente por Carbonato de Calcio; también la Dolomita, constituida tanto por $CaCO_3$ como $MgCO_3$; la Cal Viva y Apagada Cálcica o Magnésica; así como otros productos derivados de diferentes industrias, tales como residuos calcáreos originados en la industria del papel, Escorias de la producción del acero, cola de cal de los hornos de cemento entre otros más **(VASQUEZ Y LANFANCO 2003).**

Estudios técnicos desarrollados bajo condiciones controladas de invernadero, han demostrado que las Fracciones más Finas son más efectivas para controlar la acidez del suelo en el corto plazo, pues reaccionan más rápidamente que las Fracciones Gruesas; se considera que el material más grueso de 8 Mallas (> 2,36 mm), es poco efectivo para ser utilizado como fuente de encalado. Se asegura a su vez en el mismo sentido, que un buen material correctivo debe pasar en un porcentaje superior al 95 la Malla de 2,00 mm (Malla Nº.10), como lo señalara **Chaves (1993).**

La Reactividad de los productos correctivos es una propiedad sumamente importante para la efectividad de los productos, ya que determina la velocidad de reacción del material en la corrección de la acidez del medio. Existe una relación inversa entre el Grado de Fineza y la Reactividad del material encalante, pues un correctivo con fracciones gruesas requerirá de mayor tiempo para reaccionar, ya que su superficie de exposición es significativamente inferior respecto a uno de fracción más fina.

OBJETIVO

Procuró el estudio, evaluar el efecto productivo agroindustrial de aplicar seis fuentes comerciales de Carbonato de Calcio en la caña de azúcar, en un suelo Ultisol de Pérez Zeledón.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se estableció en la Finca El Porvenir propiedad de COOPEAGRI EL GENERAL R.L., ubicada en el Distrito de San Pedro del Cantón de Pérez Zeledón, en las Coordenadas Geográficas 09º 16' 53" Latitud Norte y 83º 33' 03" Longitud Oeste. Su altitud es de 560 msnm, con una precipitación total de 4.146 mm/año, con una temperatura promedio de 24,9 ºC. El tipo de suelo en el cual se estableció la prueba pertenece al orden Ultisol y se estableció bajo un Diseño Estadístico de Bloques Completos Al Azar con 3 repeticiones. El tamaño de la parcela fue de 5 surcos de 7,75 m de largo por 1,3 m de separación entre surco y 2 metros de separación entre parcela, para un área total por parcela de 50,3 m^2.

Las características químicas del suelo donde se realizó la investigación son: pH: 4,7; Ca 2,40 Cmol(+)/l; Mg 0,2 Cmol(+)/l; K 0,12 Cmol(+)/l; Al 2 Cmol(+)/l; P 2 µg/l; Cu 2 µg/l; Zn 0,4 µg/l ; Mn 2 µg/l, Fe 91 µg/l; una CICE de 4,72 y una importante Saturación de Acidez del 73,53%.

Para la evaluación de los tratamientos, 22 días antes de la siembra se aplicó superficialmente el equivalente de 3 TM/ha de cada una de las seis Fuentes de calcáreo evaluadas: CARBOAZUL, DOLOMITA, FILA DE CAL, CALERA NJ, CARBOCAL y PATARRÁ. La fecha de siembra de la prueba fue el 30 de mayo del 2001 y finalizó el 16 de mayo del 2005 para un total de 4 cosechas.

El origen y naturaleza de algunas de las fuentes estudiadas es DOLOMITA procede de Guatemala y esta compuesta de $CaCO_3$ + $MgCO_3$ en una proporción (p/p) del 50% y 40%, respectivamente. El material procedente de CALERA NJ procede de una mina situada en Palmar Norte, Puntarenas; en tanto que la de FILA DE CAL se ubica en el cantón de Corredores, Puntarenas. Es importante indicar que todas las Fuentes de Cal se aplicaron superficialmente al suelo en la cantidad indicada (3 TM/ha) sin considerar ni realizar ningún tipo de corrección por Granulometría o Pureza del material.

Como fertilización básica en caña planta se utilizó 150 kg/ha de N, 150 kg/ha P_2O_5, 150 kg/ha K_2O, 40 kg MgO, 10 kg Zn y 45 kg de S y, para las socas, 150 kg/ha de N, 150 kg/ha K_2O, 40 kg MgO, 10 kg Zn y 45 kg de S. Los correctores de acidez mencionados en los tratamientos se aplicaron sólo una vez y se evaluó durante 4 cosechas consecutivas. La variedad SP 71-5574, fue el material genético utilizado en el desarrollo del estudio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Valorar en primera instancia la calidad granulométrica de las diferentes Fuentes de Carbonato de Calcio ($CaCO_3$) analizadas en la presente investigación es de enorme importancia, para poder a partir de ello correlacionar algunos comportamientos productivos de los tratamientos evaluados, en relación a esta característica.

Se menciona en la literatura que, a mayor fineza del material encalante, mayor Reactividad y capacidad correctiva se tendrá en el suelo, debido a disponer de una mayor superficie de exposición y con ello de reacción; pero a su vez, la Residualidad del efecto será inferior. Contrariamente, materiales más gruesos tendrían una Reactividad más baja por su menor superficie de exposición; aunque complementariamente se esperaría un efecto residual mayor en el suelo, como lo expresará Chaves (1993, 1999).

En el Cuadro 1 se muestran los resultados del Análisis Granulométrico de las diferentes Fuentes evaluadas; deduciéndose que las Fuentes DOLOMITA, PATARRÁ y CARBOCAL poseen la proporción porcentual más fina (> Malla 60) con porcentajes de 68,0%; 49,8% y 48,3%, respectivamente; mientras tanto, el CARBOAZUL posee la composición granulométrica intermedia mayor (Mallas N° 40 y 60) con un 89,2 % seguida de la Fuente FILA DE CAL con 69,2%. Por su parte, la Fuente CALERA NJ (Palmar Norte) fue la que retuvo el material más grueso (< Malla 14) con un 35 %, seguido por la fuente PATARRÁ con un 11,6%, como se aprecia en la Figura 1.

Al determinar a partir de los resultados texturales de las Fracciones estudiadas la Eficiencia Granulométrica de las Fuentes de encalado evaluadas, empleando para ello los criterios de **EFICIENCIAS RELATIVAS GRANULOMÉTRICAS (% ERg.)** aplicados por el Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica (MAG) e indicados por Chaves (1993), descritos en el Cuadro adjunto y mostradas en la Figura 2, se encontró diferencias sustanciales entre las mismas. Como se infiere, la mejor ERg. porcentual está dada por la DOLOMITA con un 83,2 seguida de manera muy distante por CARBOCAL (73,7%) y PATARRA (71,4%); el resto de Fuentes evidenciaron serias limitaciones en este importante componente de calidad.

Los resultados promedio de cuatro cosechas (Cuadro 3) muestran que no hubo diferencias estadísticas significativas para ninguna de las variables analizadas. Sin embargo, se presentan variaciones productivas de alcance económico relevantes que es importante considerar y tomar en cuenta, en las inferencias y conclusiones que a partir de los mismos se establezcan.

En cuanto a Concentración de Sacarosa (kg/t) se encontró que las diferencias fueron pequeñas, manteniendo CARBOAZUL la mayor Concentración como promedio de cuatro cosechas con 139,29 kg/ de sacarosa/t, seguida por CALERA NJ con 138,28 kg/t, superiores respecto al Testigo Sin Cal en 3,48 kg (2,6%) y 2,47 kg (1,8%), respectivamente. Integralmente las 6 Fuentes de cal (137,46 kg/t) superaron al Testigo en 1,65 kg/t correspondiente a un 1,2%.

Al analizar la producción agrícola (TM/ha) promedio de cuatro cosechas, se encontró que los tratamientos evaluados superaron al Testigo Sin Cal en un 9,02 % (8,88 TM/ha); sobresaliendo individualmente las fuentes DOLOMITA, CARBOAZUL y CARBOCAL que incrementaron la producción de caña en un promedio del 15,9 % (15,62 TM/ha); 11,5 % (11,33 TM/ha) y 10,2 % (9,99 TM/ha), respectivamente. La Fuente de cal de comportamiento productivo más deficiente en cuanto a caña fue FILA DE CAL, con un incremento en la producción de campo sobre el Testigo de apenas un 2,33% (2,29 TM/ha).

Para la importante variable de Rendimiento Agroindustrial (TM de azúcar/ha), sobresalen igualmente los tratamientos de DOLOMITA y CARBOAZUL, que aumentaron los rendimientos en un 15,1 y 14,4 %, respectivamente, correspondiente a 2,02 y 1,92 TM/ha; seguidos por las fuentes de PATARRÁ y CARBOCAL que lo hicieron en un 11,4% (1,52 TM) y 10,6% (1,42 TM) respecto al Testigo Sin aplicación. Integralmente las 6 Fuentes de Cal (14,74 TM/ha) superaron al Testigo en 1,38 TM/ha de

CUADRO 2
Eficiencias Relativas Granulométricas(%ERg.) Empleadas Oficialmente por el MAG para Diferentes Fracciones Granulométricas de Calcáreo

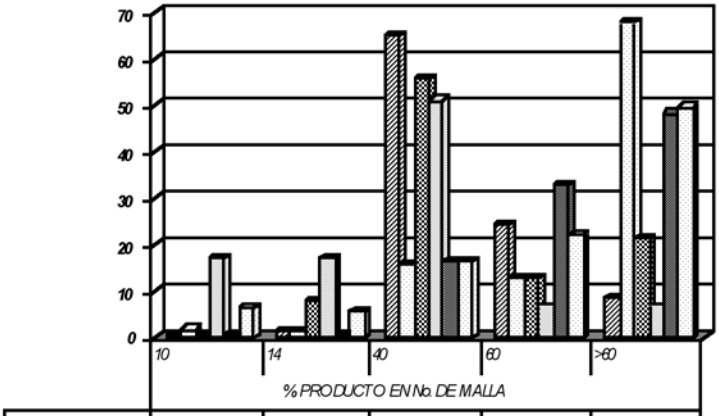
NÚMERO DE MALLAS	ABERTURA DE MALLA (mm)	EFICIENCIA RELATIVA (%)
< 9	> 2,00	0
9 – 16	2,00 - 1,00	20
16 – 60	1,00 - 0,25	50
> 60	> 0,25	100

Fuente: Chaves (1993).

CUADRO 1
Granulometría de las Fuentes Comerciales Utilizadas Medida en % de Producto Retenido por las Diferentes Mallas. Pérez Zeledón, Costa Rica.

FUENTE	% Producto Retenido en Nº de Malla					Eficiencia Relativa Granulométrica (%)
	10	14	40	60	> 60	
CARBOAZUL	0,51	1,28	65,00	24,23	8,97	53,94
DOLOMITA	1,67	1,00	16,00	13,33	68,00	83,2
FILA DE CAL	0,83	8,33	55,83	13,33	21,67	58,08
CALERA NJ *	17,50	17,50	51,25	6,88	6,88	39,51
CARBOCAL	0,83	0,83	16,67	33,33	48,33	73,66
PATARRÁ	6,10	5,45	16,60	22,05	49,80	71,44

Fuente: DIECA, Región Sur, 2005.



CARBOAZUL	0,51	1,28	65,00	24,23	8,97
DOLOMITA	1,67	1,00	16,00	13,33	68,00
FILA DE CAL	0,83	8,33	55,83	13,33	21,67
CALERA NJ*	17,50	17,50	51,25	6,88	6,88
CARBOCAL	0,83	0,83	16,67	33,33	48,33
PATARRA	6,10	5,45	16,60	22,05	49,80

FIGURA 1. PORCENTAJE DE PRODUCTO RETENIDO SEGÚN MALLA, ANALIZADOS EN PRUEBA DE DIFERENTES FRACCIONES DE CAL. PÉREZ ZELEDÓN, COSTA RICA.

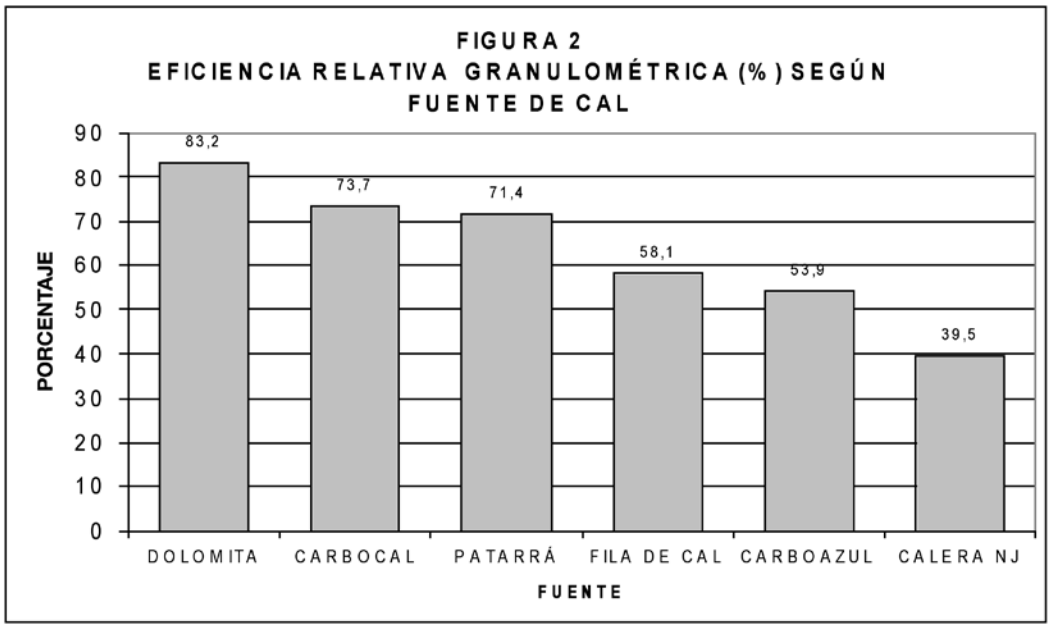


FIGURA 2.

azúcar correspondiente al 10,3%, lo que demuestra un efecto productivo importante con impacto económico, aunque como se indicó, sin diferencias estadísticas significativas.

Es de suponer que el buen comportamiento productivo y correctivo de la DOLOMITA se da virtud de su composición química, ya que cuenta con Carbonato de Calcio y particularmente de Magnesio, un elemento que es un excelente neutralizador de la acidez del suelo, como lo indicara y comentara ampliamente Chaves (1993, 1993).

Debido a la naturaleza y característica misma de los productos encalantes, donde se espera en teoría que el efecto correctivo de la acidez del suelo se realice durante los primeros años, se procedió a analizar el comportamiento de las mismas separando los efectos en dos ciclos bianuales (Figura 3).

En el primer período analizado (promedio de las primeras dos cosechas), se encontró para la variable de producción de caña/ha, que todas las fuentes aumentaron los rendimientos de campo en un promedio del 21,3% (19 TM/ha) respecto al Testigo Sin Cal ya que produjeron en promedio 107,92 TM/ha respecto a las 88,93 TM/ha del Testigo, valores muy similares al del resultado promedio de las 4 cosechas. Destacan productivamente en este primer período dos Fuentes, la DOLOMITA como la mejor fuente con un incremento del 31,6 % (28,1 TM/ha) y el CARBOAZUL con un aumento del 27,8% (24,7 TM/ha) al comparar con el Testigo Sin Cal.

En un segundo plano se destacan otras dos Fuentes en cuanto a Producción de Caña, como son PATARRÁ con un 24,7 % (22 TM/ha) y CARBOCAL con un incremento del 18,8% (16,7 TM/ha). Coinciden estos resultados con las características texturales y granulométricas de mejor fineza del material de esas cuatro Fuentes, y cuyo efecto se manifiesta en una respuesta productiva mayor, debida a una mejor acción correctiva de la acidez del suelo, principalmente durante las dos primeras cosechas (Figura 3).

El comportamiento productivo de caña evaluado se invierte en los dos años subsiguientes (cosechas 3 y 4) como lo muestra la Figura 3, puesto que el tratamiento Testigo Sin Cal superó al promedio de los tratamientos con cal evaluados en un 1,15% (1,25 TM/ha), lo que indica que el efecto encalante de estos productos se da predominantemente durante las dos primeras cosechas de la plantación, lo que evidencia en algún grado el efecto de Residualidad.

Estos resultados sugieren trabajar bajo condiciones controladas de invernadero sobre el tema de la Reactividad y Residualidad de las Fuentes de Cal, pues como se infiere de los resultados obtenidos en la presente investigación, esas propiedades son determinantes sobre el efecto productivo de las Fuentes empleadas en la corrección de los suelos ácidos.

El Cuadro 4 adjunto expone el resultado individual de cada una de las cuatro cosechas realizadas al experimento, destacando las diferencias verificadas no sólo entre Fuentes sino también la variación entre cosechas para una misma Fuente. Fue evidente la reducción acontecida durante la última cosecha, lo que podría presumirse, es el resultado de la pérdida de residualidad y efecto de la cal.

CONCLUSIONES

Los resultados de las evaluaciones de los diferentes tratamientos permiten concluir que:

1. Las Fuentes de Cal empleadas mostraron diferencias muy importantes y significativas en su composición granulométrica, lo que se reflejó posteriormente en la productividad agroindustrial.

2. Hubo una respuesta positiva de la práctica de encalado en esta región donde predominan suelos ácidos del orden Ultisol, ya que la producción de caña se incrementó en un promedio del 9,03 % (8,88 TM/ha) respecto al tratamiento no encalado.

CUADRO 3
RESULTADOS AGROINDUSTRIALES DE SEIS FUENTES DE CARBONATO
DE CALCIO. PROMEDIO DE CUATRO COSECHAS, SAN PEDRO, PEREZ ZELEDON, 2005.

TRATAMIENTO	PORCENTAJE				Rendimiento kg az./t	PRODUCCION T/HA		RELACION SACAROSA	
	BRIX	POL	PUREZA	FIBRA		CAÑA	AZUCAR		PRT
DOLOMITA	22,25	20,09	90,31	14,15	134,88	114,00	15,38	7,41	101
CARBOAZUL	22,78	20,71	90,97	14,22	139,29	109,71	15,28	7,18	100
PATARRÁ	22,88	20,76	90,77	14,60	138,07	107,80	14,88	7,24	97
CARBOCAL	22,24	20,23	91,03	14,34	136,41	108,37	14,78	7,33	97
CALERA N J	22,83	20,79	91,14	14,40	138,28	102,98	14,24	7,23	93
FILA DE CAL	22,81	20,69	90,64	14,40	137,83	100,67	13,88	7,26	91
TESTIGO SIN CAL	22,43	20,23	90,31	14,19	135,81	98,38	13,36	7,36	87
PROMEDIO	22,60	20,50	90,74	14,33	137,22	105,99	14,54	7,29	95
CV(%)	3,38	3,90	1,85	4,71	4,10	9,90	11,74	**	**

PRT: DIFERENCIA PORCENTUAL RESPECTO AL TESTIGO SIN CAL PARA CADA PARA LA VARIABLE TON AZUCAR/HA.
RELACION SACAROSA: TM DE CAÑA NECESARIAS DE MOLER PARA PRODUCIR UNA TM DE AZUCAR.
Tratamientos con la misma letra en una columna no difieren estadísticamente entre si según prueba de TUCKEY 5%.

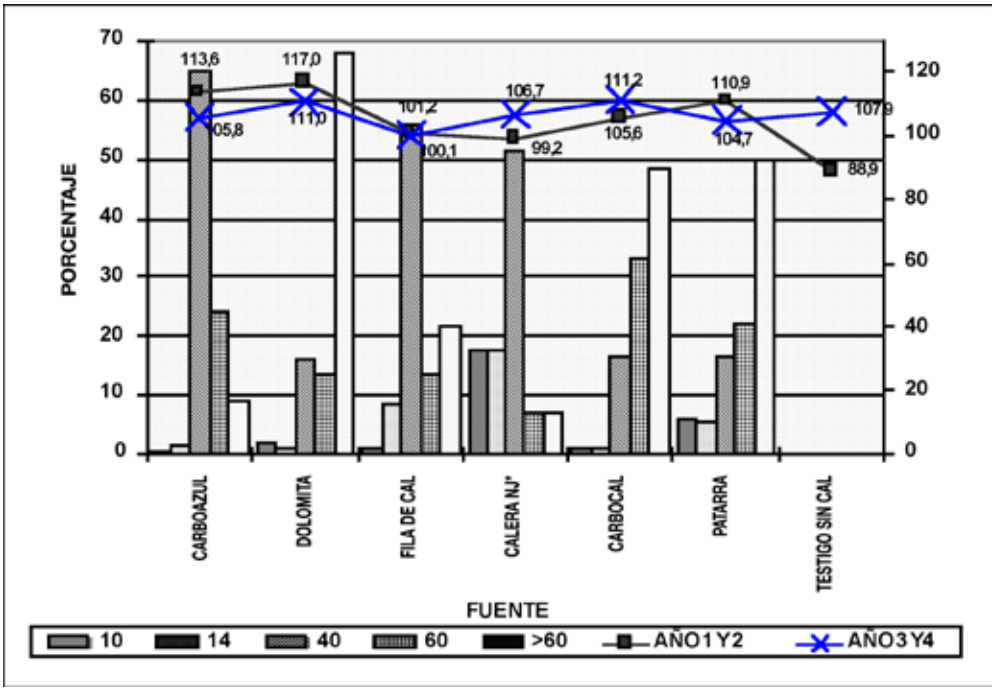


FIGURA 3. COMPARACIÓN BIANUAL DEL EFECTO DE LA COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA DE LAS FUENTES DE CAL Y LA PRODUCCIÓN DE CAMPO (TM/ha). PÉREZ ZELEDÓN, COSTA RICA.

3. No hubo diferencias estadísticas significativas para ninguna de las variables agroindustriales evaluadas.

4. Se encontró comportamientos diferenciados entre las Fuentes evaluadas, donde sobresalen la DOLOMITA, CARBOAZUL y CARBOCAL que incrementaron la producción de caña en un promedio del 15,9 % (15,62 TM/ha); 11,5 % (11,33 TM/ha) y 9,6 % (9,42 TM/ha), respectivamente. Contrariamente, la Fuente de comportamiento productivo más deficiente fue FILA DE CAL con un incremento en la producción de campo apenas del 2,3% equivalente a 2,29 TM de caña/ha.

5. La Concentración de Sacarosa (kg/t) fue menos impactada por el uso de la cal, mostrando CARBOAZUL el valor promedio de cuatro cosechas más alto con 139,29 kg, el cual superó al Testigo Sin cal en 3,48 kg (2,6%). Le siguieron CALERA NJ con 138,28 kg/t y PATARRA con 138,07 kg/t.

6. La DOLOMITA fue la mejor Fuente de productividad agroindustrial (15,38 TM de azúcar/t) al superar al Testigo Sin cal en 2,02 TM/ha correspondiente a un 15,12%; seguida por CARBOAZUL con 15,28 TM y un diferencial de 1,92 TM de azúcar (14,4%).

7. Integralmente las 6 Fuentes de Cal superaron al Testigo Sin Cal en todas las variables agroindustriales evaluadas, que en el caso de la Concentración de Sacarosa fue de ,65 kg/ha (1,21 %), en la producción de caña de 8,87 TM/ha (9,02 %) y en la productividad de azúcar de 1,38 TM (0,3 %).

8. Se encontró durante las dos primeras cosechas un efecto positivo mucho más marcado y evidente de los materiales encalantes, sobre la productividad agroindustrial, que se evidencia en aumentos mucho más elevados en la producción de campo (TM/ha). En promedio se incrementó un 21,3% respecto al Testigo Sin cal; sobresalen igualmente la DOLOMITA como la mejor fuente con un incremento del 31,6 % y el CARBOAZUL con un 27,8%. En un segundo plano se destacan PATARRÁ con un incremento de 24,78% y CARBOCAL con un 18,8 %.

9. El comportamiento productivo evaluado se invierte en las dos cosechas subsiguientes (promedio de cosecha 3 y 4) en donde el Testigo superó en producción de caña al promedio de los tratamientos evaluados en un 1,15% (1,25 TM/ha), lo que indica que el efecto encalante de estos productos ocurre predominantemente durante las dos primeras cosechas de la plantación; por lo que se presume una pérdida de Residualita y con ello del efecto neutralizador de la acidez del suelo, principalmente luego de la tercera cosecha.

10. La DOLOMITA demuestra ser una excelente Fuente para realizar el encalado de los suelos; esto virtud de contar en su composición con Carbonatos de Calcio y Magnesio.

CUADRO 4
RESULTADOS AGROINDUSTRIALES DE 6 FUENTES DE $CaCO_3$. FINCA EL PORVENIR. CUATRO COSECHAS

TRATAMIENTO	TM CAÑA/ha				
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	PROMEDIO
DOLOMITA	116,10	117,90	117,90	104,10	114,00
CARBOAZUL	113,80	113,40	113,18	98,43	109,70
PATARRÁ	113,00	108,80	110,20	99,22	107,81
CARBOCAL	110,00	101,20	118,43	103,92	108,39
CALERA NJ	103,00	95,40	114,70	98,70	102,95
FILA DE CAL	105,42	96,90	102,00	98,20	100,63
SIN CAL (T)	94,49	83,37	112,94	102,72	98,38
TRATAMIENTO	RENDIMIENTO INDUSTRIAL (kg azúcar/t)				
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	PROMEDIO
DOLOMITA	133,80	131,90	138,00	135,82	134,88
CARBOAZUL	135,44	138,05	142,10	141,60	139,30
PATARRÁ	139,89	135,82	141,00	135,60	138,08
CARBOCAL	139,08	131,89	136,91	137,74	136,41
CALERA NJ	133,37	138,65	140,20	140,90	138,28
FILA DE CAL	131,96	132,40	143,00	143,90	137,82
SIN CAL (T)	134,85	131,09	141,80	135,50	135,81
TRATAMIENTO	TM AZÚCAR/ha				
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	PROMEDIO
DOLOMITA	15,53	15,55	16,27	14,14	15,37
CARBOAZUL	15,41	15,65	16,08	13,94	15,27
PATARRÁ	15,81	14,78	15,54	13,45	14,89
CARBOCAL	15,30	13,35	16,21	14,31	14,79
CALERA NJ	13,74	13,23	16,08	13,91	14,24
FILA DE CAL	13,91	12,83	14,59	14,13	13,86
SIN CAL (T)	12,74	10,93	16,01	13,92	13,40

11. Quedó demostrada una vez más la importancia de encalar y corregir la acidez de los suelos previo uso agrícola, no evidenciando la caña de azúcar ser una excepción de esa norma.

LITERATURA CITADA

1. CHAVES, M. 1993. Importancia de las Características de Calidad de los Correctivos de Acidez del Suelo: Desarrollo de un Ejemplo Práctico para su Cálculo. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA. 41 p.
2. CHAVES, M. 1999. La Práctica del Encalado de los Suelos Cañeros en Costa Rica. *In:* Congreso de ATACORI "Randall E. Mora A.", 13, Guanacaste, Costa Rica, 1999. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica. p: 216-223.
3. RAMÍREZ, G. 1978. Uso de la Cal en los Suelos Agrícolas. San José, Costa Rica. Ministerio de Agricultura y Ganadería. 16 p.
4. VASQUEZ, M.; LANFRANCO, J. 2003. Acidificación y Desbalance de Bases en el Suelo. (en línea). Consultado 5 de junio de 2006. Disponible en: http://www.ilustrados.com/publicaciones/EpyAyAFVlEwklhJzyU.php

EFECTO DE DOS FUENTES DE FÓSFORO DE DIFERENTE SOLUBILIDAD, APLICADOS EN UN ULTISOL, SOBRE LA PRODUCCIÓN AGROINDUSTRIAL DE LA CAÑA DE AZÚCAR. PROMEDIO DE CUATRO COSECHAS. PÉREZ ZELEDÓN, COSTA RICA[A]

Julio César Barrantes M.
Coordinador de DIECA Región Sur. E-mail: jbarrantes@laica.co.cr

Marco A. Chaves Solera
Director Ejecutivo de DIECA. E-mail: mchavezs@laica.co.cr

RESUMEN

El experimento se realizó con el objetivo de evaluar el efecto de dos fuentes de fósforo con solubilidad y disponibilidad diferenciada sobre la producción agroindustrial de la caña de azúcar (variedad SP 71-5574), sembrada en un suelo del orden ultisol de la Región de Pérez Zeledón al Sur de Costa Rica. El Diseño Experimental empleado fue un Bloques Completos al Azar con tres repeticiones. Las fuentes de Fósforo (TSP y RF) fueron incorporadas al fondo del surco al momento de la siembra en la relación que dictaban los tratamientos. Los resultados muestran que los tratamientos conteniendo P_2O_5 mostraron una mejoría en la calidad de los jugos en un 1,22% (1,71 kg/t) respecto al Testigo sin P; además aumentaron el tonelaje de campo en un promedio de 20,84 TM/ha (27,1 %); sobresaliendo el tratamiento 100% TSP (100,85 TM/ha) que incrementó la producción de caña en un 31,0%; seguido por el de 75% RF/ 25% TSP (99,20 TM/ha) para un 28,9%. Además el tratamiento de 50% RF/ 50% TSP (98,40 TM/ha) ofreció la tercer mejor respuesta promedio, pues incrementó los rendimientos de caña en 27,8% al compararse con el Testigo (76,97 TM/ha). También, para la variable agroindustrial de producción de azúcar/ha hubo tres tratamientos con respuestas muy similares que fueron los de mejor respuesta productiva: 50% RF/ 50% TSP; 100% TSP y 100% RF, que incrementaron los rendimientos en 32%, 31% y 30 % respectivamente. Todos los tratamientos marcaron diferencia estadísticamente significativa, según Prueba de Tuckey 5%, respecto al Testigo sin P en los tonelajes de caña y azúcar/ha, no así entre ellos. Se evidencia un efecto positivo reflejado en la producción tanto agrícola como agroindustrial por el uso de RF en los programas de fertilización pero aplicada de manera porcentual al TSP para obtener un equilibrio de disponibilidad en el tiempo; por lo que sería importante desarrollar pruebas semicomerciales donde se evalúe la mejor proporción técnico-económica de las dos fuentes evaluadas y el momento idóneo de aplicación ; aprovechando los tratamientos de mejor respuesta de esta investigación. Luego de 4 cosechas el TSP mostró una mejora leve y sin significancia estadística respecto a la RF sobre la productividad de caña y azúcar/ha. Se evidenció en el tratamiento 100% RF, un posible efecto residual del P con el avance de las cosechas traducido en un incremento de la producción de azúcar (TM/ha).

Palabra clave: Caña de Azúcar, Fertilización, Roca Fosfórica, Triple Superfosfato, Costa Rica.

INTRODUCCIÓN

El fósforo (P) es un nutrimento esencial y muy importante para las plantas. Deben éstas encontrarlo disponible y en cantidad suficiente en el suelo para que puedan absorverlo y asimilarlo y, poder así completar satisfactoriamente su ciclo normal de producción. Conjuntamente con el Nitrógeno (N) y el Potasio (K) el P forma parte del grupo selecto de nutrimentos que se conoce como elementos primarios. Promover la formación temprana y el desarrollo de raíces, participar en la fotosíntesis, la respiración, el almacenamiento y la transferencia de energía, la división y el alargamiento celular, son entre otras cosas, las funciones que dicho nutrimento desempeña durante el desarrollo de las plantas **(CHAVES 1999 ab**).

El P es necesario suministrarlo en el momento, la forma y la cantidad requerida por la planta según sus necesidades; previendo además, su posible indisposición en el suelo en razón de que es un elemento propenso a formar compuestos insolubles con el Calcio (Ca), el Hierro (Fe) y el Aluminio (Al), los cuales no son aprovechables por las plantas. La limitante es aún mayor y más grave cuando se trata de suelos cuyos contenidos naturales del nutriente son deficientes, hay bajas temperaturas, se tiene un alto grado de compactación del suelo, las condiciones son de alta acidez y se tienen bajas concentraciones de Ca, entre otros factores que también limitan el buen aprovechamiento del mismo.

La mayoría de los suelos agrícolas de la región cañera de de los cantones de Pérez Zeledón y Buenos Aires presentan éstas características, como lo han aseverado varios investigadores (**CHAVES Y ALVARADO, 1994; CHAVES, 1996; 1999ab; CHAVARRÍA et al, 1999);** coincidiendo con la caracterización general de gran parte de los suelos de Costa Rica que son deficientes en P y un 74% de los mismos contienen menos de 10 µg/ml en solución (***BRENES Y BORNEMIZA, 1992***).

Así, el uso de la Roca Fosfórica (RF) como fuente de menor costo, aunque de uso más restringido y menos efectivo en el corto plazo, representa una alternativa técnico-comercial a ser considerada por el agricultor, pues en investigaciones realizadas por ***RAMIREZ (1980)*** mencionado por ***BRENES Y BORNEMIZA (1992),*** se pudo determinar el efecto positivo a nivel de invernadero, de la *Efectividad Agronómica Relativa (EAR)* de varias RF en cuatro suelos ácidos del país comparadas con el Triple Superfosfato (TSP). Además, los mismos autores mencionan que algunas de las propiedades del suelo que más afectan la respuesta de los cultivos a las aplicaciones de RF son el pH, el P en solución, los contenidos de Ca, Fe y Al, la Capacidad de Fijación de P y las fracciones sólidos de P existentes en el suelo; por lo que se considera que los suelos altamente ácidos y con deficiencias de P, son los más necesitados de enmiendas fosfóricas y presentan mejores condiciones para la solubilización de la RF y un buen potencial para uso agronómico en cultivos perennes.

Lo anotado se comprueba con las investigaciones realizadas en caña de azúcar por ***GANDOY (1968)*** mencionado por ***VILLEGAS Y CHANG (1991),*** en el sentido de que en suelos hidromórficos, ácidos, pobres en P, demostró que en estas condiciones la RF, aplicada al momento de la siembra, era tan efectiva como cuando se usaba el TSP. En varios estudios realizados con anterioridad en la Región Sur, se ha demostrado la respuesta evidente del cultivo de la caña de azúcar al elemento P, debido a las bajas concentraciones que normalmente existen en los suelos de la región (2 µg/l en el suelo donde se hizo la prueba) y a la alta acidez que caracteriza a los mismos. Este elemento tiene una alta estabilidad dentro del suelo lo que hace que no se pierda por lavado o volatilización como el N, no obstante presenta problemas de una baja solubilidad, lo que hace que en muchos suelos el nutrimento se fije y no quede disponible para ser absorbido por las plantas.

En varios estudios desarrollados en Costa Rica, las Rocas Fosfóricas han mostrado tener efectos positivos a su aplicación a la caña de azúcar, como lo evidencian los resultados obtenidos por **CHAVES, RAMÍREZ Y SALAZAR (1985)** en un Andisol de Juan Viñas; **ANGULO, CHAVES Y GUZMAN (1996)** en un Inceptisol de Cañas, Guanacaste; **BARRANTES Y CHAVES (1999)** en un Ultisol de Pérez Zeledón.

OBJETIVO

Evaluar el efecto de dos fuentes fosforadas de diferente solubilidad (Roca Fosfórica y Triple Superfosfato) sobre la producción agroindustrial de la variedad comercial de caña de azúcar SP 71-5574, en un suelo del orden Ultisol del cantón de Pérez Zeledón, Costa Rica.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la Finca El Porvenir propiedad de Coopeagri El General R.L., se estableció la presente investigación de campo, ubicada en el Distrito de San Pedro del Cantón de Pérez Zeledón, en las coordenadas geográficas a 09º 16' 53" Latitud Norte y 83º 33' 03" Longitud Oeste. Su altitud es de 560 msnm, con una precipitación total anual de 4.146 mm/año, con una temperatura promedio de 24,9 ºC. El tipo de suelo en el cual se realizó la prueba pertenece al orden Ultisol.

Se utilizó un Diseño Estadístico de Bloques Completos Al Azar (BCA) con 3 repeticiones. El tamaño de la parcela fue de 5 surcos de 7,75 m de largo por 1,3 m de separación entre surcos y 2 metros de separación entre parcelas, para un área total por parcela de 50,3 m^2. Las características químicas del suelo donde se realizó la investigación fueron: pH: 4,7; Ca 2,40 Cmol(+)/l; Mg 0,2 Cmol(+)/l; K 0,12 Cmol(+)/l; Al 2,00 Cmol(+)/l; P 2 µg/l; Cu 2 µg/l; Zn 0,4 µg/l ; Mn 2 µg/l, Fe 91 µg/l y una CICE de 4,72.

Previo (22 días) a la siembra del experimento se realizó una aplicación al voleo de Carbonato de Calcio a razón de 3 TM/ha para corregir la acidez del suelo. Al momento de la siembra se aplicó una Dosis de 150 kg./ha de P al fondo del surco coincidente con las Dosis de los 6 tratamientos evaluados, en aplicaciones porcentuales de cada una de las fuentes (RF y TSP). Los tratamientos estudiados fueron: 1) Testigo sin P; 2) 25% RF / 75% TSP; 3) 50% RF / 50% TSP; 4) 75% RF / 25% TSP; 5) 100% RF/ 0

TSP y 6) 0 RF/ 100% TSP. Los tratamientos fosforados se adicionaron sólo al momento de la siembra.

La fecha de siembra de la prueba fue el 30 de mayo del 2001 y finalizó el 15 de mayo del 2005 realizando un total de 4 cosechas. Como fertilización básica complementaria se aplicaron tanto en Caña Planta como en las tres socas evaluadas 150 kg/ha de N y K, 40 kg de MgO, 10 kg de Zn y 45 kg de S. La variedad comercial SP 71-5574, fue el material genético utilizado en el desarrollo del estudio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados provenientes del análisis de las cuatro cosechas realizadas, muestran que hubo diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados solo para las variables de producción agrícola (TM caña/ha) y producción agroindustrial (TM azúcar/ha), como se muestra en el Cuadro 1.

En la primera variable mencionada sólo hubo diferencias significativas entre el Tratamiento 100% TSP respecto al Testigo, al superarlo en 23,88 TM de caña/ha equivalente al 31%; entre los demás tratamientos no se presentaron diferencias. La proporción 75% RF/ 25% TSP fue productivamente muy similar, pues varió apenas en 1,65 TM respecto al primero. Las diferencias entre las proporciones de RF y TSP fueron en general muy bajas y casi despreciables para esta variable en este ciclo vegetativo.

La otra variable que también mostró diferencias fue la Producción de Azúcar/ha en donde sólo hubo diferencias entre el Tratamiento 50% RF/50% TSP y el Testigo, el cual fue superado en un significativo 3,43 TM/ha correspondientes al 31,8%. Ese Tratamiento superó también a la proporción del 25% RF/ 75% TSP en 1,35 TM de azúcar/ha equivalente al 10,5%. Al igual que aconteció para la Producción de Caña/ha, las diferencias entre proporciones RF/ TSP fue baja pues no superó el valor anotado anteriormente.

Para las demás variables evaluadas no hubo diferencias estadísticas, no obstante, se mostraron algunas variaciones relevantes en términos productivos que es importante resaltar. Para la variable de Rendimiento Industrial (kg azúcar/t) se observó una leve mejora en la calidad de los jugos en los tratamientos que contenían P_2O_5 en el orden del 1,21% correspondiente a 1,70 kg, ya que estos obtuvieron en promedio 141,64 kg/t en relación a los 139,94 kg/t del Testigo sin P_2O_5. Individualmente sobresale el Tratamiento de 50% RF /50% TSP con un Rendimiento Industrial de 144,49 kg/t que representa un incremento de 4,55 kg/t (3,25%).

Para el rendimiento agrícola (TM de caña/ha) se evidencia una respuesta positiva ya que todos los Tratamientos conteniendo P_2O_5 incrementaron el tonelaje de campo en un promedio de 20,84 TM/ha (27,1%) respecto al Testigo sin P_2O_5. Es importante resaltar aquí que el excelente comportamiento de algunos tratamientos en el promedio de 4 cosechas; sobresaliendo con la mejor respuesta productiva, como ya se indicó, el tratamiento de 100% TSP (100,85 TM/ha) que incrementó la producción de campo en un 31,0%; seguido por el de 75% RF/ 25% TSP (99,20 TM/ha) para un 28,9%. El Tratamiento de 50% RF/ 50% TSP (98,4 TM/ha) ofreció la tercera mejor respuesta promedio, pues incrementó los rendimientos de campo en un 27,8% al compararse con el Testigo sin P (73,55 TM/ha).

CUADRO 1
RESULTADOS AGROINDUSTRIALES DE 2 FUENTES DE FÓSFORO DE DIFERENTE SOLUBILIDAD SOBRE LA PRODUCCION AGROINDUSTRIAL DE LA VARIEDAD SP 71-5574. PROMEDIO DE CUATRO COSECHAS, SAN PEDRO, PEREZ ZELEDON, COSTA RICA

TRATAMIENTO	PORCENTAJE				Rendimiento	PRODUCCION TM/ha				RELACION	PRT
	BRIX	POL	PUREZA	FIBRA	kg az./t	CAÑA		AZUCAR		SACAROSA	
TESTIGO	22,83	20,90	91,44	14,48	139,94	76,97	b	10,79	b	7,13	100
25 RF / 75 TSP	22,02	20,41	92,73	14,15	138,74	92,89	ab	12,87	ab	7,22	119
50 RF / 50 TSP	22,85	21,10	92,34	13,81	144,49	98,40	ab	14,22	a	6,92	132
75 RF / 25 TSP	22,66	20,77	91,71	13,92	141,42	99,20	ab	14,04	ab	7,07	130
100 RF / 0 TSP	22,60	21,00	92,90	14,18	142,82	97,68	ab	13,99	ab	6,98	130
0 RF / 100 TSP	22,71	20,88	91,96	14,33	140,75	100,85	a	14,17	ab	7,12	131
PROMEDIO	22,61	20,84	92,18	14,14	141,36	94,33		13,35		7,07	124
CV (%)	3,59	4,23	2,08	4,58	5,17	10,92		11,78		**	***

DOSIS : 150 kg P2O5/HA; APLICADO PORCENTUALMENTE DE ACUERDO A LAS FUENTES ESPECIFICADAS EN LOS TRATAMIENTOS.
PRT: DIFERENCIA PORCENTUAL DEL TESTIGO 0 Kg P2O5/Ha RESPECTO A LOS DEMÁS TRATAMIENTOS PARA LA VARIABLE TON AZUCAR/HA.
RELACION SACAROSA: TM DE CAÑA NECESARIAS DE MOLER PARA PRODUCIR UNA TM DE AZUCAR.
Tratamientos con la misma letra en una columna no difieren estadísticamente entre sí según Prueba de TUCKEY 5%.

Ya que se evalúan dos fuentes con solubilidad diferenciada de P en el suelo, el análisis del comportamiento agrícola (TM/ha) de los Tratamientos evaluados durante los dos primeros años (cosechas) resulta interesante, partiendo del supuesto de que es en buena teoría es esperable en principio un mejor comportamiento de la fuente más soluble y disponible (TSP) respecto a la de menor solubilidad (RF); contrariamente, se esperaría que durante las siguientes dos cosechas (tercera y cuarta cosecha), las fuentes de más lenta solubilización (RF) ofrezcan una mejor respuesta. En la Figura 1 se muestran los resultados obtenidos en el campo durante los dos primeros años para la variable mencionada.

Se comprueba una vez más el efecto positivo que implica la incorporación de P al fondo del surco durante la siembra; y sobre todo, de una fuente rápidamente asimilable como el TSP. Como se muestra en la Figura 1, la respuesta es contundente y mayoritariamente favorable hacia la primera cosecha, pues el Tratamiento 100% TSP fue el de mejor comportamiento, ya que incrementó los rendimientos en un 44,1% (32,2 TM/ha) respecto al Testigo y en un 8,5% (8,5 TM/ha) respecto al tratamiento 75% RF/25% TSP que fue el segundo de mejor respuesta.

Además, el tonelaje de caña se incrementó en un 9,7 % (9,6 TM/ha) respecto al tercer mejor Tratamiento evaluado: 50% RF/50% TSP. Para el segundo año, el Tratamiento 100% TSP (93,3 TM/ha) continúa siendo el de mejor respuesta aunque con márgenes de respuesta sumamente estrechos respecto a Tratamientos como el de 50% RF/50% TSP (93 TM/ha), con un incremento de apenas 0,3% y de un 1, 7% (1,6 TM/ha) respecto al tratamiento 100% RF (91,7 TM).

La Figura 2 muestra por su parte, los resultados de las cosechas tres y cuatro realizadas en la investigación. Se comprueba a nivel de campo el efecto positivo que significa en suelos Ultisoles, altamente ácidos como los de la región, la incorporación de P al fondo del surco en una determinada proporción de una fuente de lenta solubilización como las RF para lograr obtener un efecto favorable a mediano plazo (3-4 años). Como se muestra en la Figura 2, la mejor respuesta en el tercer año fue la del Tratamiento 75% RF/ 25% TSP ya que incrementó los rendimientos en un 30,6% (26,8 TM de caña/ha) respecto al Testigo, y en un 5,2% (5,9 TM/ha) sobre el Tratamiento 50% RF/ 50% TSP que fue el segundo de mejor respuesta. Incrementó además la producción de caña en un 7,2 % (8,2 TM/ha) respecto al tercer mejor Tratamiento evaluado: 100% TSP y en 7,7 % (8,8 TM/ha). Para la cuarta cosecha se presentan resultados bastante similares a las del año anterior, prevaleciendo como los mejores Tratamientos 75% RF / 25% TSP; 100% RF y 100% TSP (Figura 2), con incrementos del 25,3%; 22,4% y 17,3 %, respectivamente.

En la variable de Producción de Azúcar/ha (Cuadro 1) durante la evaluación de cuatro cosechas, se tuvo un incremento promedio del 28,5% (3,07 TM) para los tratamientos que contienen P (13,86 TM) respecto al Testigo evaluado (10,79 TM/ha). A nivel individual destacaron 4 Tratamientos que obtuvieron aumentos de la producción en un rango desde 30% para el 100% RF hasta un 32 % para el Tratamiento 50% RF /50% TSP.

En el Cuadro 2 se anotan como referencia documental, los valores correspondientes a las tres principales variables de productividad agroindustrial para cada una de las 4 cosechas realizadas al experimento, según tratamiento evaluado. Es evidente a partir de esa información, que las tendencias de los tratamientos con RF y TSP fueron muy estables en el tiempo, excepto en la segunda cosecha, pese a lo cual, es notorio el aumento verificado en la productividad de caña (TM/ha) en las cosechas 3 y 4. En el caso de la Concentración de Sacarosa (kg/t) el aumento aconteció durante la última cosecha,

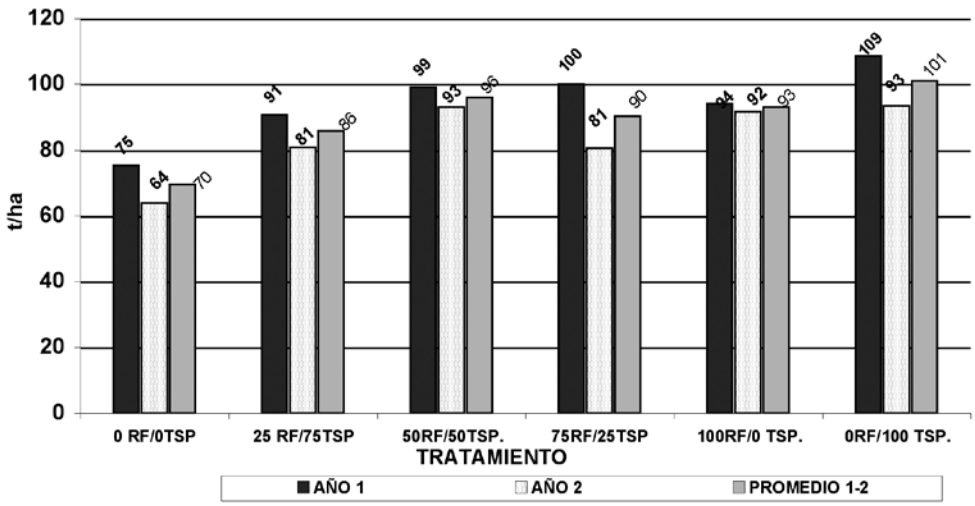


FIGURA 1. EFECTO DE DOS FUENTES DE P DE DIFERENTE SOLUBILIDAD SOBRE LA PRODUCCIÓN DE CAÑA (TM/ha) DE LA VARIEDAD SP 71-5574, DURANTE LAS PRIMERAS DOS COSECHAS Y SU PROMEDIO.

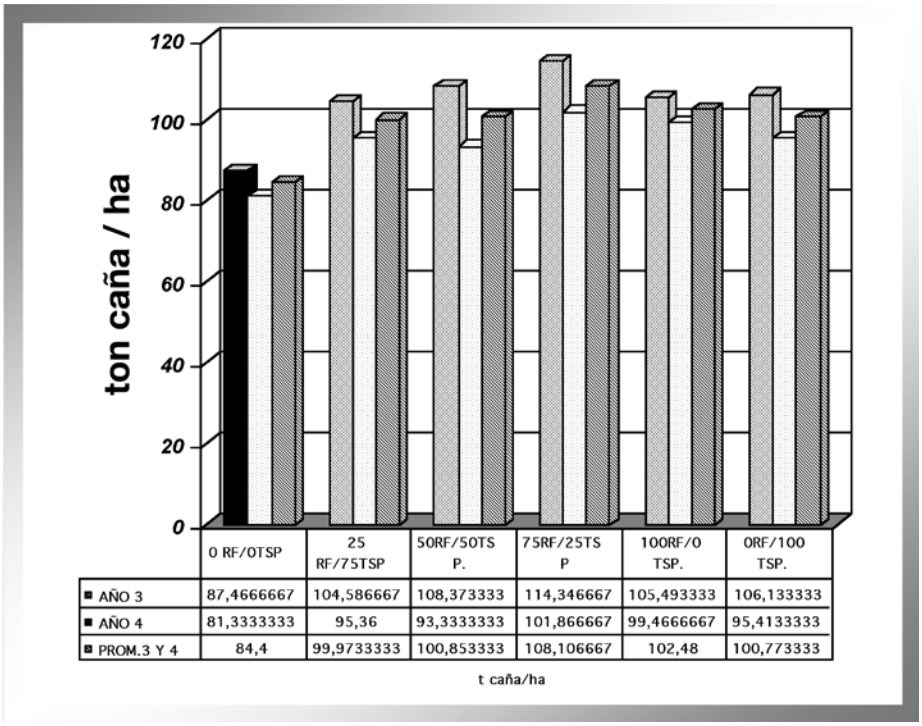


FIGURA 2. EFECTO DE 2 FUENTES DE P DE DIFERENTE SOLUBILIDAD SOBRE LA PRODUCCIÓN DE CAÑA (TM/ha) DE LA VARIEDAD SP 71-5574. INFORMACIÒN DE TERCERA, CUARTA COSECHA Y SU PROMEDIO.

lo que por estructura y origen se proyectó a la producción de azúcar (TM/ha).

Estos efectos revelan un posible efecto residual del P, como resultado de la lenta liberación del mismo en la RF. El Tratamiento de 100% RF mostró un incremento lineal de la producción de azúcar (TM/ha) y la concentración de Sacarosa con el avance de las cosechas, lo que hace presumir una vida comercial más prolongada de las plantaciones con su empleo.

CONCLUSIONES

Se puede concluir a partir de los resultados obtenidos en el experimento, lo anotado seguidamente:

1. Durante la evaluación de cuatro cosechas consecutivas, todos los tratamientos conteniendo P mejoraron las variables de calidad agroindustrial, pues incrementaron en promedio la producción de caña (TM/ha) en un 27,1% y la agroindustrial (TM de azúcar/ha) en un 28,4%.

2. La mejor Concentración de Sacarosa promedio de 4 cosechas la presentó el Tratamiento con la proporción: 50% RF/ 50% TSP con 144,49 kg/t, el cual superó al Testigo sin P (139,94 kg/t) en 4,55 k (3,25%). Ese mismo Tratamiento produjo a su vez el mayor tonelaje de azúcar (14,22 TM/ha) superando al Testigo (10,79 TM) en 3,43 TM/ha correspondientes al 31,8%. Lo anterior se reflejó también en una mejor Relación Sacarosa (6,92).

3. La aplicación del P empleando como fuente el 100% TSP produjo por su parte un tonelaje de 100,85 TM de caña/ha, el cual superó con carácter estadístico al Testigo sin P (76,94 TM/ha) en 23,88 TM correspondientes al 31%.

4. Los tratamientos de 75% RF/ 25% TSP y 50% RF / 50% TSP incrementaron complementariamente la producción agrícola en 28,9% y 27, 8%, respectivamente. Para la variable agroindustrial (TM de azúcar/ha) las proporciones de 100% TSP y 100% RF fueron el segundo y tercer Tratamientos de mejor respuesta en azúcar con incrementos del 31% y 30 %, respectivamente.

5. Es necesario considerar un comportamiento diferenciado de las fuentes fosfóricas, pues el TSP como fuente totalmente soluble disponible a la siembra hizo que se incrementaran los rendimientos mayoritariamente durante las primeras dos cosechas de evaluación (planta y soca), sobresaliendo como prueba de ello en ese período, el tratamiento 100% TSP.

6. Durante las dos últimas cosechas (3 y 4), los tratamientos que contenían alguna fracción de Roca Fosfórica (RF), fueron los que mejor se comportaron;

CUADRO 2
RESULTADOS AGROINDUSTRIALES, ESTUDIO DE FUENTES DE FÓSFORO
DIFERENTE SOLUBILIDAD, CUATRO COSECHAS, FINCA PORVENIR.

TRATAMIENTO	TONELADAS DE CAÑA/HA				
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	PROMEDIO
0 RF/0TSP	75,25	63,84	87,47	81,33	76,97
25 RF/75TSP	90,83	80,80	104,59	95,36	92,89
50RF/50TSP.	98,93	92,96	108,37	93,33	98,40
75RF/25TSP	100,00	80,59	114,35	101,87	99,20
100RF/0 TSP.	94,03	91,73	105,49	99,47	97,68
0RF/100 TSP.	108,53	93,33	106,13	95,41	100,85
TRATAMIENTO	RENDIMIENTO INDUSTRIAL (KG AZ/T)				
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	PROMEDIO
0 RF/0TSP	131,57	138,25	138,19	151,68	139,92
25 RF/75TSP	134,31	138,08	138,10	144,50	138,75
50RF/50TSP.	139,39	145,72	145,75	147,15	144,50
75RF/25TSP	134,58	140,87	140,91	149,36	141,43
100RF/0 TSP.	136,01	140,98	141,00	153,32	142,83
0RF/100 TSP.	132,24	142,07	142,12	146,62	140,76
TRATAMIENTO	TONELADAS DE AZÚCAR/HA				
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	PROMEDIO
0 RF/0TSP	9,95	8,81	12,08	12,33	10,79
25 RF/75TSP	12,15	11,11	14,40	13,81	12,87
50RF/50TSP.	13,81	13,52	15,79	13,75	14,22
75RF/25TSP	13,46	11,39	16,07	15,23	14,04
100RF/0 TSP.	12,80	13,00	14,90	15,25	13,99
0RF/100 TSP.	14,36	13,28	15,08	13,97	14,17

sobresaliendo los tratamientos 75% RF / 25% TSP y 50% RF/50% TSP.

7. Las Rocas Fosfóricas (100%) de baja solubilidad no mostraron luego de 4 cosechas, ser en promedio superiores al TSP (100%) excepto en la Concentración de Sacarosa, pese a lo cual las diferencias son casi despreciables, como se demuestra seguidamente.

FUENTE P	Kg Azúcar/t	TM Caña /ha	TM Azúcar /ha
TRIPLE SUPER FOSFATO	140,75	100,85	14,17
ROCA FOSFÓRICA	142,82	97,68	13,99
DIFERENCIA *	-2,07	3,17	0,18

** Relaciona el TSF respecto a la RF.*

8. Se evidenció un efecto residual importante con el uso de 100% RF, lo que hace presumir una posible prolongación de la vida comercial de las plantaciones donde las mismas sean empleadas.

9. Se recomienda realizar estudios semicomerciales utilizando criterios de tiempos disponibilidad y residualidad de las fuentes evaluadas (TSP y RF) para poder determinar la mejor opción técnico-económica de Fertilización Fosfórica en las siembras de caña de azúcar para la Región Sur de Costa Rica.

LITERATURA CITADA

1. Angulo, A.; Chaves, M.; Guzmán, G. 1996. Evaluación del Efecto de Tres Fuentes y Dos Dosis de Fósforo Sobre los Rendimientos

Agroindustriales de la Caña de Azúcar, Promedio de Cuatro Cosechas, en un Inceptisol de Cañas, Guanacaste. In: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 10, San José, Costa Rica, 1996. Memoria: Suelos. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos, Asociación Costarricense de Fitopatología y Asociación Costarricense de Suelos: EUNED, EUNA. Volumen 3. p: 155.

2. **Barrantes, J.C.; Chaves, M. 1999**. Estudio de Cuatro Fuentes de Fósforo sobre la Productividad Agroindustrial de las Variedades SP 71-5574 y Mex 68-p-23 en un Ultisol de Pérez Zeledón. Promedio de Dos Cosechas. In: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 11, San José, Costa Rica, 1999. Memoria: Recursos Naturales y Producción Animal. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos: EUNED. Volumen 3. p: 343.

3. **Brenes, L.; Bornemissza, E. 1992**. Solubilización Inicial de la Roca Fosfórica en Ultisoles de Costa Rica. Agronomía Costarricense 16(1):1-11.

4. **Chavarría, E.; Villalobos, C.; Chaves, M. 1999**. Evaluación del Efecto de 5 Dosis de Fósforo sobre la Producción de Caña de Azúcar en un Inceptisol de Esparza, Puntarenas. In: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, San José San José, Costa Rica, 1999. Memoria: Recursos Naturales y Producción Animal. III Congreso Nacional de Suelos. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos: EUNED. Volumen 3. p: 344.

5. **Chaves Solera, M.; Ramírez M., G.; Salazar Q., G. 1985.** Evaluación de Rocas Fosfóricas como Fuente de Fósforo en la Caña de Azúcar. Primer Corte. In: Congreso de Tecnología Azucarera de Centroamérica y Panamá, 6 y Simposio Nacional de Caña de Azúcar, 3, Ciudad Guatemala, Guatemala, 1985. Memorias. Guatemala, Asociación de Técnicos Azucareros de Guatemala (ATAGUA). Volumen Campo. Setiembre. p: 491-519.

6. **Chaves, M.; Alvarado, A. 1994.** Manejo de la Fertilización en Plantaciones de Caña de Azúcar (*Saccharum* spp) en Andisoles de Ladera de Costa Rica. In: World Congress of Soil Science . International Society of Soil Science (ISSS). Acapulco, México, 15 th Congress, del 11 al 15 de Julio de 1994. Memoria. Volumen 7º. p: 353-372.

7. **Chaves, M. 1996**. Experiencias con la Fertilización de la Caña de Azúcar en Costa Rica. In: Congreso ATACORI "Cámara de Productores del Pacífico", 10, Guanacaste, Costa Rica, 1996. Memoria: San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica. p: 76-84.

8. **Chaves, M. 1999 a**. El Nitrógeno, Fósforo y Potasio en la Caña de Azúcar. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA. 130 p.

9. **Chaves, M. 1999 b**. Nutrición y Fertilización de la Caña de Azúcar en Costa Rica. In: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 11º, San José San José, Costa Rica, 1999. Memoria: Recursos Naturales y producción Animal. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos: EUNED. Volumen 3. p: 193-214.

10. **Salgado, S.; Núñez, R.; Peña, J. 2000**. Respuesta de la Soca de Caña de Azúcar a la Fertilización NPK. México. Agrociencia 34 (6): 689-698.

11. **Villegas, R.; Chang, R.; 1991**. Uso de Roca Fosfórica y Otros Portadores de Fósforo en los Principales Cultivos de Cuba. Revista Facultad de Agronomía 17: 239-251.

RESPUESTA AGROINDUSTRIAL DE TRES VARIEDADES DE CAÑA DE AZUCAR A TRES DOSIS CRECIENTES DE NITRÓGENO. PROMEDIO DE DOS COSECHAS CAÑAS, GUANACASTE

Álvaro Angulo M., Marco Chaves S., Gerardo Guzmán S.
Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar
e-mail:aangulo@laica.co.cr, mchavezs@laica.co.cr, gguzman@laica.co.cr

RESUMEN

La región de Guanacaste se caracteriza por tener condiciones edafoclimáticas extraordinariamente favorables para la producción de caña de azúcar, lo que comprende suelos de media a muy buena fertilidad, con topografía relativamente plana, y una elevada luminosidad anual. Esto obliga a realizar continuamente evaluaciones sobre el comportamiento de la caña en diferentes ambientes; es así que el componente varietal y el manejo de la fertilización son aspectos que tienen mucha importancia; por ejemplo el N es un macro nutrimento esencial muy utilizado en la fertilización de la caña en el mundo, pues su efecto inductor se refleja en la producción agroindustrial. Las variedades se presentan como el principal insumo agrícola de la industria azucarera, el cual varía según el manejo que reciba y las condiciones del sitio de producción. Con el objeto de optimizar la relación de productividad entre el componente Variedad y Dosis de N, se estableció un experimento de campo, en el CURDTS en Cañas, Guanacaste, a una altitud de 12 msnm; localizado a 10° 19' 34" Latitud Norte y 85° 09" 10" Longitud Oeste, con precipitación total de 1.670 mm /año. Se utilizó un Diseño Experimental de Bloques Completos al Azar, con tres repeticiones. Las Dosis de N estudiadas fueron: 60, 120 y 180 kg N/ha. Se utilizó como fuente nitrogenada Urea (46 %) N y KCl (60 % K_2O). Se cultivaron tres variedades de amplio uso comercial en las regiones de Guanacaste y Puntarenas: CP 72-2086, B 80-689 y SP 79-2233. El análisis de resultados promedio luego de dos cosechas, revela que hubo diferencias estadísticas significativas para las variables toneladas de caña y azúcar por hectárea. El tonelaje de caña fue afectado principalmente por las Dosis de N y la Concentración de Sacarosa intrínsicamente por la variedad. El uso de 180 kg N /ha en CP 72-2086 promovió los mejores rendimientos de caña y azúcar por hectárea, mientras que SP 79-2233 produjo los menores rendimientos de la evaluación. La variedad B 80-689 produjo los rendimientos más satisfactorios. Quedó demostrada una vez más la imperiosa necesidad de determinar y conocer la mejor Dosis de fertilizante para cada variedad de uso comercial, pues como se evidenció, no todas poseen respuesta similar a la adición de nutrimentos esenciales.

INTRODUCCIÓN

El componente varietal y la conducción de la fertilización son asuntos de sumo interés y trascendencia en el manejo agronómico de una plantación comercial de caña de azúcar, la modulación, armonización y optimización de ambos factores permite maximizar la productividad y rentabilidad del cultivo en las fincas de productores.

El uso de dosis variables de N esta relacionado principalmente con la disponibilidad de Fuentes comerciales técnica y económicamente apropiadas, como también a la capacidad financiera del productor. Resulta de fundamental importancia conocer con la mayor exactitud posible, las necesidades y capacidades nutricionales particulares de cada variedad de caña, indistintamente del sitio edafoclimático donde se cultive. Tal conocimiento permite valorar y conocer con precisión las necesidades del cultivo, pudiendo a partir de este conocimiento maximizar y optimizar el uso de los recursos disponibles y, en consecuencia, procurar la obtención de rendimientos productivos agroindustriales satisfactorios.

La investigación sobre fertilización nitrogenada es profusa con resultados contundentes en favor de su adición, como lo indicara CHAVES (1994, 1996, 1999ab,

2003), demostrando la variabilidad que existe en la respuesta dependiendo de la variedad de caña cultivada, lo que justifica la investigación en la materia.

OBJETIVO

El presente experimento se estableció con el propósito de evaluar y determinar el comportamiento agroindustrial y la respuesta productiva de tres variedades comerciales de caña de azúcar, a la adición de tres dosis crecientes de nitrógeno en un suelo Inceptisol de Cañas, Guanacaste.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Colegio Universitario del Riego y Desarrollo del Trópico Seco (CURDTS), ubicado en Cañas, Guanacaste, a una altitud de 12 msnm, localizado a 10° 19' 34" Latitud Norte y 85° 09' 10" Longitud Oeste, con una precipitación total anual de 1.670 mm. Se empleo un Diseño Experimental de Bloques Completos al Azar con tres repeticiones. La unidad experimental fue de 75 m^2 (5 surcos de 10 m de largo).

Los tratamientos fueron aplicados en un suelo de textura Franco-Arenosa del orden taxonómico Inceptisol, cuya composición química medida en cmol (+)/l fue: pH 6,1 y Acidez de 0,13; Ca 16,23; Mg 5,07 y K 0,48 cmol (+)/l, respectivamente. Las concentraciones de micronutrimentos en µ/ml fueron de: P 20; Zn 3; Cu 16; Mn 8 y Fe 84. La CICE fue de 21,91 cmol (+)/l y el contenido de Materia Orgánica de 2,93%.

La fertilización correspondió a la aplicación particular de cada uno de los tratamientos. En el caso del N las Dosis evaluadas fueron: 60, 120 y 180 kg N/ ha. Además se adicionó 80 kg/ha de P_2O_5 y 100 kg de K_2O/ha. Todo el P se aplicó todo al momento de la siembra y el K se conjuntamente con el N. La fertilización se fraccionó en dos épocas: a) la primera a los 60 días después de la cosecha y b) entre los 90 y 110 días luego de realizada la cosecha. Se utilizó como Fuentes para la adición de los nutrimentos: Urea 46 % N, Superfosfato Triple 46% P_2O_5 y KCl 60 % K_2O.

Se empleó como material de siembra tres variedades de amplio uso comercial en la región de Guanacaste y Puntarenas: CP 72-2086, B 80-689 y SP 79-2233. La cosecha, quemando la plantación, de los cortes se realizó a los 12 meses de edad. El manejo agronómico de las variedades fue similar en todos los casos. La plantación fue regada en el periodo seco (enero-mayo).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se presenta la información agroindustrial del experimento producto de la interacción de los factores estudiados: Dosis (3) de N y Variedades (3) de caña de azúcar. El estudio constó originalmente de tres cosechas, de las cuales se analizaron para efectos del presente documento solamente dos, la segunda y la tercera, con la excepción de la primera, la cual por razones principalmente de edad no fue evaluada, ya que su desarrollo no era representativo para la región y decidió mejor eliminarla para no distorsionar el resto de la información recabada.

Para mayor facilidad seguidamente se realizará el análisis de la información según cosecha.

a) Segunda Cosecha

Los resultados obtenidos en la segunda cosecha evidencian que hubo diferencias estadísticas significativas en la mayoría de variables evaluadas para los tratamientos (Dosis N y Variedades) ($P \leq 0,05$ - 0,01 Tuckey). La calidad de los jugos: Brix, Pol, Pureza y Fibra fue afectada, como se aprecia en los Cuadros 1 y 2, principalmente por causa del efecto inducido por las Variedades; mientras que las TM de caña por hectárea fueron afectadas por la Dosis de N adicionada con la fertilización (Cuadro 3).

El Rendimiento Industrial (Concentración de Sacarosa en los tallos) mostró claras y contundentes diferencias entre las variedades, es así que la mejor concentración se obtuvo con la variedad CP 72-2086 (12,5%), seguida de cerca por B 80-689, ambas con valores satisfactorios superior en promedio a 120 kg/t; por el contrario, el menor rendimiento industrial lo alcanzó la variedad SP 79-2233, el cual declinó con aplicación de Dosis altas de N en la fertilización ($P > 0,08$), como se aprecia en los Cuadros 1 y 2. La diferencia en concentración entre las dos primeras variedades respecto a SP 79-2233, es en promedio superior a 13 kg/t lo que representa un 12,3%. La concentración de sacarosa disminuye (Cuadro 3) conforme se incrementa la Dosis de N, como lo indicara CHAVES (1999ab)

La producción de caña (TM/ha) estadísticamente no presentó diferencias significativas ($P \leq 0,05\%$), sin embargo hubo un efecto inductor positivo de la fertilización nitrogenada sobre el tonelaje. La variedad B 80-689 se favoreció cuando se aplicó la Dosis mayor de N, mientras el resto de variedades no mostraron diferencias significativas entre las Dosis de N para esta variable. La variedad SP 79-2233 fue inferior en más de 11 TM/ha (12%) respecto a las otras dos. En términos puntuales la mejor Dosis promedio fue la de 180 kg de N, la cual produjo en promedio 97,37 TM/ha (Cuadro 3).

Tanto el tonelaje como el rendimiento industrial influyen directamente sobre la producción de azúcar por hectárea, tal como aconteció en esta ocasión (Cuadro 1), donde ambos factores afectaron esta importante variable de productividad. Comparativamente entre

CUADRO 1
Resultados Agroindustriales del Experimento de Dosis Interactivas de N con Variedades. Segunda Cosecha. CURDTS, Cañas, Guanacaste.

Tratamientos Variedad – kg N	Porciento				Rendimiento kg azúcar/t	TM /ha		Relación Sacarosa
	Brix	Pol	Pureza	Fibra		Caña	Azúcar	
CP 72-2086 60	22,53	20,69	91,92	13,93	123,89 a	96,43 ab	11,96 a	8,1
CP 72-2086 120	22,10	20,51	92,85	13,34	125,59 a	98,13 ab	12,42 a	8,0
CP 72-2086 180	22,00	19,85	90,19	13,92	118,02 abc	98,23 ab	11,60 ab	8,5
B 80-689 60	22,23	20,16	89,86	13,40	121,23 a	97,10 ab	11,75 a	8,2
B 80-689 120	22,36	20,08	89,82	13,68	119,94 ab	85,80 ab	11,46 ab	8,3
B 80-689 180	22,10	19,79	89,50	13,13	119,87 ab	108,43 a	13,00 a	8,4
SP 79-2233 60	20,26	18,35	90,47	12,98	111,37 abc	85,56 b	9,52 bc	9,1
SP 79-2233 120	19,43	17,28	88,95	13,03	104,64 c	87,00 b	9,04 c	9,6
SP 79-2233 180	19,56	17,39	88,78	12,89	105,46 bc	85,46 b	8,94 c	9,5
PROMEDIO	21,41	19,34	90,26	13,37	116,67	94,79	11,07	8,6
CV (%)	5,90	6,80	2,17	3,68	7,20	11,86	10,99	7,6

Medias con letras diferentes difieren estadisticamente entre si, según prueba Tukey (P ≤ 0,05)

CUADRO 2
Promedios Agroindustriales Según Variedad. Segunda Cosecha.

Variedad	Porciento			Rendimiento (Kg. Azúcar/t)	TM/ha		Relación Sacarosa
	Pol	Pureza	Fibra		Caña	Azúcar	
CP 72-2086	20,35	91,65	13,73	122,50	97,59	11,99	8,2
B 80-689	20,01	89,73	13,40	120,35	97,11	12,07	8,3
SP 79-2233	17,67	89,40	12,97	107,16	86,01	9,17	9,4
Promedio	19,34	90,26	13,37	116,67	94,79	11,07	8,6

variedades (Cuadro 2), la B 80-689 resultó ser la mejor aunque muy similar en producción de azúcar en relación a la CP 72-2086, cuya diferencia fue de apenas un 0,67% (0,08 TM azúcar /ha) de más; sin embargo la diferencia con respecto a la SP 79-2233 alcanzó un 31,6 % (2,90 TM azúcar/ha), siendo estos resultados estadísticamente significativos (P ≤ 0,01%).

Al procurar interpretar los resultados integralmente para las Dosis (Cuadro 3), se notan diferencias en productividad muy pequeñas entre ellas, siendo sin embargo la de 180 kg de N/ha la que más azúcar produjo (11,18 TM/ha).

Se concluye por tanto, que en la primera cosecha, las principales diferencias productivas fueron inducidas por las variedades más que por las Dosis de N aplicadas, efecto que se maximizó en algunos casos como resultado de las interacciones generadas (Cuadro 1).

El tratamiento de mayor Concentración de Sacarosa fue la variedad CP 72-2086 con 120 kg de N/ha; mientras que en producción de caña y azúcar (TM/ha) fue la variedad B 80-689 con 180 kg de N/ha. Al valorar contrariamente el efecto menor, los comportamientos recayeron sobre la SP 79-2233 en sus Dosis máximas de 120 y 180 kg de N/ha para las mismas variables, respectivamente.

B) Tercera Cosecha

Los datos obtenidos en la tercera cosecha muestran (Cuadro 4) que las variables del jugo: Brix, Pol, Pureza y Fibra no evidenciaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos estudiados (P ≥ 0,05%); lo que si aconteció con el Rendimiento Industrial (P > 0,06%).

Sobresalen los tratamientos donde se utilizó la variedad CP 72-2086 para la Concentración de Sacarosa, lo cual es coincidente con el patrón de Rendimiento Industrial de esta variedad cultivada en áreas comerciales. Hubo un incremento lineal de la Concentración conforme se aumentó la Dosis de N. La variedad B 80-689

CUADRO 3
Promedios Agroindustriales Según Dosis de N (Kg/ha). Segunda Cosecha.

Dosis N	Porciento			Rendimiento (Kg. Azúcar/t)	TM/ha		Relación Sacarosa
	Pol	Pureza	Fibra		Caña	Azúcar	
60	19,73	90,65	13,44	118,83	93,03	11,08	8,5
120	19,29	90,54	13,35	116,72	90,31	10,94	8,6
180	19,01	89,49	13,31	114,45	97,37	11,18	8,8
Promedio	19,34	90,26	13,37	116,67	94,79	11,07	8,6

CUADRO 4
Resultados Agroindustriales del Experimento de Dosis Interactivas de N con Variedades. Tercera Cosecha. CURDTS, Cañas, Guanacaste.

Tratamientos Variedad - kg N	Porciento				Rendimiento kg Azúcar/t	TM /ha		Relación Sacarosa
	Brix	Pol	Pureza	Fibra		Caña	Azúcar	
CP 72-2086 60	20,90	19,56	92,73	13,64	119,05 ab	117,76 a	16,40 a	8,4
CP 72-2086 120	21,33	19,92	93,51	13,69	121,24 ab	131,56 a	15,94 ab	8,2
CP 72-2086 180	21,60	20,41	94,53	13,76	124,54 a	137,33 a	17,10 a	8,0
B 80-689 60	21,13	18,71	88,53	13,92	112,00 ab	128,90 a	14,43 abc	8,9
B 80-689 120	21,30	19,84	93,19	13,62	120,73 ab	130,46 a	15,75 ab	8,3
B 80-689 180	20,90	19,70	91,30	13,07	120,41 ab	136,66 a	16,42 a	8,3
SP 79-2233 60	18,60	17,01	91,16	13,06	104,20 bc	130,66 a	13,34 bc	9,9
SP 79-2233 120	20,30	18,81	89,69	13,95	111,13 abc	131,76 a	14,62 abc	9,1
SP 79-2233 180	18,63	16,89	91,01	13,17	93,30 c	127,56 a	11,89 c	10,9
PROMEDIO	20,52	18,98	91,74	13,54	114,06	132,52	15,10	8,9
CV (%)	8,62	10,56	10,56	18,84	9,20	10,77	10,54	12,20

Medias con letras diferentes difieren estadisticamente entre si, según prueba Tukey (P ≤ 0,05)

indistintamente de la Dosis de N aplicada, mostró valores satisfactorios de Concentración de Sacarosa en los tallos, mientras que la SP 79-2233 pareciera ser afectada por las Dosis altas de N, pues se observó una merma importante en la concentración de azúcar (Cuadro 4).

Respecto a la producción de caña por hectárea los datos indican que no hubo diferencias significativas debido al efecto de Dosis y variedades (P ≤ 0,05%), esto pese a las importantes diferencias promedio verificadas entre tratamientos.

En forma específica por variedad la CP72-2086 obtuvo la mayor producción de caña aunque paradójicamente también la menor. La B80- 689 mostró un buen comportamiento en la producción de toneladas caña por hectárea durante la evaluación, con respuesta lineal conforme se incrementó la Dosis de N. Contrariamente, la SP 79-2233 obtuvo los menores índices de producción de caña por hectárea, lo que fue muy coincidente con los datos de productividad obtenidos durante la segunda cosecha.

La producción de azúcar por hectárea evidenció un comportamiento diferenciado entre los tratamientos (P ≤ 0,01). Intrínsicamente la CP72-2086 es una variedad con un potencial azucarero excelente, lo cual aunado a una producción elevada de TM caña /ha producto de la fertilización nitrogenada alta, generó rendimientos productivos satisfactorios y rentables. También se observó un excelente comportamiento de la variedad B 80-689 para esta variable en las diferentes Dosis de N (Cuadro 2).

En términos integrales (Cuadro 5), durante la Tercera Cosecha los resultados productivos se diferenciaron aún más al evaluarlos e independizarlos como variedad. Es así como para la Concentración de Sacarosa (kg/t), la CP 72-2086 produjo en promedio 3,9 kg (3,31%) más que la B 80-689 y 18,73 kg/t (18,2%) más que la SP 79-2233.

CUADRO 5
Promedios Agroindustriales Según Variedad. Tercera Cosecha.

Variedad	Porciento			Rendimiento (Kg. azúcar/t)	TM/ha		Relación Sacarosa
	Pol	Pureza	Fibra		Caña	Azúcar	
CP 72-2086	19,96	93,59	13,70	121,61	128,88	16,48	8,2
B 80-689	19,42	91,01	13,54	117,71	132,01	15,53	8,5
SP 79-2233	17,57	90,62	13,39	102,88	129,99	13,28	10,0
Promedio	18,98	91,74	13,54	114,06	130,29	15,10	8,9

CUADRO 6
Promedios Agroindustriales Según Dosis de N (Kg/ha). Tercera Cosecha.

Dosis N	Porciento			Rendimiento (Kg. azúcar/t)	TM/ha		Relación Sacarosa
	Pol	Pureza	Fibra		Caña	Azúcar	
60	18,43	90,81	13,54	111,75	125,77	14,72	9,1
120	19,52	92,13	13,75	117,70	131,26	15,44	8,5
180	19,00	92,28	13,33	112,75	133,85	15,14	9,1
Promedio	18,98	91,74	13,54	114,06	130,29	15,10	8,9

En la producción de caña (TM/ha) los efectos se revirtieron, pues la B 80-689 fue la de mayor productividad (132,01 TM), seguida por la SP 79-2233 (129,99 TM/ha) y la CP 72-2086 con el menor tonelaje (128,88 TM). Como se infiere las diferencias entre variedades son en esta cosecha cortas para esta variable.

Según el estudio nuevamente la SP 79-2233 promovió las menores (13,28 TM/ha) producciones de azúcar por hectárea, esto respecto a la mejor, la CP 72-2086 (16,48 TM/ha) y la B 80-689 (15,53 TM/ha). La tendencia varía con respecto a la segunda cosecha, donde la B 80-689 fue la de mejor productividad de azúcar.

La valoración integral de las Dosis (Cuadro 6) no señala tendencia alguna, excepto que la Dosis menor de 60 kg de N/ha siembre obtuvo la menor Concentración de Sacarosa y productividades de caña y azúcar/ha. Fueron a su vez las Dosis de 120, 180 y 120 kg de N/ha, las que alcanzaron respectivamente, las mayores productividades para esas mismas tres variables.

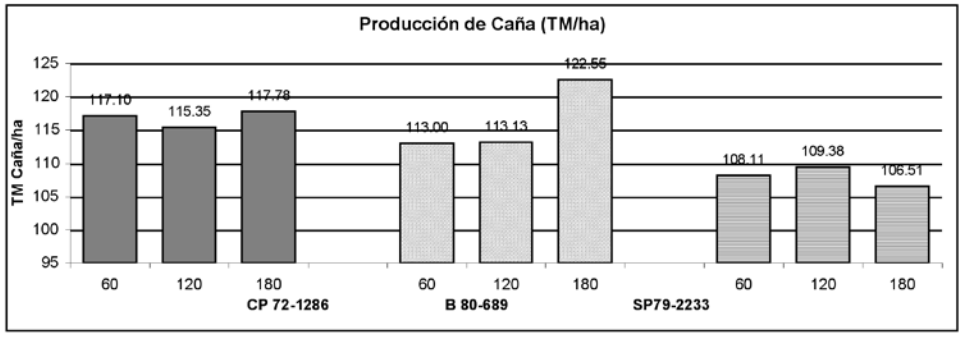
En esta tercera cosecha, el tratamiento de mayor Concentración de Sacarosa (124,54 kg/t) lo tuvo la variedad CP 72-2086 con 180 kg de N/ha; lo que también aconteció con la producción de caña (37,33 TM/ha) y azúcar (17,10 TM/ha). Al valorar contrariamente el efecto más bajo, los comportamientos recayeron sobre la SP 79-2233 en la Dosis de 120 kg para la Concentración de Sacarosa (111,13 kg/t) y 180 kg de N/ha para la producción de azúcar (TM/ha) con apenas 11,89 TM/ha. En el caso de la caña fue la Dosis de 60 kg con la variedad CP 72-2086 (117,76 TM/ha).

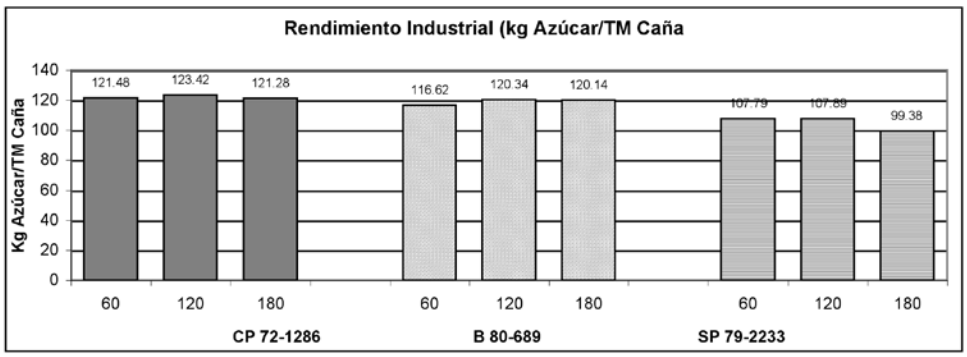
C) Promedio de Dos Cosechas

El análisis promedio de las dos cosechas refleja claramente el comportamiento de los diversos tratamientos estudiados, como lo indica el Cuadro 7. Es evidente que el Rendimiento Industrial (Concentración de Sacarosa) demuestra ser un factor propio e intrínseco de la variedad. En este sentido cabe reconocer que la serie genética de variedades de Canal Point, son materiales excelentes en cuanto a Rendimiento Industrial, lo que también se comprobó en el caso de la CP 72-2086 durante la evaluación conjunta, pues fue la mejor variedad en Concentración de Sacarosa (> 121 kg/t), indistintamente del nivel de fertilización (Dosis N) aplicado ($P \geq 0,03\%$).

Es sorprendente los índices de rendimiento industrial que mostró la variedad B 80-689 en las dos cosechas, entre 110 a 120 kg de concentración. Por el contrario la SP 79-2233 no logró ni siquiera superar los 108 kg de Concentración de Sacarosa en los tallos (Cuadro 7), mostrándose como el clon más deficiente.

Estadísticamente la producción de caña por hectárea no fue afectada ($P > 0,05\%$) por los diferentes tratamientos, sin embargo, hubo diferencias marcadas del tonelaje entre variedades. La B 80-689 por ejemplo, con una fertilización de 180 kg N /ha obtuvo una producción promedio de 122,55 TM caña /ha, algo similar a la CP 72-2086 y ampliamente superior a SP 79-2233 en la misma Dosis (Cuadro 7).





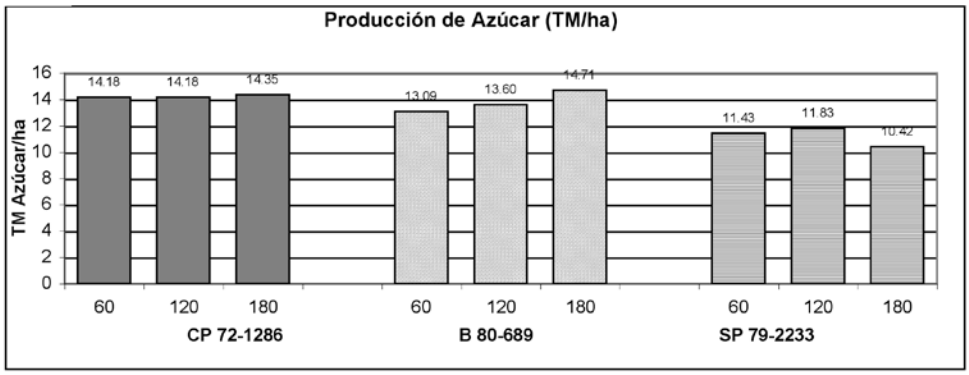


Figura 1. Variables Agroindustriales en Prueba Interacción Variedades-Nitrógeno. Promedio de Dos Cosechas. Cañas, Guanacaste.

Medias con letras diferentes difieren estadisticamente entre si, según prueba Tukey ($P \leq 0,05$)

La producción de azúcar por hectárea fue extraordinaria para CP 72-2086 la cual superó las 14 TM azúcar /ha, siendo estos resultados estadísticamente significativos respecto a las otras variedades y Dosis de N ($P \leq 0,01\%$).

El efecto integrado revela (Cuadro 8 y Figura 2) que la CP 72-2086 alcanzó las mayores productividades para las tres variables principales de rendimiento agroindustrial, seguida de cerca por la B 80-689 y de forma distante por la SP 79-2233 en cuanto a eficiencia productiva. Como se infiere hubo un efecto polarizado de las variedades en su comportamiento productivo, lo que es muy coincidente con los antecedentes comerciales de los mismos.

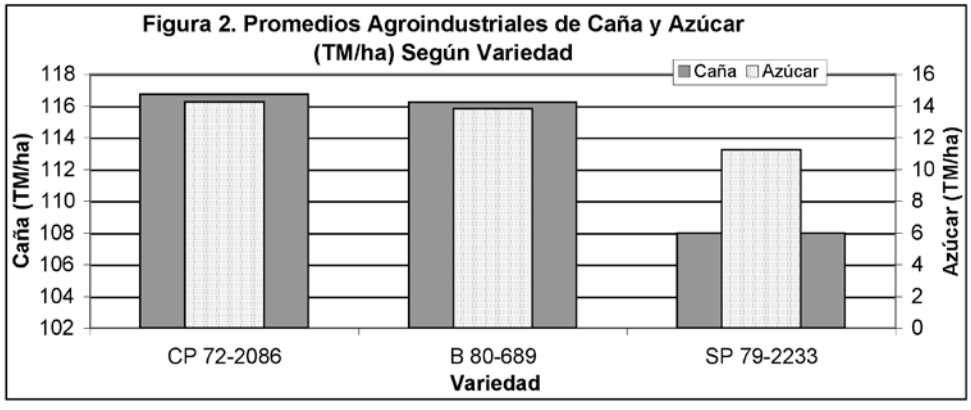
De acuerdo con la información del Cuadro 9 y la Figura 3, las Dosis de N parecen alcanzar su óptimo productivo en el nivel de 120 kg/ha, siendo la de 180 kg de N/ha la primera en cuanto a productividad de caña y la segunda en azúcar/ha; no así en la Concentración de Sacarosa, donde la Dosis de 60 kg superó a la de 180 kg. Desde la perspectiva económica, la Dosis de 120 kg marca la mayor Tasa de Retorno.

CUADRO 7
Resultados Agroindustriales del Experimento de Dosis Interactivas de N con Variedades. Promedio de Dos Cosechas.
CURDTS, Cañas, Guanacaste.

Tratamientos Variedad - kg N	Porciento				Rendimiento kg azúcar/t	TM /ha		Relación Sacarosa
	Brix	Pol	Pureza	Fibra		Caña	Azúcar	
CP 72-2086 60	21,71	20,12	92,33	13,79	121,48 ab	117,10 ab	14,18 a	8,2
CP 72-2086 120	21,71	20,22	93,18	13,52	123,42 a	115,35 ab	14,18 a	8,1
CP 72-2086 180	21,80	20,13	92,36	13,84	121,28 abc	117,78 ab	14,35 a	8,2
B 80-689 60	21,75	19,44	89,20	13,66	116,62 abc	113,00 ab	13,09 bc	8,6
B 80-689 120	21,83	19,97	91,51	13,45	120,34 abc	113,13 ab	13,60 a	8,3
B 80-689 180	21,50	19,74	90,40	13,10	120,14 abc	122,55 a	14,71 a	8,3
SP 79-2233 60	19,43	17,68	90,81	11,19	107,79 cd	108,11 ab	11,43 bc	9,5
SP 79-2233 120	19,86	18,05	89,32	13,49	107,89 bcd	109,38 ab	11,83 bc	9,3
SP 79-2233 180	19,10	17,14	89,89	13,03	99,38 d	106,51 b	10,42 c	10,2
PROMEDIO	20,96	19,16	91,00	13,25	115,37	113,65	13,09	8,8
CV (%)	6,08	8,59	2,55	9,70	6,81	7,59	7,65	8,61

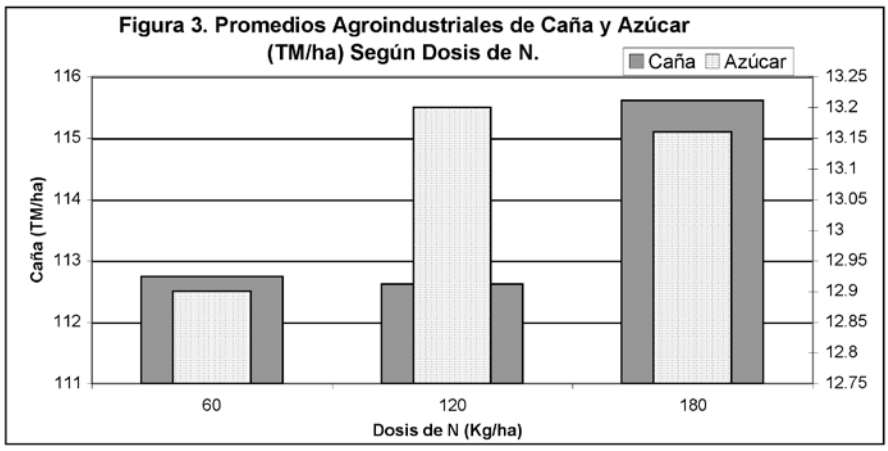
CUADRO 8
Promedios Agroindustriales Según Variedad. Promedio de dos Cosechas.

Variedad	Porciento			Rendimiento (Kg. azúcar/t)	TM/ha		Relación Sacarosa
	Pol	Pureza	Fibra		Caña	Azúcar	
CP 72-2086	20,16	92,62	13,72	122,06	116,74	14,24	8,2
B 80-689	19,72	90,37	13,40	119,03	116,23	13,80	8,4
SP 79-2233	17,62	90,01	12,57	105,02	108,00	11,23	9,7
Promedio	19,16	91,00	13,25	115,37	113,65	13,09	8,8



CUADRO 9
Promedios Agroindustriales Según Dosis de N (Kg/ha). Promedio de 2 Cosechas.

Dosis N	Porciento			Rendimiento (Kg. azúcar/t)	TM/ha		Relación Sacarosa
	Pol	Pureza	Fibra		Caña	Azúcar	
60	19,08	90,78	12,88	115,30	112,74	12,90	8,8
120	19,41	91,34	13,49	117,22	112,62	13,20	8,6
180	19,00	90,88	13,32	113,60	115,61	13,16	8,9
Promedio	19,16	91,00	13,25	115,37	113,65	13,09	8,8



El tratamiento de mayor Concentración de Sacarosa promedio de dos cosechas fue la variedad CP 72-2086 con 120 kg de N/ha; mientras que en producción de caña y azúcar (TM/ha) fue la variedad B 80-689 con 180 kg de N/ha, comportamiento similar al de la segunda cosecha. Al valorar contrariamente el efecto productivo más bajo, los comportamientos recayeron sobre la SP 79-2233 en su Dosis máxima de 180 kg de N/ha para las mismas variables, respectivamente, demostrando la afección de esa variedad a la aplicación de Dosis altas de N.

CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos en el estudio es posible concluir lo siguiente:

1. Las diferencias productivas encontradas, algunas con carácter estadísticamente significativo, demostraron que el mayor factor inductor de las mismas fue la Variedad cultivada, esto sobre las Dosis de N estudiadas.

2. La interacción Variedad – Dosis de N marcó efectos sinérgicos y antagónicos en varios tratamientos. La variedad SP 79-2233 evidenció ser por ejemplo, muy afectada por las altas Dosis de N, en tanto que la B 80-689 por el contrario mostró una buena respuesta.

3. Lo anterior determinó la presencia de diferencia marcadas e importantes desde la perspectiva productiva y económica entre las variedades: CP 72-2086, SP 79-2233 y B 80-689 para la variables rendimiento industrial, producción de caña y azúcar por hectárea.

4. Luego de dos cosechas se encontró en promedio e integralmente que en cuanto a Concentración de Sacarosa (kg/t), Producción de Caña y Azúcar (TM/ha), la variedad CP 72-2086 fue superior a las otras dos, al reportar producciones de 122,06, 116,74 y 14,24 para esas variables, respectivamente. La B 80-689 mostró un comportamiento cercano y muy sobresaliente.

5. Las diferencias productivas inducidas por las Dosis de N son relativamente bajas, mostrando la de 120 kg/ha los mejores índices de Concentración de Sacarosa (117,22 kg/t) y productividad de azúcar (13,20 TM/ha); en tanto que la de 180 kg/ha produjo la mayor cantidad de caña (115,61 TM/ha).

6. Las Dosis de fertilización nitrogenada provocaron un comportamiento favorable para la producción de caña y azúcar por hectárea en las variedades CP 72-2086 y B 80-689; por el contrario, la SP 79-2233 mostró afección del rendimiento industrial cuando se aplicaron Dosis altas de N.

7. La adición de Dosis de N altas no contribuyen a mejorar la Concentración de Sacarosa (kg/t), razón por la cual la misma debe optimizarse.

8. Al parecer el uso de Dosis altas de N en la variedad B 80-689 promueve rendimientos productivos extraordinarios de caña y azúcar por hectárea, los cuales resultan económicamente muy rentables.

9. La respuesta agroindustrial de la variedad SP 79-2233 resultó poco satisfactoria durante la evaluación del experimento, pues su comportamiento fue variable y escasamente productivo.

10. La mayor Concentración de Sacarosa promedio de dos cosechas se obtuvo con la variedad CP 72-2086 con 120 kg de N/ha; mientras que la mayor producción de caña y azúcar (TM/ha) se dio con la variedad B 80-689 con 180 kg de N/ha. Al valorar contrariamente el efecto productivo más bajo, los comportamientos recayeron sobre la SP 79-2233 en su Dosis máxima de 180 kg de N/ha para las mismas variables, respectivamente, demostrando el efecto negativo de esa variedad al uso de Dosis altas de N.

11. Pareciera existir una relación sinérgica entre la variedad de caña cultivada con la Concentración de Sacarosa obtenida y de las Dosis de N con el tonelaje de caña/ha.

12. Los resultados encontrados ratifican nuevamente lo ya conocido, respecto a la necesidad de conocer las exigencias particulares de las variedades de caña de azúcar de uso comercial, con el fin de maximizar productividades, optimizar costos y potenciar capacidades productivas.

LITERATURA CITADA

1. CHAVES, M.; ALVARADO, A. 1994. Manejo de la Fertilización en Plantaciones de Caña de Azúcar (Saccharum spp) en Andisoles de Ladera de Costa Rica. In: World Congress of Soil Science. International Society of Soil Science (ISSS). Acapulco, México, 15 th Congress, del 11 al 15 de Julio de 1994. Memoria. Volumen 7º. p: 353-372.

2. CHAVES, M. 1996. Experiencias con la Fertilización de la Caña de Azúcar en Costa Rica. In: Congreso ATACORI "Cámara de Productores del Pacífico", 10, Guanacaste, Costa Rica, 1996. Memoria: San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica. p: 76-84.

3. CHAVES, M. 1999 a. El Nitrógeno, Fósforo y Potasio en la Caña de Azúcar. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA. 130 p.

4. CHAVES, M. 1999 b. Nutrición y Fertilización de la Caña de Azúcar en Costa Rica. In: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 11º, San José San José, Costa Rica, 1999. Memoria: Recursos Naturales y producción Animal. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos: EUNED. Volumen 3. p: 193-214.

5. CHAVES, M. 2003. Fertilización de la Caña de Azúcar en Costa Rica: Experiencias de los Últimos 20 Años (Periodo 1980-2000). In: Congreso ATACORI "Ing. Agr. José Luis Corrales Rodríguez", 15, Guanacaste, Costa Rica, 2003. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI). p: 49-54.

EFECTO DE CUATRO FUENTES DE FÓSFORO SOBRE LA PRODUCTIVIDAD DE LAS VARIEDADES SP 71-5574 Y MEX 68-P-23 EN UN SUELO ULTISOL DE PÉREZ ZELEDÓN, COSTA RICA. PROMEDIO DE 4 COSECHAS

Marco A. Chaves Solera[1] *Julio César Barrantes M.*[2]
1. Director Ejecutivo de DIECA. Dirección electrónica: mchavezs@laica.co.cr
2. Coordinador de DIECA Región Sur. Dirección electrónica: jbarrantes@laica.co.cr

RESUMEN

El experimento se realizó con el objetivo de evaluar el efecto agroindustrial de 4 fuentes de fósforo (MAP-DAP-TSP Y RF); en dos variedades de caña de azúcar (SP 71-5574 y MÉX 68-P-23), sembrada en un suelo del orden ultisol de la Región de Pérez Zeledón al Sur de Costa Rica. El Diseño Experimental empleado fue un Bloques Completos al Azar con tres repeticiones. Las fuentes de Fósforo fueron incorporadas al fondo del surco al momento de la siembra en la relación que dictaban los tratamientos. Los resultados muestran que los tratamientos con fuentes de P_2O_5 con el clon SP produjeron en promedio 111,97 t/ha respecto a 76,58 t/ha de las fuentes de P_2O_5 con el clon MÉX; para un incremento del 46,2%. El tratamiento SP- DAP fue el de mejor respuesta ya que superó al testigo (SP-TSP) en 2,9 % (3,45 t); contrariamente todos los demás tratamientos evaluados tuvieron una respuesta productiva inferior al testigo. Para la variable de Producción de Azúcar/ha hubo diferencias entre los tratamientos SP-TSP, SP-MAP, SP-DAP respecto todos los tratamientos del clon Méx pero no con el tratamiento SP-RF. Para esta variable los tres mejores tratamientos mencionados incrementaron la producción en 56,8% respecto al promedio obtenido por las fuentes evaluadas con el clon Méx.; pues las primeras produjeron 16,35 t/ha respecto a 10,43 t/ha de las otras. Se presenta un comportamiento productivo interesante al comparar bianualmente los resultados; ya que en el clon SP durante los dos primeros años, las fuentes más solubles (TSP, MAP, DAP) incrementaron la producción en 10,63 % (10,1 t) respecto a la RF; situación que se mantiene en los siguientes dos cortes y más bien la diferencia productiva es un poco mayor (13,0%) pues los niveles productivos mostrados fueron de 125,25 t/ha respecto a 110,84 t/ha respectivamente. Una respuesta diferente se ofrece para el clon MEX ya que durante los dos primeros años, las fuentes más solubles (TSP, MAP, DAP) incrementaron la producción en 9,8 % (6,98 t) respecto a la RF; situación que varía notoriamente para los siguientes dos cortes en donde la RF manifiesta una diferencia productiva de 17,5 % (12,8 t/ha) al compararse con las fuentes más solubles y disponibles (TSP, MAP, DAP); determinándose a nivel de campo que existen diferencias productivas entre las fuentes de fósforo usada y el clon sembrado.

Palabra clave: Caña de Azúcar, Fuentes Fósforo, Variedades, Costa Rica.

INTRODUCCIÓN

La fertilización fosfórica ha representado por tradición, un asunto de particular interés agronómico que se fundamenta en la función y funcionalidad que ese nutrimento esencial tiene en la planta de caña. Dicho interés se maximiza en aquellas condiciones edáficas que limitan su disponibilidad, tal como acontece con los Ultisoles de Pérez Zeledón (**BARRANTES Y CHAVES 1999).** El P es necesario suministrarlo en el momento, la forma y la cantidad requerida por la planta según sus necesidades; previendo además, su posible indisposición en el suelo en razón de que es un elemento propenso a formar compuestos insolubles con el Calcio (Ca), el Hierro (Fe) y el Aluminio (Al), los cuales no son aprovechables por las plantas. La limitante es aún mayor y más grave cuando se trata de suelos cuyos contenidos naturales del nutriente son deficientes, hay bajas temperaturas, se tiene

un alto grado de compactación del suelo, las condiciones son de alta acidez y se tienen bajas concentraciones de Ca, entre otros factores que también limitan el buen aprovechamiento del mismo.

La mayoría de los suelos agrícolas de la región cañera de de los cantones de Pérez Zeledón y Buenos Aires presentan éstas características, como lo han aseverado varios investigadores (**CHAVES Y ALVARADO 1994; CHAVES 1996; 1999ab; CHAVARRÍA *et al* 1999);** coincidiendo con la caracterización general de gran parte de los suelos de Costa Rica que son deficientes en P y un 74% de los mismos contienen concentraciones inferiores de 10 µg/ml de P en solución (***BRENES Y BORNEMIZA 1992***).

El P es un nutrimento esencial y muy importante para las plantas. Deben éstas encontrarlo disponible, en la cantidad suficiente y forma química disponible en el suelo para que puedan absorverlo y asimilarlo y, poder así completar satisfactoriamente su ciclo normal de producción. Conjuntamente con el N y el K el P forma parte del grupo selecto de nutrimentos que se conoce como elementos primarios. Promover la formación temprana y el desarrollo de raíces, participar en la fotosíntesis, la respiración, el almacenamiento y la transferencia de energía, la división y el alargamiento celular, son entre otras cosas, las funciones que dicho nutrimento desempeña durante el desarrollo de las plantas **(CHAVES 1999 ab**).

Son varias las fuentes comerciales de solubilidad variable que están actualmente disponibles en el mercado para adicionar P a la caña, aunque como menciona **CHAVES (1996; 1999ab),** la mayor fracción del elemento proviene de la intemperización de la **Apatita**, mineral abundante en el suelo compuesto principalmente de P y Ca, que a medida que se descompone va liberando el P, con lo cual se forman muchos compuestos incluyendo los **Ortofosfatos** que son la forma química como las raíces lo absorben y asimilan. Se cita entre otras fuentes proveedoras de este nutrimento en el suelo: el humus, la Materia Orgánica, los microorganismos, los insectos y otros cuerpos vivos en proceso de descomposición.

Menciona **INPOFOS (1988**) que la capa arable de la mayoría de los suelos agrícolas, contiene entre 800 y 1600 kg de fósforo/ha, aunque por lo general menos de 4 kg de esa cantidad es lo que se encuentra en la solución del suelo y disponible para las plantas en un momento dado; por ello, la baja disponibilidad que el P tiene para los cultivos.

OBJETIVO

El estudio se realizó con el objeto de evaluar el efecto de cuatro fuentes fosforadas de solubilidad variable: RF, TSP, MAP y DAP, sobre la producción agroindustrial de las variedades comerciales de caña de azúcar SP 71-5574 y Méx 68-p-23, en un suelo del orden Ultisol del cantón de Pérez Zeledón, Costa Rica.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la Finca El Porvenir propiedad de COOPEAGRI EL GENERAL R.L., se estableció la presente investigación de campo, ubicada en el Distrito de San Pedro del Cantón de Pérez Zeledón, a una altitud de 560 msnm, con una precipitación total anual de 4.146 mm/año y una temperatura promedio de 24,9 ºC. El tipo de suelo en el cual se realizó la prueba pertenece al orden taxonómico Ultisol.

Se utilizó un Diseño Estadístico de Bloques Completos al Azar con 3 repeticiones. El tamaño total de la parcela fue de 70 m^2 y la útil de 42 m^2. Las características químicas del suelo donde se realizó la investigación fueron: pH: 4,8; contenidos dados en cmol(+)/l de Ca 2,74; Mg 0,12; K 0,3 l y Al 1,1; así como concentraciones dadas en µg/l de P 12; Cu 10 ; Zn 2 y Mn 6.

Las Fuentes de P comparadas fueron el TRIPLE SUPERFOSFATO (TSP) cuyo contenido nutricional fue de 46% de P_2O_5 y 13 % de Ca; el FOSFATO MONOAMÓNICO (MAP) con 10% de N y 50 % de P_2O_5, FOSFATO DIAMÓNICO (DAP) con 18% de N y 46% de P_2O_5; además se empleó un tratamiento de ROCA FOSFÓRICA (RF) procedente de Carolina del Norte con 33% de P_2O_5 y de Ca. El Tratamiento Testigo lo represento la variedad SP con la adición de TSP.

Los niveles diferenciales de N presentes en algunas fuentes fueron calibrados igualando la dosis aplicada, de manera que no influyeran en los resultados; el Ca quedó libre entre los tratamientos. Todo el P se incorporó al fondo del surco durante la siembra; el N y el K se fraccionaron a los 30 y 45 días de edad. Aproximadamente 20 días antes de la siembra del experimento se realizó una aplicación incorporada de Carbonato de Calcio ($CaCO_3$) a razón de 1,0 TM/ha para corregir la acidez del suelo. La dosis utilizada fue de 150 kg/ha de P al fondo del surco coincidente con las fuentes y variedades evaluadas en los tratamientos.

La fecha de siembra del experimento fue el 16-17 de Junio de 1997 y finalizó el 05 de mayo del 2001, realizando un total de 4 cosechas a los 12 meses de edad. La plantación se quemó para su cosecha. Como fertilización básica complementaria se aplicaron tanto en Caña Planta como en las tres Socas evaluadas 150 kg/ha de N y K_2O. Las variedades comerciales SP 71-5574 (SP) y Méx 68-p-23 (Méx.) fueron los materiales genéticos utilizados en el desarrollo del estudio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados provenientes del análisis de las cuatro cosechas realizadas, muestran que hubo diferencias

CUADRO 1
RESULTADOS AGROINDUSTRIALES DEL ENSAYO DE FUENTES DE FOSFORO SOBRE DOS VARIEDADES DE CAÑA. PROMEDIO DE CUATRO COSECHAS. SAN PEDRO, PEREZ ZELEDON 2001

TRATAMIENTO		PORCENTAJE				RENDIMIENTO	PRODUCCION T/HA				REL.	
CLON	FUENTE	BRIX	POL	PUREZA	FIBRA	Kg az/t	CAÑA		AZUCAR		SAC	PRT
SP	TSP	22,98	20,53	89,29	14,68	142,58	115,70	a	16,39	a	7,1	100
SP	RF	23,18	20,52	89,19	15,54	140,59	102,79	a	14,28	ab	7,2	87
SP	MAP	20,90	20,27	89,00	14,94	142,75	110,26	a	15,69	a	7,0	96
SP	DAP	22,78	20,56	90,23	15,10	142,82	119,15	a	16,96	a	7,0	103
Méx	TSP	22,47	19,78	88,70	14,52	135,67	78,51	b	10,65	b	7,4	65
Méx	RF	22,51	19,79	88,37	15,07	137,11	78,77	b	10,78	b	7,3	66
Méx	MAP	21,89	19,55	89,43	14,42	137,49	74,66	b	10,21	b	7,3	62
Méx	DAP	22,40	19,91	88,83	14,78	135,82	74,38	b	10,09	b	7,4	62
PROMEDIO		22,39	20,11	89,13	14,88	139,35	94,28		13,13		7,2	80
CV(%)		11,19	3,49	2,69	4,42	4,64	19,29		20,33			

Tratamientos con la misma letra en una columna no difieren estadísticamente entre sí según prueba de TUCKEY 5%.
PRT: DIFERENCIA PORCENTUAL RESPECTO A LOS TESTIGOS ESPECIFICADOS PARA LA VARIABLE T AZúCAR/HA
RELACION SACAROSA: T DE CAÑA NECESARIAS DE MOLER PARA PRODUCIR UNA T DE AZUCAR.
**DOSIS DE P205/ha: 150 Kg.*

estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados solo para las variables de Producción Agrícola (TM caña/ha) y Producción Agroindustrial (TM azúcar/ha), como se muestra en el Cuadro 1.

En la primera variable mencionada sólo hubo diferencias significativas entre los tratamientos con la variedad SP respecto a los de la variedad Méx.; superando los primeros en 46,1% (35,39 TM) a los segundos, ya que los tratamientos con fuentes de P_2O_5 con el clon SP produjeron en promedio 111,97 TM/ha respecto a 76,58 TM de las fuentes de P_2O_5 con el clon Mex. El tratamiento SP- DAP fue el de mejor respuesta ya que superó al Testigo SP-TSP en 2,9 % (3,45 TM). Contrariamente, todos los demás tratamientos evaluados tuvieron una respuesta productiva inferior al Testigo (SP-TSP), como se observa en el Cuadro 1.

La otra variable que también mostró diferencias estadísticas fue la Producción de Azúcar/ha en donde hubo diferencias entre los tratamientos SP-TSP, SP-MAP, SP-DAP respecto a todos los tratamientos del clon Méx. pero no con el tratamiento SP-RF. Para esta variable los tratamientos SP-TSP, SP-MAP y SP-DAP incrementaron la producción en 56,8% respecto al promedio obtenido por las fuentes evaluadas con el clon Méx.; pues las primeras produjeron 16,35 TM/ha respecto a 10,43 TM/ha de los segundos.

Para las demás variables evaluadas no hubo diferencias estadísticas, no obstante, se mostraron algunas variaciones relevantes en términos productivos que es importante resaltar. Para la variable de Rendimiento Industrial (kg azúcar/t) se observó una leve mejora en la calidad de los jugos en los tratamientos que contenían como base el clon SP en el orden del 4,1% correspondiente a 5,66 kg, ya que estos obtuvieron en promedio 142,18 kg/t en relación a los 136,52 kg/t de los tratamientos del clon Méx.

Para el Rendimiento Agrícola (TM de caña/ha) se evidencia una respuesta variable determinada más predominantemente por el clon sembrado; ya que los tratamientos de fuentes de P_2O_5 con base en el clon SP incrementaron el tonelaje de campo en un promedio de 35,40 t/ha (46,2%) respecto a las fuentes de P_2O_5 con base en el clon Méx Es importante resaltar aquí que el excelente comportamiento de algunos tratamientos como promedio de 4 cosechas; sobresaliendo con la mejor respuesta productiva los tratamientos con la variedad SP cuya fuente de P_2O_5 es más soluble y disponible (TSP, MAP, DAP) que incrementaron la producción promedio en 11,9% (12,24 t) respecto a la fuente RF en esa misma variedad. Situación contraria sucede con el clon Méx. donde la Fuente RF mejoró la producción de campo en 2,92 TM (3,7%) respecto a los tratamientos con las fuentes más solubles y disponibles (TSP, MAP, DAP).

Ya que se evalúan fuentes con solubilidad diferenciada de P en el suelo, el análisis del comportamiento agrícola (TM/ha) de los Tratamientos evaluados durante los dos primeros años resulta interesante, partiendo del supuesto de que es en buena teoría esperable en

principio un mejor comportamiento de las fuentes más solubles y disponibles (TSP, MAP, DAP) respecto a la de menor solubilidad (RF). Contrariamente, se esperaría que durante las siguientes dos cosechas (tercera y cuarta cosecha), las fuentes de más lenta solubilización (RF) ofrezcan una mejor respuesta.

En el Cuadro 2 se muestran los resultados obtenidos en el campo durante las cuatro cosechas; mostrando que para el clon SP durante los dos primeros años, las fuentes más solubles (TSP, MAP, DAP) incrementaron la producción en 10,63 % (10,1 TM) respecto a la RF; situación que se mantiene en los siguientes dos cortes y más bien la diferencia productiva es un poco mayor (13,0%) pues las fuentes más solubles (TSP, MAP, DAP) produjeron en 125,25 TM respecto a 110,84 TM de la RF. Comportamiento diferente se ofrece para el clon Méx. Ya que durante los dos primeros años, las fuentes más solubles (TSP, MAP, DAP) incrementaron la producción

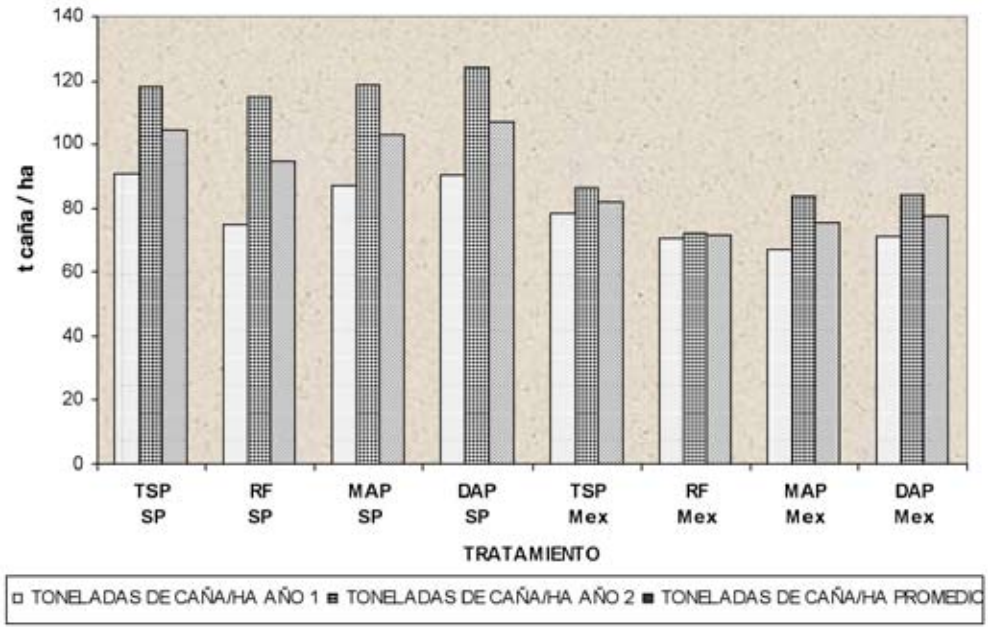


FIGURA 1. EFECTO DE 4 FUENTES DE P_2O_5 EN DOS VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR SOBRE LA PRODUCCIÓN DE CAÑA (TM/ha), DURANTE LAS PRIMERAS DOS COSECHAS Y SU PROMEDIO.

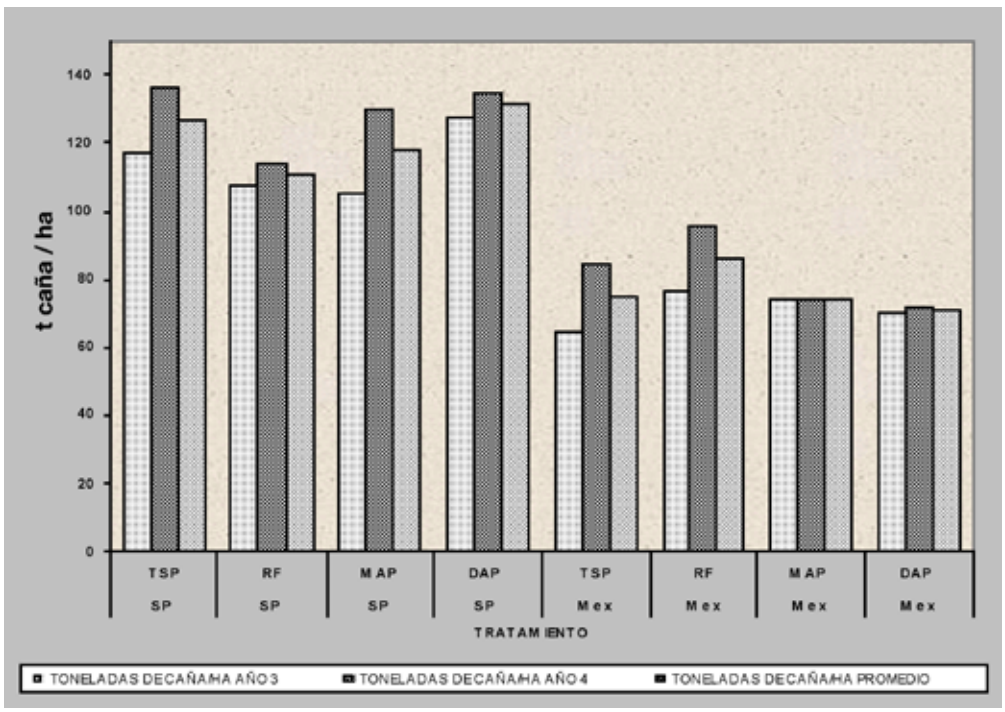


FIGURA 2. EFECTO DE 4 FUENTES DE P_2O_5 EN DOS VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR SOBRE LA PRODUCCIÓN DE CAÑA (TM/ ha), DURANTE LA TERCERA, CUARTA COSECHA Y SU PROMEDIO.

en 9,8 % (6,98 TM) respecto a la RF; situación que varía notoriamente para los siguientes dos cortes ya que se manifiesta una diferencia productiva de 17,5 % (12,8 TM/ha) la RF al compararse con las fuentes más solubles y disponibles (TSP, MAP, DAP); determinándose a nivel de campo que existen diferencias productivas entre las fuentes de fósforo usada y el clon sembrado.

Como se muestra en la Figura 1, para los dos primeros años analizados, la respuesta es mayoritariamente favorable hacia las fuentes más solubles (DAP-MAP-TSP) tanto en el clon SP como en la variedad Méx. Pero para los años siguientes, la respuesta de las fuentes más solubles siguió siendo mejor productivamente en el clon SP, pero en el clon Méx. la RF mostró diferencias productivas importantes como se puede observar en la Figura 2.

Se comprueba además el efecto positivo que implica la incorporación de P al fondo del surco durante la siembra; y sobre todo, el uso de fuentes rápidamente asimilables como el TSP, DAP o MAP.

En el Cuadro 2 se desagregan los efectos por variedad, como promedio de cuatro cosechas, reseñando lo ya anteriormente señalado: la enorme diferencia inducida por el componente varietal sobre todas las variables de jugo y agroindustriales. Nótese la variación de 5,67 kg de sacarosa/t correspondiente a un 4,15%; 35,4 TM de caña/ha (46,23%) y de 5,40 TM/ha de azúcar, equivalente al 51,77%, todo a favor de la variedad SP 71-5574.

El Cuadro 3 expone algo similar al anterior pero orientado hacia las Fuentes de P. Se aprecia un comportamiento muy similar luego de cuatro cosechas, para el Testigo (TSP) y el DAP, los cuales marcaron diferencia respecto al resto de tratamientos evaluados (RF-MAP). El mejor Rendimiento Industrial se alcanzó con MAP (140,12 kg/t), la mejor producción de caña con TSP (97,11 TM/ha) el cual superó al DAP en apenas 0,34 TM (0,35%); el mayor tonelaje de azúcar (13,5 TM/ha) se logró con DAP y TSP, los cuales mostraron igual productividad.

En el Cuadro 4 se anotan como referencia documental, los valores correspondientes a las tres principales variables de productividad agroindustrial: Rendimiento Industrial (kg sacarosa/t; TM/ha de caña y azúcar) para cada una de las 4 cosechas realizadas al experimento, según tratamiento evaluado.

Se evidencia a partir de dichos valores, fluctuaciones importantes entre tratamientos y entre zafras. Las mayores diferencias se ubican en el caso de la producción de caña (TM/ha) para la Variedad la Mex. Es notorio por otra parte en la misma variable el incremento lineal percibido en el tratamiento Testigo (SP-TSP) con el paso de las cosechas. En la producción de azúcar (TM/ha) ese mismo efecto se dio con el tratamiento SP-DAP.

La Figura 3 presenta el promedio de las 4 cosechas para los tratamientos, evidenciando la enorme diferencia entre tratamientos inducida por las variedades.

Cuadro 2. Efecto de las Variedades de Caña Sobre los Rendimientos Agroindustriales

VARIEDAD	PORCENTAJE			RENDIMIENTO	PRODUCCIÓN T/HA		REL.	PRT
	POL	PUREZA	FIBRA	Kg. az/t	CAÑA	AZÚCAR	SAC	
SP	20,47	89,43	15,07	142,19	111,98	15,83	7,1	97
Mex	19,76	88,83	14,70	136,52	76,58	10,43	7,3	64
Promedio	**20,11**	**89,13**	**14,88**	**139,35**	**94,28**	**13,13**	**7,2**	**80**

Cuadro 3. Efecto de las Fuentes de Fósforo Sobre los Rendimientos Agroindustriales

FUENTE	PORCENTAJE			RENDIMIENTO	PRODUCCIÓN T/HA		REL.	PRT
	POL	PUREZA	FIBRA	Kg. az/t	CAÑA	AZÚCAR	SAC	
TSP	20,16	89,00	14,60	139,13	97,11	13,52	7,3	83
RF	20,16	88,78	15,31	138,85	90,78	12,53	7,3	77
MAP	19,91	89,22	14,68	140,12	92,46	12,95	7,2	79
DAP	20,24	89,53	14,94	139,32	96,77	13,53	7,2	83
Promedio	**20,12**	**89,13**	**14,88**	**139,36**	**94,28**	**13,13**	**7,3**	**81**

CUADRO 4.
ESULTADOS AGROINDUSTRIALES DE ENSAYO DE CUATRO FUENTES DE FÓSFORO EN DOS VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR. CUATRO COSECHAS

CLON	FUENTE	TONELADAS DE CAÑA/HA				
		AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	PROMEDIO
SP	TSP	90,88	118,24	117,03	136,63	115,70
SP	RF	74,83	114,65	107,77	113,92	102,79
SP	MAP	87,22	118,53	105,38	129,89	110,26
SP	DAP	90,00	124,03	127,77	134,80	119,15
Mex	TSP	78,28	86,30	64,84	84,62	78,51
Mex	RF	70,51	72,42	76,85	95,31	78,77
Mex	MAP	67,03	83,63	73,99	73,99	74,66
Mex	DAP	71,36	84,07	70,00	72,09	74,38
CLON	FUENTE	RENDIMIENTO INDUSTRIAL (Kg azúcar/t)				
		AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	PROMEDIO
SP	TSP	152,09	131,70	151,52	135,00	142,58
SP	RF	156,73	128,28	146,20	131,14	140,59
SP	MAP	150,16	132,22	142,09	146,53	142,75
SP	DAP	149,77	130,91	150,22	140,39	142,82
Mex	TSP	148,95	129,49	131,00	133,22	135,67
Mex	RF	157,48	125,54	129,00	136,40	137,11
Mex	MAP	157,83	128,98	125,17	137,97	137,49
Mex	DAP	153,48	130,35	126,23	133,23	135,82
CLON	FUENTE	TONELADAS DE AZÚCAR/HA				
		AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	PROMEDIO
SP	TSP	13,82	15,57	17,73	18,45	16,39
SP	RF	11,73	14,71	15,76	14,94	14,28
SP	MAP	13,10	15,67	14,97	19,03	15,69
SP	DAP	13,48	16,24	19,19	18,92	16,96
Mex	TSP	11,66	11,17	8,49	11,27	10,65
Mex	RF	11,10	9,09	9,91	13,00	10,78
Mex	MAP	10,58	10,79	9,26	10,21	10,21
Mex	DAP	10,95	10,96	8,84	9,60	10,09

CONCLUSIONES

Se puede concluir a partir de los resultados obtenidos en el experimento, lo anotado seguidamente:

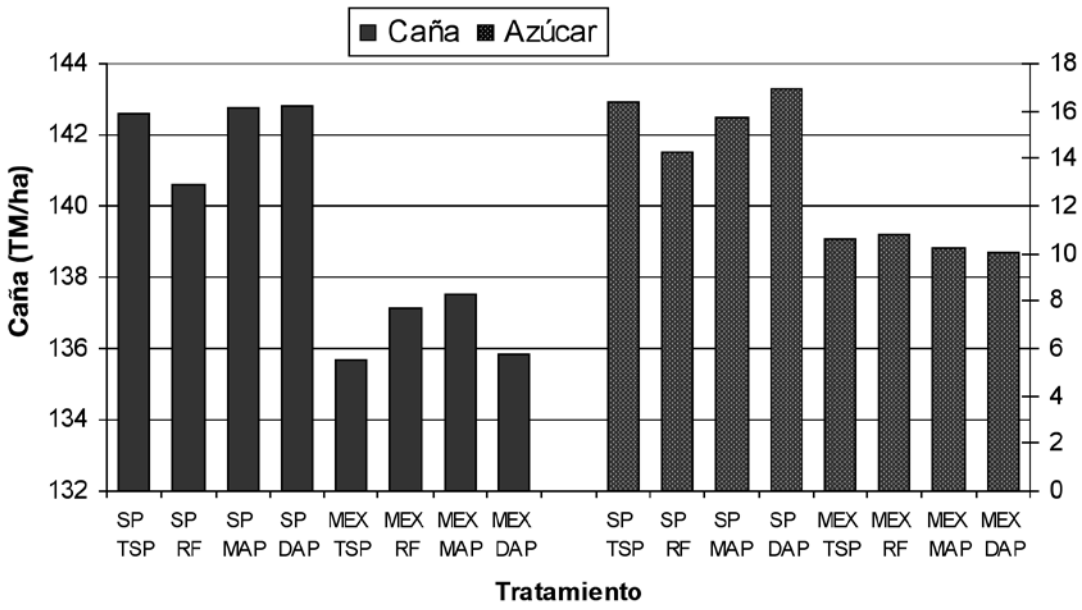
1. Durante la evaluación de cuatro cosechas consecutivas, todos los tratamientos conteniendo las fuentes de P_2O_5 evaluadas con el clon SP 71-5574 mejoraron las variables de calidad agroindustrial respecto a las mismas fuentes evaluadas en el clon Mex 68-p-23, pues incrementaron en promedio la producción de caña (TM/ha) en un 46,1% y la agroindustrial (TM de azúcar/ha) en un 51,9%.

2. Las mejores Concentraciones de Sacarosa promedio de 4 cosechas se presentaron con los tratamientos cuyas Fuentes de P_2O_5 estaban asociadas a la variedad SP 71-5574 pues presentaron una mejora del 4,1% (5,66 kg) respecto a las mismas fuentes asociadas al clon Mex ya que con el clon SP se produjeron en promedio 142,18 kg/t respecto a 136,52 kg/t del clon Méx.

3. El tratamiento SP-DAP fue el de mejor respuesta productiva de caña ya que incrementó la producción promedio de 4 cosechas en un 2,9% (3,45 TM) al compararse con el Testigo (SP-TSP).

4. La Fuentes más solubles y disponibles (TSP-DAP-MAP) tuvieron integralmente una mejor respuesta productiva de azúcar (16,35 TM/ha) en la variedad SP pues incrementaron los rendimientos de campo en un 14,47% (2,07 TM/ha) al compararse con la RF (14,28 TM/ha). Respecto al efecto de las Fuentes evaluadas en el clon Mex la RF fue por el contrario el tratamiento de mejor respuesta (10,78 TM/ha), pues

Figura 3. Variables Agroindustriales Según Tratamiento. Promedio de Cuatro Cosechas.



incrementó la producción en 4,46% (0,46 TM) respecto a los tratamientos con las fuentes más solubles y disponibles (TSP-DAP-MAP) cuya producción conjunta fue de 10,32 TM/ha de azúcar.

5. Es definitivo que las Fuentes TSP y DAP mantienen supremacía sobre el resto de Fuentes al emplearse con el clon SP, y la RF y el TSP con la Mex. Integralmente TSP y DAP no mostraron diferencias importantes en ninguna de las tres variables agroindustriales de productividad, razón por la cual se recomienda su uso.

6. Se pudo determinar que existen diferencias significativas en el grado de aprovechamiento y la respuesta productiva entre la Fuente de P_2O_5 utilizada y la Variedad de caña sembrada.

LITERATURA CITADA

1. **Barrantes, J.C.; Chaves, M. 1999**. Estudio de Cuatro Fuentes de Fósforo sobre la Productividad Agroindustrial de las Variedades SP 71-5574 y Mex 68-p-23 en un Ultisol de Pérez Zeledón. Promedio de Dos Cosechas. In: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 11, San José, Costa Rica, 1999. Memoria: Recursos Naturales y Producción Animal. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos: EUNED. Volumen 3. p: 343.

2. **Brenes, L.; Bornemissza, E. 1992**. Solubilización Inicial de la Roca Fosfórica en Ultisoles de Costa Rica. Agronomía Costarricense 16(1):1-11.

3. **Chavarría, E.; Villalobos, C.; Chaves, M. 1999**. Evaluación del Efecto de 5 Dosis de Fósforo sobre la Producción de Caña de Azúcar en un Inceptisol de Esparza, Puntarenas. In: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, San José San José, Costa Rica, 1999. Memoria: Recursos Naturales y Producción Animal. III Congreso Nacional de Suelos. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos: EUNED. Volumen 3. p: 344.

4. **Chaves, M.; Alvarado, A. 1994.** Manejo de la Fertilización en Plantaciones de Caña de Azúcar (*Saccharum* spp) en Andisoles de Ladera de Costa Rica. In: World Congress of Soil Science . International Society of Soil Science (ISSS). Acapulco, México, 15 th Congress, del 11 al 15 de Julio de 1994. Memoria. Volumen 7º. p: 353-372.

5. **Chaves, M. 1996**. Experiencias con la Fertilización de la Caña de Azúcar en Costa Rica. In: Congreso ATACORI "Cámara de Productores del Pacífico", 10, Guanacaste, Costa Rica, 1996. Memoria: San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica. p: 76-84.

6. **Chaves, M. 1999 a**. El Nitrógeno, Fósforo y Potasio en la Caña de Azúcar. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA. 130 p.

7. **Chaves, M. 1999 b**. Nutrición y Fertilización de la Caña de Azúcar en Costa Rica. In: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 11º, San José San José, Costa Rica, 1999. Memoria: Recursos Naturales y producción Animal. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos: EUNED. Volumen 3. p: 193-214.

8. **INPOFOS (Instituto de la Potasa y el fósforo)**. 1988. Manual de Fertilidad de Suelos. 1ed. Quito Ecuador. 85p.

EVALUACIÓN DE 7 FUENTES DE NITRÓGENO SOBRE LA PRODUCCIÓN AGROINDUSTRIAL DE LA CAÑA DE AZÚCAR, VARIEDAD B77-95, EN UN ULTISOL DE FLORENCIA, TURRIALBA. PROMEDIO DE DOS COSECHAS.

Gilberto Calderón A.; Marco Chaves S.
Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA)
E-mails: gcalderon@laica.co.cr; mchavezs@laica.co.cr

RESUMEN

Para un productor de caña conocer cual fuente nitrogenada es la que podría funcionar mejor desde el punto de vista productivo, reviste mucha importancia, pues en el mercado existen diversas fuentes comerciales con características nutricionales y precios variables. Con base en lo anterior, se estableció el presente estudio de campo, cuyo objetivo fue el de evaluar el comportamiento de 7 fuentes nitrogenadas sobre los rendimientos agroindustriales de la caña de azúcar, determinando así la mejor opción técnico económica y productiva. El experimento se estableció en una finca ubicada en la localidad de Florencia a 788 msnm, con una precipitación total anual de 3.005 mm y una temperatura de 22,1 °C. El suelo utilizado pertenece al orden Ultisol. Se utilizó un Diseño Estadístico de Bloques Completos al Azar con cuatro repeticiones; la unidad experimental constó de 8 surcos de 10 m de largo para un área total y útil de 120 m^2. La fertilización base en el Ciclo Planta fue la siguiente: 150, 120 y 150 kg / ha de N, P_2O_5 y K_2O, respectivamente, mientras que en la primera soca se utilizó 130 kg / ha de N y K_2O. Los tratamientos evaluados fueron los siguientes: Urea con Azufre; Nitrato de Potasio; Magnesamón; Nitrato de Amonio; Nitrato de Calcio; Sulfato de Amonio; Urea Granular y el Testigo sin N. Los resultados obtenidos muestran que no se obtuvieron diferencias estadísticas significativas entre las medias de los tratamientos en ninguna de las variables evaluadas, según Prueba de Tuckey al 5%. No obstante, en términos de valores absolutos los mejores tratamientos fueron las fuentes nitrogenadas Urea con Azufre y Nitrato de Potasio, superando en producción de azúcar al Testigo sin N en un 5,18 y 5,13 % (0,60 y 0,59 TM/ha) Las diferencias más notorias en las fuentes nitrogenadas respecto al tratamiento Testigo sin N, ocurrieron en el Rendimiento Industrial, aunque como ya se indicó, dicho comportamiento no fue estadísticamente diferente. Destaca el hecho de haberse encontrado un efecto negativo de la Urea sobre la Concentración de Sacarosa de los jugos; por el contrario, el Magnesio y el azufre, fueron los elementos acompañantes de la formulación comercial, que más influyeron en el Rendimiento Industrial, aunque de una forma leve. Las tendencias encontradas a través de los resultados de esta investigación no están aún bien definidas, por lo que es fundamental practicar un mayor número de cosechas para lograr claridad y confiabilidad en los resultados.

INTRODUCCIÓN

En el mercado existen diversas fuentes de fertilizantes comerciales elaboradas la mayoría a base de Nitrógeno, cuyos precios y características nutricionales son por su naturaleza y destino comercial muy variables. Algunas veces la aplicación de las alternativas comerciales disponibles han dado una respuesta positiva en la producción de caña, pero en otras ocasiones, los resultados no han sido tan favorables como en principio se esperaba (LAICA-DIECA, 1996). Al respecto, Barrantes y Chaves (2003) concluyeron, que el resultado productivo de la fertilización nitrogenada está fuertemente ligado y determinado en un alto grado, por la fuente de N que se emplee, y fundamentalmente por el elemento acompañante.

Sin embargo, mencionan esos autores, que en la selección de la fuente nitrogenada deseada y necesaria, no es conveniente emplear un único criterio. Agregan y sugieren como otros indicadores de selección convenientes los siguientes: concentración de N, forma química presente (Amoniacal, Ureica, Nítrica), precio,

solubilidad y antecedentes experimentales y productivos entre otros.

Un aspecto importante a considerar con relación a la Urea, es el que se refiere a la presencia del biureto o biuret. Durante el proceso de fabricación comercial de la Urea es posible que se produzca éste, el cual es un sólido residual cristalino e insoluble conocido como alofanamida. Dicho residuo se forma por calentamiento de la Urea a temperaturas de 150 – 160 °C en ciertas fases de la fabricación, como acontece en los granuladores por causa de la evaporación. Se procura que los contenidos de biureto en la Urea sean mínimos, pues ésta provoca efectos tóxicos sobre los vegetales, animales y el hombre, sobre todo cuando se aplica al momento de la siembra. Los límites de garantía admitidos en el contenido de biureto varían de 0,3 % en el producto cristalino y 1% en los obtenidos por evaporación y granulados (Chaves 1999).

Con relación a experiencias realizadas en Costa Rica en torno a fuentes de N, cabe señalar que en la región de Pérez Zeledón se estudiaron seis fuentes utilizando la variedad SP71-5574 con cuatro cosechas (Barrantes y Chaves 2003). Los resultados obtenidos en dicho estudio, revelaron como mejor tratamiento el que empleó Sulfato de Amonio, con una producción de azúcar (TM/ha) superior al Testigo sin N en un 31 % (4,45 TM/ha).

Por otra parte, en Hacienda Juan Viñas, se evaluaron siete fuentes nitrogenadas empleando la variedad H61-1721 con un promedio de tres cosechas (LAICA-DIECA 1996). Contrariamente a la experiencia anterior, el mejor tratamiento fue la Urea Granular con un rendimiento agroindustrial que superó al Testigo sin N en un 17 % (5,29 TM/ha de azúcar). No obstante, el Sulfato de Amonio fue una buena fuente nitrogenada, pues ocupó el segundo lugar en producción de azúcar, superando al Testigo en un 15% (5,29 TM/ha de azúcar), cifra ligeramente inferior al mejor tratamiento: Urea Granular. En este sentido, el Azufre como nutrimento acompañante del N reviste y desempeña un rol muy positivo, en virtud de que favorece los altos rendimientos de azúcar (TM/ha).

OBJETIVO

Evaluar el comportamiento de siete fuentes nitrogenadas sobre los rendimientos agroindustriales de la caña de azúcar, variedad B77-95, y determinar cual es la mejor opción comercial que podría utilizar un agricultor en la zona de Turrialba, en condiciones de suelos similares al empleado en la presente investigación.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se estableció en una finca ubicada en la localidad de Florencia, a una altitud de 788 msnm, con una precipitación total anual de 3.005 mm y una temperatura media de 22,1 °C. El tipo de suelo utilizado pertenece al orden Ultisol, cuyas características químicas iniciales se presentan en el Cuadro 1. La siembra se realizó el 20 de julio del 2004, la primera cosecha en Ciclo Planta se efectuó a los 10 meses y la segunda a los 12 meses de edad. Se utilizó un Diseño Estadístico de Bloques Completos al Azar con 4 repeticiones. La unidad experimental constó de 8 surcos de 10 m de largo para un área total y útil de 120 m^2.

Las fuentes de N evaluadas fueron: Urea con Azufre (40% de N y 5,6% de S), Nitrato de Potasio (13,5% de N y 44% de K_2O), Magnesamón (22% de N, 7 % de MgO y 11% de CaO), Nitrato de Amonio (33,5% de N), Nitrato de Calcio (15,5% de N y 19% de CaO), Sulfato de Amonio (21% de N y 23,7% de S) y Urea Granular (46% de N).

Todos los tratamientos (fuentes) evaluados calibraron y equipararon la Dosis de N en 150 kg, no así sus nutrimentos complementarios (K, S, Mg y Ca), que representaron un factor variable propio y adicional de cada fuente que no fue controlado por representar un beneficio ligado a la fuente y reconocido por el precio de la misma.

La fertilización base general en el Ciclo Planta fue de 150, 120 y 150 kg / ha de N, P_2O_5 y K_2O, respectivamente. En Caña Soca se adicionó 130 kg / ha de N y K_2O,

CUADRO 1
ANÁLISIS QUÍMICO DEL SUELO DEL ÁREA EN ESTUDIO. FLORENCIA, TURRIALBA. LABORATORIO DE SUELOS CATIE, OCTUBRE 2004.

Nº Muestra	Prof. Cm	Ph H_2O	Acidez	Ca	Mg	K	P	Cu	Zn	Mn	Fe
			----------cmol(+)/l----------					----------ug/l----------			
1	0-20	5,0	1,67	2,11	0,38	0,14	1,7	15,1	0,2	8,9	182
2	20-40	4,8	2,16	1,58	0,21	0,07	1,2	20,6	0,2	8,1	171
3	0-20	5,0	2,00	2,22	0,42	0,19	2,8	15,1	0,4	6,3	252
4	20-40	4,8	2,34	1,41	0,25	0,09	1,6	15,8	0,2	4,7	220
Promedio		4,9	2,04	1,83	0,31	0,12	1,8	16.7	0,25	7,0	206

Nota. La muestra #1-2, corresponden al área de la repetición 1-2 y la muestra #3-4 al área de la repetición 3-4 del experimento, a dos profundidades.

eliminando así la aplicación del fósforo, que se aplicó únicamente al momento de la siembra. Dicha aplicación se fraccionó en partes iguales en dos épocas: la primera en Caña Planta a los 2 meses después de realizada la siembra (2 MDS) y la segunda a los 3 MDS. En el Ciclo Soca la primera se realizó a los 3,5 meses después de la cosecha (3,5 MDC) y la segunda a los 4,5 MDC.

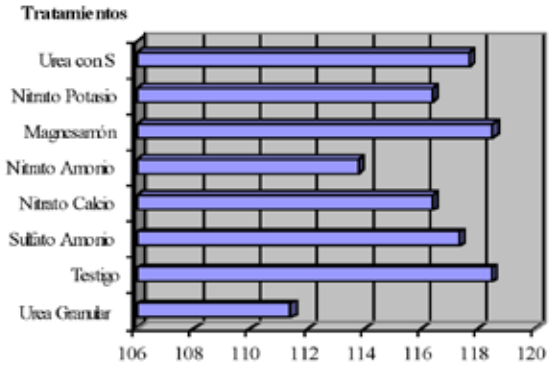
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos (Cuadro 2) muestran que no se añcanzó diferencias estadísticas significativas entre las medias de los tratamientos en ninguna de las variables evaluadas, según Tukey al 5 % de probabilidad. No obstante, en términos de valores absolutos los mejores tratamientos fueron las fuentes nitrogenadas Urea con Azufre y Nitrato de Potasio, superando en producción de azúcar al Testigo sin N en un 5,18 y 5,13 % (0,60 y 0,59 TM/ha), respectivamente, cifras que los ubican en una posición de igualdad. Como se puede notar, las diferencias de los tratamientos mencionados con el Testigo, así como con el resto de las fuentes nitrogenadas son muy pequeñas, respecto a las variables producción de caña y azúcar (TM/ha), razón por la cual hasta el momento los resultados promedio de dos cosechas si bien marcan una ligera tendencia del efecto positivo de las mismas, dicha tendencia no es contundente.

Las diferencias más notorias en las fuentes nitrogenadas respecto al tratamiento Testigo sin N, ocurrieron en el Rendimiento Industrial (Cuadro 1 y Figura 1), aunque como ya se indicó, dicho comportamiento no fue estadísticamente diferente. Al respecto, se encontró un efecto negativo de la Urea y el Nitrato de Amonio en la Concentración de Sacarosa de los jugos, la cual se redujo en un 6% (7,07 kg de azúcar/t) y en un 4 % (4,70 kg azúcar/t) con respecto al Testigo, el cual fue junto con el Magnesamón los tratamientos que expresaron los rendimientos más altos (118,45 y 118,47 kg azúcar/t, respectivamente).

La Urea Granulada tal como se indicó, produjo una afección en la Concentración de Sacarosa de los jugos de la caña, pues el Rendimiento Industrialmente fue el

Figura 1. Rendimiento Industrial de la Evaluación de Siete Fuentes Nitrógeno, en Florencia, Turrialba. Promedio de dos Cosechas

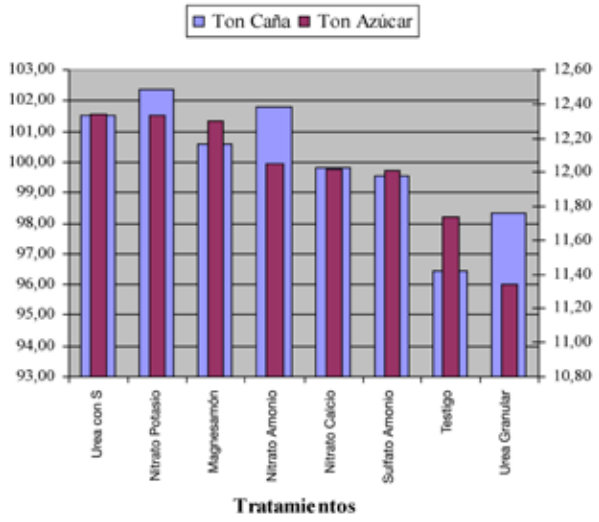


CUADRO 2
RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE SIETE FUENTES NITROGENADAS SOBRE LOS RENDIMIENTOS AGROINDUSTRIALES DE LA CAÑA DE AZÚCAR, EN FLORENCIA, TURRIALBA. 20006. PROMEDIO DE DOS COSECHAS.

Tratamiento	Porciento				Rend. kg Az./ t	Producción TM/ ha		Relación* Sacarosa	PRT** (%)
	Brix	Pol	Pureza	Fibra		Caña	Azúcar		
Urea con S	18,49	16,27	87,53	11,80	117,62	101,54	12,34	8,75	105,2
Nitrato Potasio	18,46	16,28	87,79	12,21	116,32	102,36	12,33	8,85	105,1
Magnesamón	18,60	16,47	88,23	11,95	118,47	100,60	12,30	8,61	104,8
Nitrato Amonio	18,25	15,95	87,02	12,10	113,78	101,81	12,05	9,04	102,7
Nitrato Calcio	18,47	16,30	87,92	12,20	116,36	99,82	12,02	8,78	102,3
Sulfato Amonio	18,42	16,23	87,77	11,73	117,31	99,55	12,01	8,74	102,3
Testigo (-N)	18,82	16,69	88,37	12,52	118,45	96,46	11,74	8,63	100,0
Urea Granular	18,11	15,79	86,75	12,38	111,38	98,34	11,34	9,25	96,6
Promedio:	18,45	16,25	87,67	12,11	116,21	100,06	12,02	8,83	
CV (%)	1,89	2,89	1,40	4,04	4,14	4,40	6,43		

**Relación Sacarosa: TM de caña necesarias moler para producir una TM de azúcar.*
***PRT: Diferencia (%) respecto al Testigo (T) sin N dada en TM de azúcar / ha.*

Figura 2. Producción de Caña y Azúcar (t/ha) de la Evaluación de Siete Fuentes de Nitrógeno, en Florencia, Turrialba. Promedio de dos Cosechas



más bajo (111,38 kg azúcar/t) e igualmente, reflejó un rendimiento productivo de 11,34 TM/ ha de azúcar, situación agroindustrial que influyó en convertirse en el tratamiento menos eficiente, pues la relación sacarosa del mismo fue la más alta (9,25). En ese sentido, llama la atención que la única fuente nitrogenada que tuvo un rendimiento agroindustrial por debajo del tratamiento Testigo, fue la Urea Granulada.

Con base en los aspectos discutidos anteriormente, se infiere que el elemento acompañante en la formulación comercial, influyó principalmente en el rendimiento industrial de manera positiva, siendo el Magnesio y el Azufre los nutrimentos con una ligera tendencia a ser mejores (Cuadro 1, Figura 1). En el caso de la Urea Granulada, el resultado es interesante y concordante al encontrado en Pérez Zeledón por Barrantes y Chaves (2003), en el sentido de que en ambas experiencias utilizando diferentes fuentes de N, dicho producto reflejó los resultados industriales más bajos.

Por otra parte, tal como se indicó anteriormente, los resultados obtenidos no permiten definir claras tendencias sobre el efecto de las fuentes nitrogenadas sobre los rendimientos agroindustriales, por lo que la información recavada y aquí mostrada se considera preliminar. Es oportuno mencionar que la edad temprana de cosecha del Ciclo Planta (10 meses, por motivos de fuerza mayor) probablemente podría haber afectado la expresión de los resultados, pues normalmente en este ciclo, en la zona de Turrialba, la misma se realiza a los 18 meses y las siguientes cada 12 meses, tal como se hizo en el segundo corte del experimento. Además, la variedad utilizada B77-95 es una caña de crecimiento lento, principalmente en Ciclo Planta, efecto que pudo haberse sumado al anterior. Por tanto, practicar al menos 4 cosechas en esta investigación, será determinante para obtener resultados de mayor confiabilidad.

CONCLUSIONES

Con base en las condiciones de clima y suelo prevalecientes en el lugar donde se realizó la presente investigación, se concluye lo siguiente:

a. La fertilización nitrogenada incrementó los rendimientos productivos (TM/ha de caña y azúcar) de manera ligeramente superior, con respecto al tratamiento sin N (Testigo), excepto en el caso de la Urea Granular, no encontrándose diferencias estadísticas significativas, según la Prueba de Tuckey al 5 %.
b. Las fuentes nitrogenadas Urea con Azufre y Nitrato de Potasio resultaron ser las mejores opciones, aunque la tendencia del incremento en los rendimientos productivos (TM/ha de caña y azúcar), no fue contundente ni consistente. Ambas fuentes superaron al Testigo sin N en 0,60 TM (5,11%) y 0,59 TM (5,03%) de azúcar/ha, respectivamente.
c. El elemento acompañante en la formulación comercial, se destacó y tuvo alguna influencia principalmente en el caso del Rendimiento Industrial, siendo el Magnesio y el Azufre los nutrimentos con mejor tendencia a ser los más influyentes (efecto sinérgico) en esta variable de calidad.
d. La Urea Granular fue la fuente nitrogenada que más afectó negativamente la calidad de los jugos de la caña, pues se encontró una disminución de un 6% con respecto al Testigo sin N (7,07 kg azúcar/t).
e. Practicar un mayor número de cosechas en este experimento es fundamental, pues de esta forma se logrará definir tendencias con mayor consistencia y confiabilidad.

LITERATURA CITADA

1. BARRANTES, J.C.; CHAVES, M., 2003. Efecto de Seis Fuentes Nitrogenada Sobre la Producción Agroindustrial de Caña de Azúcar (Saccharum spp), en un Ultisol de Pérez Zeledón, Costa Rica. Promedio de Cuatro Cosechas. In: Congreso ATACORI "Ing. Agr. José Luis Corrales Rodríguez, XV, Guanacaste, Costa Rica, 2003. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica. p: 299-304.

2. CHAVES, M., 1999. El Nitrógeno, Fósforo y Potasio en la Caña de Azúcar. San José, Costa Rica, LAICA-DIECA, Setiembre. 130 p.

3. DIRECCION DE INVESTIGACION Y EXTENSION DE LA CAÑA DE AZUCAR. 1997. Informe Anual 1996. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA p. 129-132.

DOSIS INTERACTIVAS DE NITRÓGENO Y POTASIO EN LA FERTILIZACION DE LA CAÑA DE AZUCAR, Y SU EFECTO SOBRE LOS RENDIMIENTOS AGROINDUSTRIALES. PROMEDIO DE TRES COSECHAS. CAÑAS, GUANACASTE

Álvaro Angulo M., Marco Chaves S., Gerardo Guzmán
Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar
E-mail: aangulo@laica.co.cr, machavezs@laica.co.cr, gguzaman@laica.co.cr

RESUMEN

Los macro nutrimentos N y K constituyen junto con el P, la base fundamental de la fertilización de la caña de azúcar en la mayoría de países del mundo, como lo confirman los importantes beneficios productivos obtenidos en los rendimientos agroindustriales. En el caso del N las investigaciones revelan su efecto inductor directo en favor del tonelaje de caña (TM/ha), lo que resulta productivamente interesante si consideramos que los diagnósticos de fertilidad revelan insuficiencia en la mayoría de suelos agrícolas de Guanacaste. Por otra parte, el K si bien es cierto que en muchos sitios existe suficiencia en los suelos, esta se ve limitada por causa de las Relaciones Catiónicas altas en Ca y Mg, lo que genera desbalances nutricionales. Con el propósito de evaluar el efecto interactivo de dosis crecientes de N y K y sus efectos benéficos en la caña de azúcar, se estableció el presente experimento en el CURDTS, ubicado en Cañas, Guanacaste, a una altitud de 12 msnm; localizado a 10° 19' 34" Latitud Norte y 85° 09' 10" Longitud Oeste, cuya precipitación promedio en la zona es de 1.670 mm/año. Se utilizó un Diseño Experimental de Bloques Completos al Azar, con tres repeticiones. Se cultivó la variedad SP 81-3250. Las Dosis de N estudiadas fueron: 0, 60, 120 y 180 kg/ha y las de K: 0, 50, 100 y 150 kg de K_2O/ha. Se utilizó como fuente de N Urea 46 % de N y en el caso del Potasio KCl 60% K_2O. Se aplicó todo el P al momento de realizar la siembra con 80 kg de P_2O_5 /ha. La cosecha, quemando la plantación, se realizó a los 11 meses en ciclo de planta y 12 en soca. El análisis de resultados revela que hubo diferencias estadísticas significativas para las variables Rendimiento Industrial (kg sacarosa/TM), producción de caña y azúcar (TM/ha). Se confirmó un efecto inductor o contrariamente limitante de la fertilización N/K sobre los rendimientos productivos, siendo el N un factor determinante en la producción de caña/ha. Dosis altas de N no parecieron afectar negativamente la calidad de los jugos, ni tampoco el K en mejorarlos como aduce la teoría; sin embargo, la interacción de ambos nutrimentos genera un efecto conjunto y promotor de mejoramiento muy favorable. Se concluye desde la perspectiva técnico-económica que la dosis mínima de aplicación de N para obtener rendimientos satisfactorios corresponde a 120 kg N/ha, aunque la dosis de 180 kg de N/ha promovió los mayores tonelajes de caña por hectárea, influyendo de manera directa sobre el azúcar producida. La adición interactiva de 60 kg de N y 50 kg de K_2O/ha favorecieron la mayor Concentración de Sacarosa (119,01 kg/t) como promedio luego de tres cosechas, no evidenciándose como ha señalado la teoría, una afección de las concentraciones con el uso de altas dosis de N. La mayor producción de caña promedio de tres cosechas, se registró al adicionar una dosis interactiva de 180 kg de N y 100 kg de K_2O/ha, con lo cual se alcanzó el mayor tonelaje (33,29 TM/ha); contrariamente, la menor producción promedio (73,62 TM/ha) la mostró la aplicación de 150 kg K_2O/ha Sin adición de N. La diferencia entre ambos tratamientos fue de 59,67 TM de caña/ha equivalente a un significativo 81,1%. Dichos tratamientos proyectaron también su tendencia al azúcar, al producir 15,83 TM/ha y 8,54 TM de azúcar/ha, respectivamente, para una importante diferencia de 7,29 TM (85,4%). Para efectos prácticos comerciales, pareciera que la interacción 180 – 100 de N y K_2O/ha resulta ser la mejor para las condiciones y lugar en que se desarrollo el experimento. Resulta por tanto, imprescindible evaluar y determinar el nivel de N/K óptimo para cada finca y plantación, esto en función de las condiciones edafoclimáticas, agronómicas y de manejo propias de cada condición.

INTRODUCCIÓN

El N y el K son dos nutrimentos esenciales que la caña de azúcar requiere y absorbe en grandes cantidades durante su ciclo de vida, ya que intervienen en diversas reacciones metabólicas que involucran procesos de crecimiento y desarrollo importantes en la planta, como lo confirmaran Chaves *et al* (1997) al referirse sobre la importancia de estos nutrimentos en la nutrición de la caña de azúcar, específicamente el N como promotor del tonelaje y el K como mejorador e inductor de la concentración del azúcar.

Por su parte, el N es un componente estructural importante de la molécula de clorofila, la cual participa en los procesos básicos de la fotosíntesis; también se ha comprobado su participación en la relación con el grosor y la longitud de los tallos de la caña. Se menciona además, que existe una relación sinérgica alta de comportamiento entre el N y el K. Los diagnósticos de fertilidad realizados en el país, señalan que la mayoría de los suelos cañeros manifiestan insuficiencia de N (Chaves *et al* 1994).

Por lo general, la extracción de este nutrimento por parte de la caña de azúcar se encuentra en valores muy variables que se ubican en el intervalo 0,44 – 2,24 kg/TM de tallos, con un promedio próximo a 0,93 kg de N/TM caña producida. El nivel optimo foliar se encuentra ubicado en el rango de 1,50 – 2,70% (Peso Seco). En cuanto al manejo de la fertilización nitrogenada se admite que aplicaciones con Dosis altas y tardías del nutrimento afectan o pueden afectar la calidad industrial del jugo en la fábrica. Precisamente en Guanacaste las mejores respuestas de la caña de azúcar se han logrado con la aplicación entre 80 y 150 kg N/ha en el Ciclo Planta, y de 100 a 150 kg N/ha en Soca, como lo señalara Chaves (1999ab, 2003).

En lo que concierne al K se le reconoce su papel importante y determinante como activador enzimático, también por su participación en el transporte de carbohidratos, como factor ion co-transportador de azucares dentro de la planta. También se ha comprobado su importancia en los procesos de apertura y cierre de estomas al participar como vehículo del intercambio gaseoso. Se ha determinado que una insuficiencia de K en la planta induce la formación de azucares reductores, afectando con ello la presencia de sacarosa.

El contenido óptimo foliar de K se ubica en el ámbito de 0,62 – 2,00 % (Peso Seco) y la extracción promedio por la caña de azúcar esta próximo a 1,65 kg/ha. La mejor respuesta de la caña a la adición de ese nutrimento se ubica entre 80 – 100 kg de K_2O/ha en Caña Planta y 80 – 140 kg en el Ciclo de Soca para la Región de Guanacaste (Chaves 1999ab).

OBJETIVO

El objetivo del experimento fue evaluar el efecto agroindustrial inducido por la interacción de cuatro Dosis crecientes de N y K, en la variedad comercial SP 81-3250.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se estableció en los terrenos del Colegio Universitario del Riego y Desarrollo del Trópico Seco (CURDTS), ubicado en Cañas, Guanacaste, a una altitud de 12 msnm; localizado a 10° 19' 34" Latitud Norte y 85° 09' 10" Longitud Oeste, con una precipitación total anual de la zona de 1.670 mm /año. El experimento se estableció en un suelo Inceptisol con características eutróficas de fertilidad media. Se empleo un Diseño Experimental de Bloques Completos al Azar con tres repeticiones. Todas las parcelas estuvieron conformadas por 5 surcos de 10 m de largo.

Los tratamientos fueron aplicados en un suelo de textura Franco-Arenosa del orden taxonómico Inceptisol, cuyo contenido químico medido en cmol (+)/l fue el siguiente: pH 6,3 y Acidez de 0,10 cmol (+)/l; Ca 15,75; Mg 4,86 y K 0,46. Las concentraciones de micronutrimentos valoradas en µ/ml fueron por su parte de: P 21; Zn 3; Cu 12; Mn 7 y Fe 65. La CICE alcanzó un valor de 21,17 cmol (+)/l y el contenido de Materia Orgánica de 2,69%.

La fertilización correspondió a la aplicación al suelo de los tratamientos, que en el caso del N las Dosis fueron: 0, 60, 120 y 180 kg N/ha. Para el K fueron: 0, 50, 100 y 150 kg de K_2O/ha, el P se aplicó todo al momento de realizar la siembra con 80 kg de P_2O_5/ha. La fertilización se fraccionó en dos épocas, la primera a los 45 días después de la siembra y la segunda a los 90 (DDS). Se utilizó como fuente nitrogenada Urea 46 % N y de Potasio KCl 60 % K_2O. Como material de siembra se cultivó la variedad SP 81-3250 cosechada quemada a la edad de 11 meses en ciclo de caña planta y 12 meses en soca. La plantación fue regada en el periodo seco (enero-mayo).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el estudio confirman la importancia de la fertilización con N/K para la caña de azúcar, y los efectos inducidos por la combinación interactiva entre ambos nutrimentos; como también el efecto individual de cada uno de ellos sobre los rendimientos agroindustriales de la caña.

A) Primera Cosecha

De acuerdo con la información de la primera cosecha, se evidencia la existencia de diferencias significativas para las variables Rendimiento Industrial (Tuckey P > 0,12%); también hubo diferencias significativas para la producción de caña y azúcar/ha (P ≤ 0,01%). El grupo de variables del jugo: Brix, Pol, Pureza y Fibra no mostraron diferencias estadísticas significativas.

El Cuadro 1 presenta los valores obtenidos de la interacción N/K y el correspondiente análisis por grupo para cada nutrimento. Se observan notorias diferencias entre tratamientos como resultado de la combinación de factores.

En lo concerniente a la Concentración de Sacarosa en los tallos se evidenció una tendencia clara entre los tratamientos de N y K y sus diversas combinaciones. Los valores extremos fueron de 103,88 a 116,17 kg de sacarosa/t para una amplitud de 12,29 kg entre ambos. La mejor concentración de sacarosa (116,17 kg/t) en esta primera cosecha correspondió a la interacción N-K: 180-50 kg, el cual fue apenas levemente superior a varias combinaciones de N-K en la fertilización, entre las que destaca 120-50 con 115,65 kg.

La Producción de Caña/ha fue también muy variable con valores extremos altamente divergentes entre 88,43-145,77 TM/ha, para una significativa amplitud de 57,34 TM. El tonelaje fue máximo cuando se aplicó la Dosis superior de N de 180 kg sin K, tratamiento estadísticamente significativo (P ≥ 0,01Tuckey). Se confirma asimismo, el efecto drástico sobre la producción de caña cuando no se adicionó N en la fertilización, como lo revelan los tratamientos N° 1, 2 y 3, contenidos en el Cuadro1. También se observó producciones satisfactorios cuando se aplicó combinaciones intermedias de N y Dosis altas de K (120 - 150 kg de N-K_2O/ha).

En cuanto a la Producción de Azúcar/ha hubo diferencias significativas entre los tratamientos estudiados (Tuckey P ≤ 0,01%). La productividad varió entre 9,99 y 16,55 TM/ha, para una amplitud de 6,56 TM. La mejor producción la alcanzó al igual que con la caña, la combinación de 180 kg de N sin K. El grupo de combinaciones donde se aplicó Dosis entre 120 y 180 kg de N/ha y las respectivas Dosis de K, alcanzaron las mejores productividades del experimento. De esta forma, el análisis de contrastes (P > 0,01%) confirma un efecto inductor superior del N sobre el K en la producción de caña y azúcar/ha, ratificándose con esto el efecto por nutrimento

CUADRO 1
Resultados Agroindustriales del Experimento N-K en Caña de Azúcar. PRIMERA COSECHA. CURDTS, Cañas Guanacaste.

Tratamientos		Porciento				Rendimiento kg azúcar /t	TM/ha		Relación Sacarosa
N	K	Brix	Pol	Pureza	Fibra		Caña	Azúcar	
0	50	22,23	20,02	90,15	15,50	110,96	103,33 de	11,47 ef	8,9
0	100	22,03	20,05	90,90	15,52	111,61	102,90 de	11,48 ef	9,0
0	150	22,90	20,58	89,90	15,65	113,01	88,43 e	9,99 f	8,8
60	0	21,63	19,36	89,48	14,30	110,89	111,.90 cde	12,74 cde	9,0
60	50	22,63	20,75	91,12	15,20	115,17	124,10 cde	14,29 bcd	8,7
60	100	21,33	18,85	88,24	15,67	103,88	117,80 cde	12,24 cde	9,6
60	150	22,27	20,42	91,64	15,27	111,07	132,23 bcd	14,69 bcd	9,0
120	0	22,60	20,18	89,39	15,97	109,93	121,43 cde	13,35 bcd	9,1
120	50	21,80	19,43	87,84	15,61	105,51	125,33 cde	13,22 bcd	9,5
120	100	22,03	20,11	91,29	15,18	115,29	132,77 bcd	15,31 bc	8,7
120	150	22,80	20,65	90,59	15,87	115,65	142,30 ab	16,46 ab	8,6
180	0	21,77	19,94	91,31	14,71	113,56	145,77 a	16,55 a	8,8
180	50	22,70	20,75	91,52	14,63	116,17	135,97 bcd	15,80 ab	8,6
180	100	22,03	20,32	92,12	15,37	114,44	140,43 ab	16,07 ab	8,7
180	150	21,60	19,33	89,42	14,12	109,57	139,23 ab	15,26 ab	9,1
Promedio		22,16	20,05	90,33	15,24	111,78	124,46	13,93	9,0
CV (%)		3,94	5,33	3,39	4,82	6.,87	11,54	12,47	6,7

Medias con diferente letras difieren estadisticamente entres si, según prueba Tukey (P ≤ 0,05)

en la fertilización; la tendencia de mejor respuesta de las Dosis varió entre los 120 y los 180 kg de N/ha, siendo en este caso la más productiva la adición de 180 kg N/ha en la caña de azúcar.

El Cuadro 2 desagrega e independiza por nutrimento el efecto de las Dosis estudiadas. Pese a que hubo un mejor resultado productivo promedio con el uso del N en cuanto a Concentración de Sacarosa (kg/t) y de K en la producción de caña y azúcar (TM/ha), en realidad las diferencias son muy pequeñas y poco relevantes. La adición de N marcó un crecimiento lineal para los tonelajes de caña y azúcar/ha; con el K el comportamiento fue más errático.

De acuerdo con ese Cuadro las Dosis de N más eficientes para incrementar y maximizar la Concentración de Sacarosa, la producción de caña y el azúcar fueron: 0 – 180 – 180 kg/ha, respectivamente. Para el caso del K fueron: 150 – 0 – 0 kg/ha, respectivamente.

De manera resumida el tratamiento de mayor Concentración de Sacarosa se dio con la interacción 180 kg de N/ha con 50 kg de K_2O/ha; mientras que en producción de caña y azúcar (TM/ha) fue la Dosis de 180 kg de N/ha sin K. Al valorar contrariamente el efecto menor y por tanto más limitante, los comportamientos recayeron sobre la Dosis máximas de 60 y 100 kg de N-K_2O/ha para las mismas variables, respectivamente.

B) Segunda Cosecha

Los resultados obtenidos en la segunda cosecha evidencian (Cuadro 3) en el caso de las variables calidad de jugos: Brix, Pol, Pureza, Fibra que no hubo diferencias estadísticas notables, tanto para las Dosis como su interacción. La Concentración de Sacarosa en los tallos no mostró diferencias estadísticas significativas, sin embargo, el mejor Rendimiento Industrial varió entre valores extremos de 117,80 a 110,87 kg de sacarosa/t, para una amplitud de 6,93 kg. La mayor Concentración (117,80 kg) se alcanzó con la interacción 120 – 100 kg de N y K_2O/ha, respectivamente; contrariamente la menor con 120 – 150 kg de N y K_2O/ha, respectivamente.

Las variables productivas de caña y azúcar si mostraron diferencias estadísticas, tanto para las Dosis como para la interacción (P > 0,01%). Respecto la producción de caña por hectárea hubo diferencias marcadas entre las diferentes combinaciones, como se muestra en el Cuadro 3.

Hubo en este ciclo vegetativo una marcada y significativa reducción de los tonelajes (TM/ha) cuando se compararon con los del resto de cosechas, como se infiere de los promedios generales siguientes correspondientes a las tres cosechas realizadas:

CUADRO 2
Promedios Agroindustriales Según Dosis de N y K,
PRIMERA COSECHA.

Dosis (kg/ha)	Pol	Pureza	Fibra	Rendimiento (kg azúcar/t)	TM/ha		Relación Sacarosa
					Caña	Azúcar	
				NITRÓGENO			
0	20,22	90,32	15,56	116,01	98,22	10,98	8,9
60	19,85	90,12	15,11	110,25	121,51	13,49	9,1
120	20,09	89,78	15,66	111,60	130,46	14,59	9,0
180	20,08	91,09	14,71	113,44	140,35	15,92	8,8
Promedio	20,06	90,33	15,26	112,83	122,64	13,75	8,9
				POTASIO			
0	19,83	90,06	14,99	111,46	126,37	14,21	9,0
50	20,24	90,16	15,23	111,95	122,18	13,70	8,9
100	18,83	90,64	15,44	111,31	123,48	13,78	9,0
150	20,25	90,39	15,23	112,33	125,55	14,10	8,9
Promedio	19,79	90,31	15,22	111,76	124,40	13,95	8,9
Media General *	20,05	90,33	15,24	111,78	124,46	13,93	9,0

** Corresponde al promedio general de todo el experimento,*

- PRIMERA: 124,46
- SEGUNDA: 90,50
- TERCERA: 123,45
- PROMEDIO: 113,03

Comparativamente el hecho de aplicar una Dosis alta de N o No aplicar N en la fertilización, provocó una diferencia marcada en las toneladas de caña producidas por hectárea; por ejemplo, los tratamientos sin N mostraron una merma aproximada de 23,8 TM respecto al promedio general y de 45,64 TM caña /ha en relación al mejor tratamiento (180 – 150 de N-K_2O); en forma similar ocurrió con el grupo de tratamientos donde se adicionó una dosis media de N de 120 kg N/ha, en la cual declinó el tonelaje en 16,5 TM caña/ha, respecto a la aplicación mayor del N.

El azúcar por hectárea fue influida y afectada principalmente por el tonelaje de caña, por lo que es evidente que las mayores productividades de azúcar correspondieron a los tratamientos de mayor tonelaje (120 – 150 y 180 – 100 kg). Por el contrario, las menores producciones de azúcar /ha se obtuvieron cuando no se aplicó N en la fertilización, lo cual representó una diferencia de 4,12 TM azúcar /ha (Cuadro 3).

La cantidad de caña necesaria para fabricar una tonelada de azúcar (Relación Sacarosa), es un indicador importante que permite evaluar la eficiencia productiva y económica. En el presente caso las diferencias no fueron muy marcadas quizás porque la concentración de sacarosa en los tallos fue en términos generales muy similar entre los tratamientos evaluados.

El Cuadro 4 desagrega e independiza según nutrimento el efecto de las Dosis estudiadas. En el presente caso hubo un mejor resultado productivo promedio con el uso del K en cuanto a Concentración de Sacarosa (kg/t), producción de caña y azúcar (TM/ha), pese a lo cual las diferencias fueron al igual que en la primera cosecha, muy pequeñas y poco relevantes. La adición de N marcó un decrecimiento lineal de la concentración de sacarosa, y por el contrario, un crecimiento lineal para los tonelajes de caña y azúcar/ha; con el K el comportamiento fue como aconteció en la primera cosecha, errático para los tonelajes de caña y azúcar/ha y decreciente linealmente en el caso del Rendimiento Industrial (kg sacarosa/t).

De acuerdo con ese Cuadro las Dosis de N más eficientes para incrementar y maximizar la Concentración de Sacarosa, la producción de caña y el azúcar fueron: 0 – 180 – 180 kg/ha, respectivamente, igual a la primera

CUADRO 3
Resultados Agroindustriales del Experimento N-K en Caña de Azúcar. SEGUNDA COSECHA. CURDTS, Cañas, Guanacaste.

Tratamientos		Porciento				Rendimiento kg azúcar /t	TM / ha		Relación Sacarosa
N	K	Brix	Pol	Pureza	Fibra		Caña	Azúcar	
0	50	22,20	20,06	90,35	14,89	116,40 a	67,96 fg	7,94 ed	8,6
0	100	22,80	20,26	88,92	15,15	115,80 a	75,00 feg	8,64 cde	8,6
0	150	22,40	20,25	90,43	15,19	116,62 a	57,10g	6,65 e	8,6
60	0	22,53	20,30	90,19	15,03	117,37 a	90,21 b-e	10,62 a-d	8,5
60	50	21,23	19,98	89,89	14,14	117,99 a	92,86 a-e	10,97 abc	8,5
60	100	21,63	19,45	89,90	14,89	112,58 a	78,34 dfe	8,79 b-e	8,9
60	150	21,86	19,88	90,88	14,76	116,65 a	88,00 c-f	10,27 a-d	8,6
120	0	22,26	20,03	89,96	14,79	116,19 a	92,90 a-e	10,79 abc	8,6
120	50	22,40	19,84	88,65	14,67	114,78 a	93,44 a-e	10,73 a-d	8,7
120	100	21,06	20,22	91,61	14,96	117,80 a	96,86 a-e	11,45 abc	8,5
120	150	22,30	19,21	90,20	15,08	110,87 a	109,11 ab	12,13 a	9,0
180	0	21,23	20,10	90,14	14,99	116,20 a	102,80abc	11,92 a	8,6
180	50	22,63	19,50	90,13	14,62	114,00 a	101,66abc	11,63 ab	8,8
180	100	22,13	19,91	89,97	15,02	114,92 a	112,33 a	12,94 a	8,7
180	150	21,66	19,48	89,88	14,57	113,83 a	98,90 a-d	11,24 abc	8,8
Promedio		22,09	19,90	90,07	14,85	115,47	90,50	10,45	8,7
CV (%)		2,96	6,46	1,71	6,27	4,53	13,91	16,24	4,59

Medias con diferente letras difieren estadisticamente entres si, según prueba Tukey (P ≤ 0,05)

CUADRO 4
Promedios Agroindustriales Según Dosis de N y K.
SEGUNDA COSECHA.

Dosis (kg/ha)	Pol	Pureza	Fibra	Rendimiento (kg azúcar/t)	TM/ha		Relación Sacarosa
					Caña	Azúcar	
				NITRÓGENO			
0	20,19	89,90	15,08	116,27	66,69	7,74	8,6
60	19,90	90,22	14,70	116,15	87,35	10,16	8,6
120	19,83	90,10	14,88	114,91	98,08	11,28	8,7
180	19,75	90,03	14,80	114,74	103,92	11,93	8,7
Promedio	19,92	90,06	14,86	115,52	89,01	10,28	8,6
				POTASIO			
0	20,14	90,10	14,94	116,59	95,30	11,11	8,6
50	19,85	89,76	14,58	115,79	88,98	10,32	8,7
100	19,96	90,10	15,01	115,28	90,63	10,46	8,7
150	19,71	90,35	14,90	114,49	88,28	10,07	8,8
Promedio	19,91	90,08	14,86	115,54	90,80	10,49	8,7
Media General *	19,90	90,07	14,85	115,47	90,50	10,45	8,7

** Corresponde al promedio general de todo el experimento.*

cosecha. Para el caso del K fueron: 0 – 0 – 0 kg/ha, respectivamente, por lo que la fertilización con este nutrimento no mostró efecto alguno.

De manera resumida el tratamiento de mayor Concentración de Sacarosa se dio según el Cuadro 3, con la interacción 120 kg de N/ha con 100 kg de K_2O/ha; mientras que en producción de caña y azúcar (TM/ha) fueron las Dosis en interacción de 180 kg de N/ha y 100 kg de K_2O/ha. Al valorar contrariamente el efecto menor y por tanto más limitante, los comportamientos recayeron sobre la Dosis máximas de 120 y 150 kg de N-K_2O/ha para la sacarosa y de 0 – 150 para la caña y el azúcar, respectivamente.

C) Tercera Cosecha

Los datos de la tercera cosecha indican, según el Cuadro 5, un comportamiento similar al obtenido en la segunda cosecha, donde las variables industriales, propiamente el Brix, Pol, Pureza, Fibra y Rendimiento Industrial no mostraron diferencias estadísticas significativas (P > 0,05% Tuckey). Mientras tanto, la producción de caña y azúcar por hectárea si mostraron efectos beneficiosos de la fertilización N-K a un nivel de significancia estadística (P > 0,01).

En general durante esta cosecha el Rendimiento Industrial alcanzo cifras importantes en la Concentración de Sacarosa de los tallos, entre 10,9 % a 12,6 %, sin existir una tendencia clara a favor de las combinaciones de N/K (altas y bajas). Sin embargo, sobresalen levemente los dos tratamientos con las dosis mayores de N/K, sin ser estadísticamente significativos (P > 0,05%), como se anota en el Cuadro 5.

La producción de caña por hectárea evidenció un efecto positivo de la fertilización, donde el tonelaje por hectárea se incrementó conforme se aumentaron las Dosis de N.

Este efecto es similar al reportado en otros estudios realizados con diferentes Dosis de N/K en la región de Guanacaste. Probablemente el mayor efecto de la combinación N/K lo aporte el N virtud de su función y funcionabilidad en la planta. De igual forma los tratamientos donde no se aplicó N mostraron una merma considerable en el tonelaje que fue un -26,2% (-32,3 TM caña/ha) inferior al promedio general y un -38,1 (-55,6 TM/ha) menor en relación al mejor tonelaje, siendo estos resultados estadísticamente significativos (P ≤ 0,01% Tuckey).

También se observó un comportamiento diferenciado entre los tratamiento para las toneladas de azúcar producidas por hectárea, siendo superior aquellos tratamientos donde se adiciono las mayores Dosis de N/K y que coincidentemente fueron también las mejores producciones de caña por hectárea.

El Cuadro 6 muestra de manera independiente y desagregada por nutrimento el efecto de las Dosis evaluadas. A pesar de que hubo un mejor resultado productivo

CUADRO 5
Resultados Agroindustriales del Experimento N-K en Caña de Azúcar. TERCERA COSECHA. CURDTS, Cañas, Guanacaste.

Tratamientos N	Tratamientos K	Porciento Brix	Porciento Pol	Porciento Pureza	Porciento Fibra	Rendimiento kg azúcar /t	TM / ha Caña	TM / ha Azúcar	Relación Sacarosa
0	50	21,76	20,05	92,15	13,67	121,22 ab	96,66 g	11,69 ef	8,3
0	100	21,36	19,64	91,95	13,82	118,27 ab	101,36 fg	11,96 e	8,5
0	150	22,10	22,02	90,55	13,56	120,40 ab	75,33 h	9,05 f	8,3
60	0	21,83	19,81	90,69	13,24	120,37 ab	115,33 ef	14,01 c-e	8,3
60	50	22,26	20,51	92,09	13,89	123,19 a	129,76 b-e	15,98 a-d	8,1
60	100	22,23	20,29	91,25	13,53	122,50 a	127,13 ede	15,62 b-d	8,2
60	150	21,83	20,18	91,77	14,49	119,60 ab	127,46 cde	15,25 b-d	8,4
120	0	20,46	18,63	90,79	14,31	109,65 b	122,76 de	13,52 de	9,2
120	50	21,40	19,19	89,61	13,14	114,66 ab	122,87 de	14,08 c-e	8,7
120	100	21,70	19,81	91,28	13,86	118,73 ab	137,30 a-d	16,26 a-d	8,4
120	150	21,23	18,82	89,17	12,82	114,81 ab	130,90 a-e	15,04 cd	8,7
180	0	21,26	19,15	90,07	13,16	115,79 ab	131,13 a-e	15,20 cd	8,6
180	50	22,03	19,87	90,19	13,69	116,91 ab	140,00 abc	16,37 a-c	8,6
180	100	22,30	20,47	92,11	12,98	125,91 a	147,10 a	18,50 a	8,0
180	150	21,66	20,68	92,60	14,31	123,14 a	146,67 ab	18,07 ab	8,1
Promedio		21,69	19,81	91,08	13,63	119,01	123,45	14,70	8,4
CV (%)		3,89	5,22	2,67	7,03	5,81	8,19	11,51	6,10

Medias con diferente letras difieren estadisticamente entres si, según prueba Tukey (P ≤ 0,05)

promedio cuando se adicionó N en cuanto a Concentración de Sacarosa (kg/t) y de K en la producción de caña y azúcar (TM/ha), las diferencias son al igual que aconteció en las dos cosechas anteriores, muy pequeñas y poco relevantes. La adición de N marcó un crecimiento lineal para el tonelaje de caña /ha; con el K el comportamiento fue errático como en los cortes previos.

De acuerdo con ese Cuadro las Dosis de N más eficientes para incrementar y maximizar la Concentración de Sacarosa, la producción de caña y el azúcar/ha fueron: 60 – 180 – 180 kg de N/ha, respectivamente. Para el caso del K fueron: 100 – 100 – 100 kg de K_2O/ha, respectivamente.

De manera resumida (Cuadro 5) el tratamiento de mayor Concentración de Sacarosa se dio con la interacción 180 kg de N/ha con 100 kg de K_2O/ha; lo mismo aconteció con la producción de caña y azúcar (TM/ha). Al valorar contrariamente el efecto más detrimental y por tanto más limitante, los comportamientos recayeron sobre la Dosis máximas de 120 y 0 kg de N-K_2O/ha para la sacarosa y 0 – 150 kg de N, K_2O/ha, para la caña y el azúcar, respectivamente.

D) Promedio de Tres Cosechas

El análisis promedio de las tres cosechas se presenta en el Cuadro 7, donde se observa que todas las variables correspondientes a los jugos: Brix, Pol, Pureza, Fibra y Rendimiento Industrial no mostraron diferencias estadísticas significativas (P > 0,05% Tuckey).

Se evidencia en los resultados de los diferentes tratamientos un comportamiento similar entre las Concentraciones de Sacarosa presentes en los tallos de la planta. La variación extrema de concentración se polarizó entre 119,01 y 111,14 kg/t de caña, para una amplitud de 7,87 kg (7,1%), sin presumir una tendencia definida de los tratamientos.

Fue notorio el mejoramiento incremental y sistemático de la Concentración de Sacarosa en los tallos (kg/t) conforme se avanzó en los ciclos vegetativos, como se demuestra a continuación para cada cosecha:

- PRIMERA: 111,78
- SEGUNDA: 115,47
- TERCERA: 119,01
- PROMEDIO: 113,03

CUADRO 6
Promedios Agroindustriales Según Dosis de N y K.
TERCERA COSECHA.

Dosis (kg/ha)	Pol	Pureza	Fibra	Rendimiento (kg azúcar/t)	TM/ha		Relación Sacarosa
					Caña	Azúcar	
				NITRÓGENO			
0	20,59	91,55	13,68	119,96	91,12	10,90	8,4
60	20,20	91,45	13,79	121,42	124,92	15,22	8,3
120	19,11	90,21	13,53	114,46	128,46	14,73	8,8
180	20,04	91,24	13,35	120,44	141,23	17,04	8,3
Promedio	19,98	91,11	13,59	119,07	121,43	14,47	8,4
				POTASIO			
0	19,20	90,52	13,57	115,27	123,07	14,24	8,7
50	19,91	91,01	13,60	118,99	122,32	14,53	8,4
100	20,05	91,65	13,55	121,35	128,22	15,59	8,3
150	20,43	91,02	13,80	119,49	120,09	14,35	8,4
Promedio	19,90	91,05	13,63	118,77	123,42	14,68	8,4
Media General *	19,81	91,08	13,63	119,01	123,45	14,70	8,4

** Corresponde al promedio general de todo el experimento.*

Referente a la producción de caña y azúcar por hectárea, se confirma claramente el efecto inductor combinado de la fertilización con N - K, lo cual mostró diferencias marcadas entre tratamientos a pesar de que las condiciones donde se condujo la evaluación fueron en términos generales favorables, por ser un suelo de fertilidad media, de textura Franco Arenosa y con riego complementario todo el año.

En el caso de los tonelajes de caña la productividad de caña (TM/ha) se situó y polarizó entre 133,29 y 73,62 TM, para una amplitud equivalente a 59,67 TM (44,8%), considerada bastante amplia y muy significativa como demostración del impacto de la interacción sobre esta variable.

Con la producción de azúcar/ha aconteció algo similar situándose los límites extremos de productividad entre 15,83 y 8,54 TM/ha, para una amplitud de 7,29 TM de azúcar/ha equivalente a un contundente 46,1%. El efecto diferencial verificado en esta variable, fue inducido por el tonelaje de caña, virtud de su efecto directo.

La productividad de azúcar (TM/ha) fue influenciada y fuertemente determinada por los tonelajes de caña, razón por la cual durante la segunda cosecha hubo una reducción importante en la cantidad de azúcar producida como se muestra a continuación:

- PRIMERA: 13,93
- SEGUNDA: 10,45
- TERCERA 14,70
- PROMEDIO: 13,02

En el Cuadro 8 se expone de forma desagregada e independiente para cada nutrimento, el efecto de las Dosis estudiadas. En este caso y como efecto promedio de las tres cosechas hubo un mejor resultado productivo con el uso del N en cuanto a Concentración de Sacarosa (kg/t), y del N sobre la producción de caña y azúcar (TM/ha), pese a lo cual las diferencias fueron al igual que en todas las tres cosechas, muy pequeñas y por consiguiente poco relevantes. La adición de N promovió y favoreció un crecimiento lineal en los tonelajes de caña y azúcar/ha; con el K el comportamiento fue como aconteció en las cosechas anteriores, errático para los tonelajes de caña y azúcar/ha y la concentración de sacarosa (kg sacarosa/t).

De acuerdo con el resultado y contenido de ese mismo Cuadro, las Dosis de N más eficientes para incrementar y maximizar la Concentración de Sacarosa, la producción de caña y el azúcar fueron: 60 – 180 – 180 kg/ha, respectivamente, igual que en cosechas anteriores. Para el caso del K fueron: 50 – 0 – 100 kg/ha, respectivamente,

CUADRO 7
Resultados Agroindustriales del Experimento N/K en Caña de Azúcar. PROMEDIO DE TRES COSECHAS. CURDTS, Cañas, Guanacaste.

Tratamientos		Porciento				Rendimiento kg azúcar /t	TM/ha		Relación Sacarosa
N	K	Brix	Pol	Pureza	Fibra		Caña	Azúcar	
0	50	22,06	20,05	90,98	14,69	116,19 ab	89,32 ef	10,37 fg	8,6
0	100	22,06	19,98	90,61	14,83	115,22 ab	93,08 de	10,69 e-g	8,7
0	150	22,49	20,28	90,29	14,80	116,66 ab	73,62 f	8,54 g	8,6
60	0	21,94	19,83	90,12	14,19	115,77 ab	106,81 cd	12,40 d-e	8,7
60	50	22,37	20,37	91,03	14,41	119,01 a	116,21 abc	13,84 a-d	8,4
60	100	21,73	19,53	89,79	14,69	112,54 ab	107,76 cd	12,16 d-f	9,0
60	150	21,98	20,15	91,44	14,84	117,02 ab	115,90 abc	13,55 b-d	8,6
120	0	21,78	19,61	90,05	15,02	111,93 ab	112,36 bc	12,55c-f	9,0
120	50	21,87	19,39	88,66	14,47	111,14 b	116,10 abc	12,78b-e	9,0
120	100	21,93	20,05	91,39	14,67	116,55 ab	122,31 abc	14,21 a-d	8,6
120	150	21,78	19,56	89,99	14,59	113,16 ab	130,67 a	14,82 ab	8,8
180	0	21,75	19,73	90,58	14,20	113,52 ab	125,45 ab	14,18 a-d	8,8
180	50	22,12	20,04	90,61	14,31	116,36 ab	125,43 ab	14,62 a-c	8,6
180	100	22,15	20,23	91,40	14,45	118,42 a	133,29 a	15,83 a	8,5
180	150	21,64	19,83	90,63	14,33	115,55 ab	127,15 ab	14,76 a-c	8,7
Promedio		21,98	19,91	90,50	14,56	115,27	113,03	13,02	8,7
CV (%)		2,24	3,24	1,68	3,77	3,76	9,23	10,17	3,96

Medias con diferente letras difieren estadisticamente entres si, según prueba Tukey ($P \leq 0,05$)

por lo que la fertilización con este nutrimento mostró un efecto diferente al de algunas cosechas anteriores.

En forma resumida puede asegurarse que el tratamiento de mayor Concentración de Sacarosa se dio según el Cuadro 7, con la interacción 60 kg de N/ha con 50 kg de K_2O/ha; mientras que en producción de caña y azúcar (TM/ha) fueron las Dosis en interacción de 180 kg de N/ha y 100 kg de K_2O/ha. Al valorar contrariamente el efecto menor y por consiguiente más limitante, los comportamientos recayeron sobre la Dosis máximas de 120 y 50 kg de N-K_2O/ha para la sacarosa y de 0 – 150 para la caña y el azúcar, respectivamente, igual que sucedió en la primera cosecha.

Con el objeto de resumir los mejores y más sobresalientes resultados relativos a la interacción N – K de mayor respuesta productiva, según dosis y cosecha para las tres principales variables agroindustriales, se expone el Cuadro 9. Como se infiere de dicho cuadro, la respuesta positiva de la caña a la adición de N fue clara, consistente y contundente, mostrando efecto hacia la dosis máxima de 180 kg/ha. La respuesta al K fue variable y circunstancial aunque necesaria, exceptuando en el Ciclo de Caña Planta donde no hubo respuesta.

Complementando dicha información se exponen las Figuras 1 y 2, en las cuales se anota la producción de caña y azúcar (TM/ha) promedio de tres cosechas, según Dosis de N y K_2O valorada, lo que permite visualizar las tendencias de productividad en función de esas variables.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos y la información recabada por el estudio, puede concluirse lo siguiente:

1. Queda nuevamente demostrada la importancia de la fertilización con N y K en la caña de azúcar, confirmando y ratificando la teoría de ser factores nutricionales determinantes para la productividad agroindustrial.

2. Virtud de lo anterior, la relación entre ambos nutrimentos implica sinergismos y posibles antagonismos competitivos, razón por la cual, debe procurarse identificar las dosis interactivas y los balances nutricionales óptimos para cada condición productiva

CUADRO 8
Promedios Agroindustriales Según Dosis de N y K. PROMEDIO DE TRES COSECHAS.

Dosis (kg/ha)	Pol	Pureza	Fibra	Rendimiento (kg azúcar/t)	TM/ha		Relación Sacarosa
					Caña	Azúcar	
				NITRÓGENO			
0	20,10	90,63	14,77	116,02	85,34	9,87	8,6
60	19,97	90,60	14,53	116,09	111,67	12,99	8,7
120	19,65	90,02	14,69	113,20	120,36	13,59	8,9
180	19,96	90,81	14,32	115,96	127,83	14,85	8,7
Promedio	*19,92*	*90,51*	*14,58*	*115,32*	*111,30*	*12,82*	*8,7*
				POTASIO			
0	19,72	90,25	14,47	113,74	114,87	13,04	8,8
50	19,96	90,32	14,47	115,68	111,77	12,90	8,6
100	19,95	90,80	14,66	115,68	114,11	13,22	8,7
150	19,96	90,59	14,64	115,60	111,84	12,92	8,7
Promedio	*19,90*	*90,49*	*14,56*	*115,17*	*113,15*	*13,02*	*8,7*
*Media General **	*19,91*	*90,50*	*14,56*	*115,27*	*113,03*	*13,02*	*8,7*

** Corresponde al promedio general de todo el experimento.*

CUADRO 9
Interacción N-K de Mayor Productividad Según Nutrimento, Dosis y Cosecha.

VARIABLE	COSECHA			
	1	2	3	PROMEDIO
CONCENTRACIÓN SACAROSA (kg/t)	180 – 50 *	120 – 100	180 – 100	60 - 50
CAÑA (TM/ha)	180 - 0	180 – 100	180 – 100	180 – 100
AZÚCAR (TM/ha)	180 - 0	180 – 100	180 – 100	180 – 100
RELACIÓN SACAROSA	180 - 50	60 - 0	180 - 100	60 - 50

** Corresponde a la Dosis de N – K2O dada en kg/ha.*

particular, sea esta localidad, tipo de suelo, variedad sembrada o condición climática.

3. Hubo diferencias estadísticas significativas, principalmente para la producción de caña (TM/ha) y en algunas cosechas para la de azúcar.

4. Cada cosecha mostró una tendencia de respuesta productiva diferente a las dosis de N – K adicionadas, por lo que no resulta conveniente establecer criterios genéricos, sino más bien fijar ámbitos de respuesta a las mismas.

5. El N resultó ser un factor nutricional más determinante e influyente respecto al K, sobre los índices de productividad de la plantación, fundamentalmente por su influencia sobre los tonelajes de caña (TM/ha).

6. En todos los grupos de combinaciones N-K estudiados siempre se encontró diferencias de producción en favor de la aplicación del N, evidenciando que el detrimento productivo fue menor conforme se incrementaron las dosis de N.

Figura 1. Producción de Caña y Azúcar (TM/ha) Según Dosis de N Aplicada

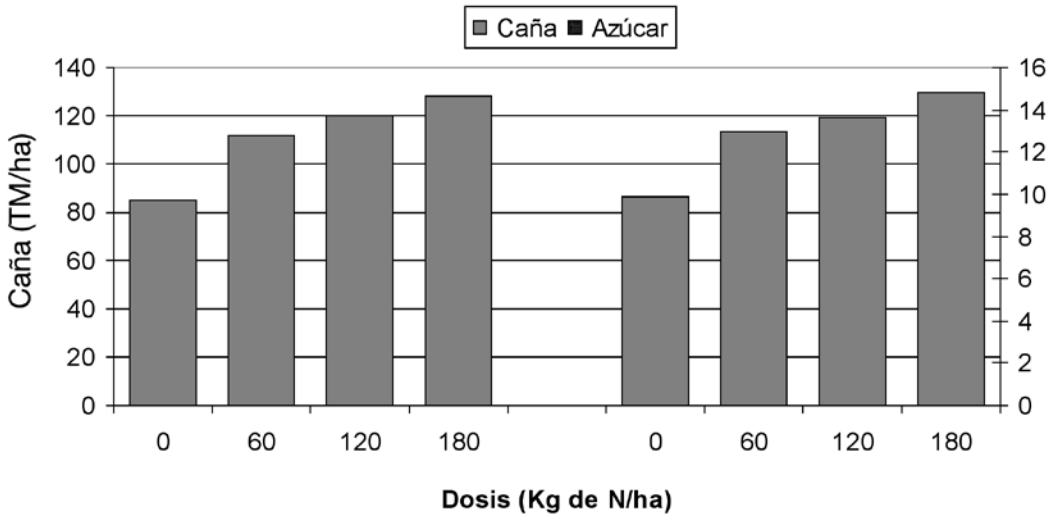


Figura 1

Figura 2. Producción de Caña y Azúcar (TM/ha) Según Dosis de K_2O Aplicado

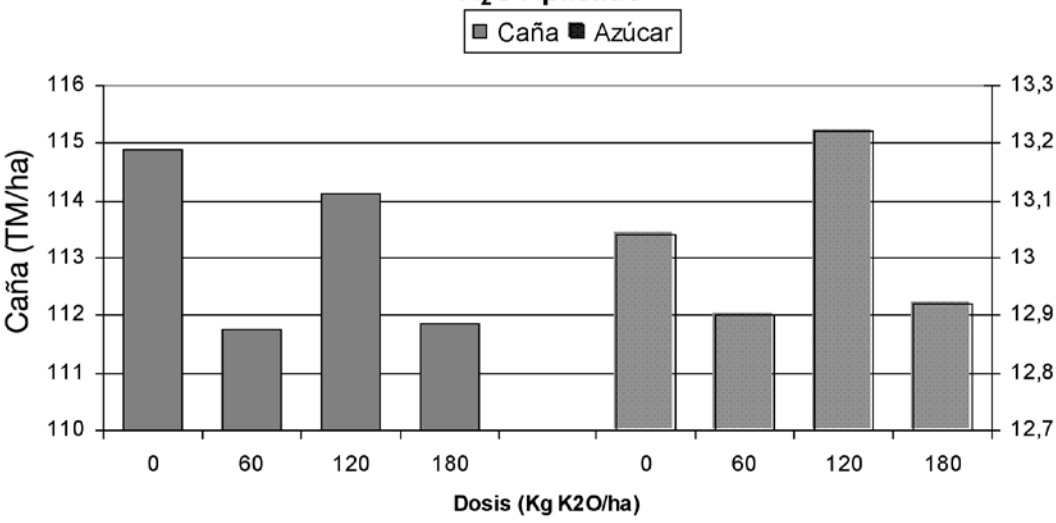


Figura 2

7. La adición interactiva de 60 kg de N y 50 kg de K_2O/ha favorecieron la mayor Concentración de Sacarosa (119,01 kg/t) como promedio luego de tres cosechas, no evidenciándose como ha señalado la teoría, una afección de las concentraciones con el uso de altas dosis de N.

8. La mayor diferencia de producción de caña por hectárea promedio de tres cosechas, se registró cuando se adicionó una dosis interactiva de 180 kg de N y 100 kg de K_2O/ha, con lo cual se alcanzó el mayor tonelaje (33,29 TM/ha); en tanto que la menor producción promedio (73,62 TM/ha), la mostró la

aplicación de 150 kg K_2O/ha Sin adición de N. La diferencia entre ambos tratamientos fue de 59,67 TM de caña/ha equivalente a un significativo 81,1%.

9. Dichos tratamientos marcaron y proyectaron también su tendencia a la productividad de azúcar, al producir 15,83 TM/ha y 8,54 TM de azúcar/ha, respectivamente, para una importante diferencia de 7,29 TM correspondiente al 85,4%.

10. Para efectos prácticos de aplicaciones comerciales, pareciera que la interacción 180 – 100 de N y K_2O/ha resulta ser la mejor para las condiciones y lugar en que se desarrollo el experimento.

11. Resulta imprescindible determinar el mejor nivel técnico-económico de la interacción N/K, para las condiciones propias y particulares de cada plantación de acuerdo a sus características edafoclimáticas y de manejo.

LITERATURA CITADA

1. CHAVES, M.; ALVARADO, A. 1994. Manejo de la Fertilización en Plantaciones de Caña de Azúcar (Saccharum spp) en Andisoles de Ladera de Costa Rica. In: World Congress of Soil Science. International Society of Soil Science (ISSS). Acapulco, México, 15 th Congress, del 11 al 15 de Julio de 1994. Memoria. Volumen 7º. p: 353-372.

2. CHAVES, M. 1996. Experiencias con la Fertilización de la Caña de Azúcar en Costa Rica. In: Congreso ATACORI "Cámara de Productores del Pacífico", 10, Guanacaste, Costa Rica, 1996. Memoria: San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica. p: 76-84.

3. CHAVES, M. 1999a. El Nitrógeno, Fósforo y Potasio en la Caña de Azúcar. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA. 130 p.

4. CHAVES, M. 1999b. Nutrición y Fertilización de la Caña de Azúcar en Costa Rica. In: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 11º, San José San José, Costa Rica, 1999. Memoria: Recursos Naturales y producción Animal. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos: EUNED. Volumen 3. p: 193-214.

5. CHAVES, M. 2003. Fertilización de la Caña de Azúcar en Costa Rica: Experiencias de los Últimos 20 Años (Periodo 1980-2000). In: Congreso ATACORI "Ing. Agr. José Luis Corrales Rodríguez", 15, Guanacaste, Costa Rica, 2003. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI). p: 49-54.

EFECTO DE LA APLICACIÓN FRACCIONADA DEL N-P-K, SOBRE LOS RENDIMIENTOS AGROINDUSTRIALES DE LA CAÑA DE AZUCAR, CULTIVADA EN UN INCEPTISOL DE ESPARZA, PUNTARENAS. PROMEDIO DE 2 COSECHAS

Carlos Villalobos M; Marco Chaves S.
Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el efecto del N-P-K aplicado de manera fraccionada, se estableció un experimento en un suelo del Orden Inceptisol en la localidad de Marañonal de Esparza, provincia de Puntarenas, con una altitud de 210 msnm, una condición climática de invierno y verano bien definida, con periodos aproximados de seis meses para cada estación. Para la evaluación se utilizó un Diseño Experimental de Bloques Completos al Azar con 4 repeticiones y 7 tratamientos, en los cuales se fraccionó el N-P-K (130, 100 y 130 kg/ha de N, P_2O_5 y K_2O, respectivamente) adicionado como fertilización básica. La misma se aplicó en dos o en tres partes según tratamiento: 1) a la siembra, 2) un mes (30 días) y 3) dos meses (60 días) en Ciclo Planta, y en Caña Soca: 1) al inicio de las lluvias, 2) al mes (30 días) y 3) dos meses (60 días), todos comparados contra un Testigo Absoluto sin fertilizante, para un total de 8 tratamientos. La adición de todo el P a la siembra y el fraccionamiento del N-K a los 30 y 60 días actuaron como Testigo Comercial. Se cultivó la variedad SP 79-22-33, cosechada a los diez meses en Ciclo Planta y 12 meses en Soca. El Testigo Absoluto fue siempre ampliamente superado por todos los otros 7 tratamientos, con rangos de incremento desde un 48,6% (3,22 TM) hasta un 72,8% (4,83 TM) en lo relativo a toneladas de azúcar/ha, para el promedio de 2 cosechas. El Análisis de Varianza reporta diferencias estadísticas significativas (5%) del Tratamiento N° 8 respecto al Testigo Absoluto en lo referente a toneladas de caña y de azúcar/ha para la segunda cosecha y el promedio de las dos cosechas; contrario a la primera cosecha, en donde no hubo diferencias significativas entre ninguno de los tratamientos. El tratamiento sin fertilización alcanzó en promedio el más alto Rendimiento Industrial (kg azúcar/t), seguido por el N° 2 el cual no contiene N. La mejor respuesta en producción de caña/ha se logró con el Tratamiento N° 8 en donde el N-P-K se aplicó fraccionado en 3 partes iguales (33,3%) cada una, seguido por el N° 7 en donde el NK se aplicó en 2 partes del 50% cada una en la primera y segunda época en ambos ciclos y, en tercer lugar el Testigo Comercial (N° 5) con fraccionamiento igual al anterior, pero con aplicación en segunda y tercera época. En las toneladas de azúcar/ha fue también el Tratamiento N° 8 el que presentó los mejores rendimientos, seguido por el N° 3 en donde el NK se aplicó en una sola dosis en segunda época y, en tercer lugar el N° 7 con el NK fraccionado en partes iguales aplicado en primera y segunda época. Se concluye con base en el promedio de las dos cosechas evaluadas, que en condiciones edafoclimáticas y de manejo similares a las presentes en la localidad del experimento, resulta imprescindible fertilizar el cultivo, y si bien el Análisis de Varianza no reporta diferencias significativas entre los tratamientos con fertilización, si se obtienen diferencias productivas de caña y azúcar/ha a favor del fraccionamiento de la fertilización, con mayor viabilidad para los Tratamientos N° 8, seguido por el N° 3 y el N° 7. El fraccionamiento en tres partes iguales resultó ser el más rentable al obtener la mayor utilidad económica. El Testigo Comercial por su parte, resultó económicamente inferior al resto de tratamientos, superando sólo al Testigo sin fertilización.

INTRODUCCION

La fertilidad de los suelos se convierte en un factor fundamental y por lo general limitante cuando su empleo acontece en torno a una actividad agrícola intensiva, como ocurre en el caso particular de la caña de azúcar, un cultivo altamente extractor de nutrimentos y por consiguiente agotador del suelo si no se hacen las compensaciones requeridas vía fertilización. Dicha compensación debe darse en términos de optimización

de la cantidad, la calidad, la época y el balance de nutrimentos adicionados, de manera tal que pueda reintegrarse (total o parcialmente) ese potencial nutricional disminuido, que junto con otros factores de la producción se requieren para que el cultivo pueda alcanzar un ciclo normal de desarrollo que permita hacer de esta actividad un oficio rentable y competitivo.

Algunas de las áreas de cultivo de caña de azúcar en la Región del Pacífico Central (Puntarenas) poseen suelos que se caracterizan por tener un bajo contenido de Materia Orgánica (M.O), bajo grado de fertilidad natural, distróficos y con un contenido de P que no satisface el nivel mínimo aceptable. Estas razones son suficientes para considerar la necesidad de evaluar el efecto de adicionar N-P-K de manera fraccionada y en épocas diferentes de aplicación, dado que se convierte la fertilización en una práctica a la que se le debe prestar gran atención en virtud no solamente del pago de la caña con base calidad, si no también, por los constantes incrementos de los productos fertilizantes que incrementan cada vez más los costos de producción.

Muy oportuno y aplicable sobre esta temática, es lo señalado por Chaves (1999b) en referencia al uso del P, en el sentido de que "*Resulta buen negocio revisar lo actuado y corregir lo necesario, con el objeto de racionalizar su empleo y maximizar sus beneficios en procura de lograr una gestión empresarial más competitiva y rentable en condiciones productivas tan difíciles como las actuales*".

Experiencias sobre el tema fueron realizadas en un experimento de aplicación fraccionada de N-P-K realizado en un Inceptisol de la región del Pacífico Seco (Cañas, Guanacaste) de Costa Rica, por Angulo, Chaves y Guzmán (1996), quienes demostraron luego de 4 cosechas, que las mayores productividades de caña y azúcar/ha se lograron cuando todo el N-P-K se adicionó de una sola vez al momento de realizar la siembra, superando al Testigo Comercial (P a la siembra y fraccionamiento en partes iguales del N-K a los 45 y 80 días) en 15,2 TM de caña y 1,98 TM de azúcar/ha, correspondientes al 11,8% y 12,3%, respectivamente. Dicho Tratamiento fue a su vez el más rentable.

Salazar y Rodríguez (2000) concluyeron, con base en un estudio similar efectuado en un suelo también Inceptisol de la región de San Carlos, de que si bien no hubo diferencias estadísticas significativas, si se presentaron diferencias productivas importantes; siendo la aplicación fraccionada del N - K en tres partes iguales a los 30, 60 y 90 días de edad la que alcanzó los mayores rendimientos en productividad de toneladas de caña y de azúcar por hectárea.

Con fundamento en la incuestionable importancia que la práctica de la fertilización tiene como inductor de productividad, la valiosa experiencia pragmática comercial acumulada, los criterios técnicos establecidos y vigentes, y porqué no decirlo, las dudas que aún persistan en torno al tema. Complementadas a los altos regimenes de lluvia prevalecientes en varias regiones cañeras del país, justifican como acción preventiva que se procure evitar o al menos minimizar las pérdidas que por lavado pudieran acontecer. Los resultados experimentales obtenidos en el país y otras naciones productoras de caña de azúcar, demuestran en términos generales una respuesta errática y muy variable en relación al fraccionamiento del fertilizante, lo cual debe sin embargo dilucidarse en consideración del alto costo laboral que ello implica en detrimento de la competitividad y rentabilidad de la actividad.

OBJETIVO

Evaluar comparativamente por medio de un experimento de campo realizado en un suelo del Orden Inceptisol de la localidad de Esparza, provincia de Puntarenas, el efecto de adicionar el N-P-K de manera fraccionada y en diferente época, respecto a un tratamiento Testigo sin aplicación de fertilizante, con el fin de valorar el efecto y determinar la opción más viable desde una perspectiva técnica, productiva y económica.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se estableció en junio del 2004 en la localidad de Marañonal de Esparza, Puntarenas, con una altitud de 210 msnm con Temperatura Media de 26 °C y una Precipitación Total Anual de 1.600 mm, en un suelo del Orden Taxonómico Inceptisol de topografía plana. El Diseño Experimental utilizado fue de Bloques Completos al Azar, con 4 repeticiones y una parcela útil de 67,5 m^2. La variedad comercial cultivada fue la SP 79-2233, clon que ha mostrado una muy buena adaptación a las condiciones climáticas y edáficas del lugar. La cosecha se realizó mediante corta manual y carga mecánica, a la edad de 10 meses en el Ciclo Planta y a los 12 meses en los Ciclos de Soca.

La fertilización básica aplicada fue la empleada y recomendada comercialmente en el lugar, cuyos niveles son de: 100, 130 y 130 kg de N, P_2O5 y K_2O, respectivamente, adicionados empleando Nitrato de Amonio, Triple Superfosfato y KCl, por medio de 7 Tratamientos diferentes; adicionalmente se utilizó un Testigo Absoluto sin fertilizante para un total de 8 Tratamientos. Las diferentes formas de fraccionamiento y las épocas de aplicación según cada tratamiento utilizado en caña planta fueron las siguientes:

PROGRAMA DE FERTILIZACIÓN - CAÑA PLANTA

TRATAMIENTO	SIEMBRA	30 DÍAS	60 DÍAS
1 *	0	0	0
2	P	1/2 K	1/2 K
3	P	NK	0
4	P	0	NK
5 **	P	1/2 NK	1/2 NK
6	PNK	0	0
7	P + 1/2 NK	1/2 NK	0
8	1/3 NPK	1/3 NPK	1/3 NPK

* *TESTIGO ABSOLUTO*
** *TESTIGO COMERCIAL*

Como se observa en dicho cuadro, todo el P se adicionó al fondo del surco al momento de realizar la siembra, exceptuando el Tratamiento N° 8, en el cual la adición del N-P-K fue igual (33,3%) en cada una de las tres épocas de aplicación evaluadas: siembra, 30 y 60 días posteriores, en cuyo caso el P se adicionó superficialmente en las dos últimas épocas. Para efectos comparativos y referenciales, se utilizó el Tratamiento N° 5 como Testigo Comercial, virtud de ser la práctica normal del agricultor. Dicho tratamiento incorporó todo el P al fondo del surco y fraccionó el N-K en partes iguales a los 30 y 60 días luego de efectuada la siembra. Obsérvese que en el Tratamiento N° 2 no se adicionó N.

En primer Ciclo de Caña Soca o Retoño no se adicionó P en ningún caso, además de que el criterio de evaluación lo marcó el inicio de las lluvias luego de acontecida la cosecha de la plantación. Por consiguiente la aplicación de los tratamientos quedó establecida como se describe a continuación:

PROGRAMA DE FERTILIZACIÓN - CAÑA SOCA

TRATAMIENTO	INICIO LLUVIAS	30 DÍAS	60 DÍAS
1 *	0	0	0
2	0	1/2 K	1/2 K
3	0	NK	0
4	0	0	NK
5 **	0	1/2 NK	1/2 NK
6	NK	0	0
7	1/2 NK	1/2 NK	0
8	1/3 NK	1/3 NK	1/3 NK

* *TESTIGO ABSOLUTO*
** *TESTIGO COMERCIAL*

Caracterización Química del Suelo

Las características químicas prevalecientes en el suelo antes de establecer la prueba experimental, interpretada con base en una muestra compuesta tomada a una profundidad de 20 cm en el área de estudio, permiten tipificarlo como un suelo de baja fertilidad en razón de que como se observa en el cuadro adjunto, los contenidos de Mg, K, P y Zn se encuentran en concentraciones bajas y no satisfacen los contenidos mínimos aceptables, como también existe un grado de acidez bajo pero potencialmente influyente.

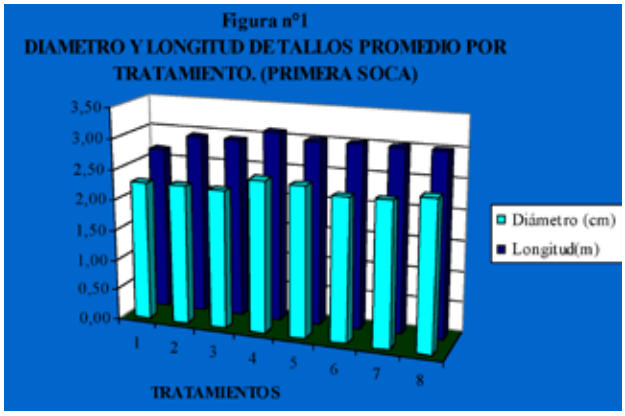
meq/100 ml suelo					ug/ml				
pH	Al	Ca	Mg	K	P	Zn	Mn	Cu	Fe
5,7	0,22	5,56	0,49	0,08	8	0,9	11	6	67

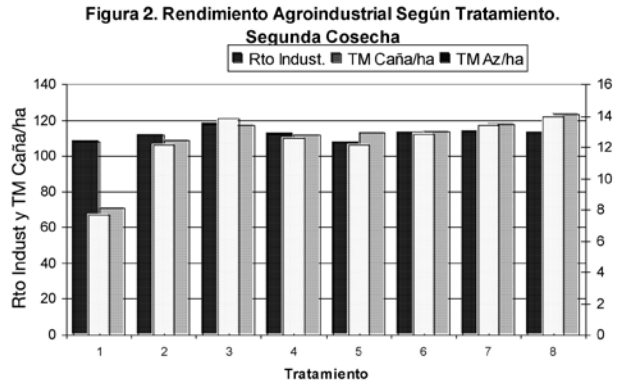
RESULTADOS Y DISCUCIÓN

Si bien ha sido de mucha importancia el hecho de evaluar de manera tanto individual como en interacción, el efecto sobre los rendimientos de la caña de azúcar de algunos de los nutrimentos denominados esenciales (Anderson y Bowen, 1994), ratificando con ello como lo demostrara Chaves (2003), la necesidad de su adición en la mayor parte de los suelos y áreas de cultivo del país. Resulta igualmente trascendental y relevante, evaluar el efecto derivado de su aplicación en forma fraccionada y en épocas diferentes.

Los resultados promedio de una evaluación de variables agronómicas realizada previa a la segunda cosecha (primera soca) del experimento, muestra de acuerdo con las Figuras N° 1 y 2, que tanto en Número de Tallos/metro como en Longitud (m) de los mismos (promedio por tratamiento), fue el Testigo Absoluto sin fertilización el que generó las poblaciones tallos y longitudes más cortas: 10,4 tallos/m de 2,68 m, seguido por el Tratamiento N° 2 sin adición de N con el que se obtuvo 11,5 tallos/m de 2,93 m de largo, lo cual ratifica nuevamente lo aseverado anteriormente. Estos efectos se ven reflejados y traducidos en una menor productividad agrícola (TM caña/ha) lo que de hecho aconteció como lo muestra el Cuadro 1.

En lo que respecta al Diámetro (Grosor) de los tallos (cm), las cifras más bajas se produjeron con los tratamientos N° 1, 2 y 3 en los cuales se alcanzó grosores de tallo muy similares de 2,27, 2,28 y 2,26 cm, respectivamente; mientras que para el resto de tratamientos este indicador varió entre 2,33 y 2,48 cm, lo cual se manifiesta en el Peso del Tallo (kg) y por ende en el tonelaje final de la plantación (TM). No obstante haberse presentado





diferencias en estas tres variables, el Análisis de Varianza reporta que no son estadísticamente significativas.

Los resultados obtenidos en la evaluación del Ciclo de Caña Soca y resumidos en el Cuadro 1, expresan los Rendimientos promedio de las 4 repeticiones de cada uno de los 8 tratamientos para la segunda cosecha. Resulta sin embargo de importancia, señalar que en lo referente al Rendimiento Industrial (kg de azúcar/t), durante el ciclo de Caña Planta los rendimientos de todos los tratamientos fueron superiores a los obtenidos en el Ciclo de Primera Soca, pues mientras en Caña Planta se obtuvo como promedio general un Rendimiento de 121,15 kg/t, para el Ciclo de Primera Soca el mismo sólo llegó a 112,23 kg, para un -8,92 kg/t de sacarosa equivalente a un -7,36%. Situación contraria se observó en lo relativo a TM de caña y azúcar/ha, pues la segunda cosecha superó en un 40,0% y un 37,7%, respectivamente, a la primera, lo cual resulta en principio lógico, en razón de que la caña planta se cosechó con apenas 10 meses de edad mientras que en la primera soca la cosecha aconteció a los 12 meses y en una estación de invierno en la que hubo mayor cantidad de agua disponible.

El Análisis de Varianza no reveló diferencias estadísticas significativas para los resultados de la cosecha en Ciclo de Caña Planta, aunque todos los tratamientos con fertilización superaron al Testigo Absoluto en TM de azúcar/ha, en un rango que varió desde un 31 hasta un

CUADRO Nº 1
APLICACIÓN FRACCIONADA DEL N-P-K SOBRE LOS RENDIMIENTOS AGROINDUSTRIALES DE LA CAÑA EN UN INCEPTISOL DE ESPARZA.
SEGUNDA COSECHA

TRATAMIENTO	PORCENTAJE				Rendim. kg azu./t	TM/ha		Relación Sacarosa	PRT
	Brix	Pol	Pureza	Fibra		Caña	Azúcar		
1 *	18,26	16,27	89,22	13,60	108,17	70,75 b	7,65 b	9,24	63,0
2	18,93	16,49	87,16	12,64	111,48	108,96 ab	12,15 ab	8,97	100,1
3	19,66	17,23	87,64	12,20	118,03	117,04 ab	13,81 ab	8,47	113,8
4	19,04	16,68	87,66	12,69	112,45	111,66 ab	12,56 ab	8,89	103,5
5 **	19,15	16,18	84,21	12,41	107,66	112,78 ab	12,14 ab	9,29	100,0
6	19,01	16,40	86,28	12,34	113,08	113,33 ab	12,82 ab	8,84	105,6
7	19,24	16,83	87,45	12,69	113,70	118,13 ab	13,43 ab	8,79	110,6
8	18,84	16,45	87,30	11,93	113,25	123,39 a	13,97 a	8,83	115,1
PROMEDIO	19,02	16,56	87,11	12,56	112,23	109,50	12,32	8,92	101,5
D.S.	0,39	0,34	1,43	0,49	3,29	16,28	2,01	0,26	
C.V.(%)	2,08	2,05	1,64	3,94	2,93	14,87	16,34	2,92	15,3

Relación Caña/Sacarosa = TM de caña necesarias moler para fabricar una TM de azúcar en el ingenio.
PRT = Diferencia porcentual con relación al Testigo en lo que a TM de azúcar se refiere.
** TESTIGO ABSOLUTO;¨** TESTIGO COMERCIAL*
Tratamientos con igual letra no difieren estadísticamente entre sí.

51%, lo que resulta económicamente muy revelador y determinante como criterio discriminante.

En el caso de la segunda cosecha o primera soca, se encontró de acuerdo con el Análisis de Varianza, que hubo diferencias estadísticas significativas en las variables de productividad agroindustrial medidas en TM/ha, tanto para la caña como para el caso del azúcar, como se anota en el Cuadro 1 y la Figura 3. Es claro que tales diferencias se refieren fundamentalmente a los Tratamientos N° 8 (1/3 fertilizante en 3 épocas) y al Testigo Absoluto, no habiéndose encontrado diferencias estadísticas entre el N° 8 y el resto de tratamientos a los cuales se les adicionó el N-P-K de forma fraccionada. Tampoco se reportan diferencias estadísticas significativas entre el Testigo Absoluto con relación a los Tratamientos N° 2 al N° 7, pese a que la diferencias en términos productivos (TM de caña y azúcar/ha) son bastante considerables y de impacto económico.

Un ordenamiento y categorización de los Tratamientos evaluados de acuerdo a su mejor grado de productividad agroindustrial, es para las 4 variables principales la siguiente en el caso del segundo corte:

Rendimiento Industrial (kg/t): 3 > 7 > 8 > 6 > 4 > 2 > 1 > 5
Producción de Caña (TM/ha): 8 > 7 > 3 > 6 > 5 > 4 > 2 > 1
Producción de Azúcar (TM/ha): 8 > 3 > 7 > 6 > 4 > 2 > 5 > 1
Relación Caña/Sacarosa: 3 > 7 > 8 > 6 > 4 > 2 > 1 > 5

Como se infiere de esos resultados, para los principales indicadores de productividad agroindustrial, las cuatro primeras posiciones de eficiencia fueron ocupadas por los Tratamientos N° 8, 7, 3 y 6, en tanto que los más deficientes fueron obtenidos por los N° 1, 5 y 2, respectivamente, lo que resulta ser muy revelador si estimamos que el Tratamiento N° 5 corresponde al Testigo Comercial. Se ratifica una vez más la importancia de la presencia del N en el fertilizante que se aplique, como se concluye a partir del resultado negativo obtenido por el Tratamiento N° 2 (-N).

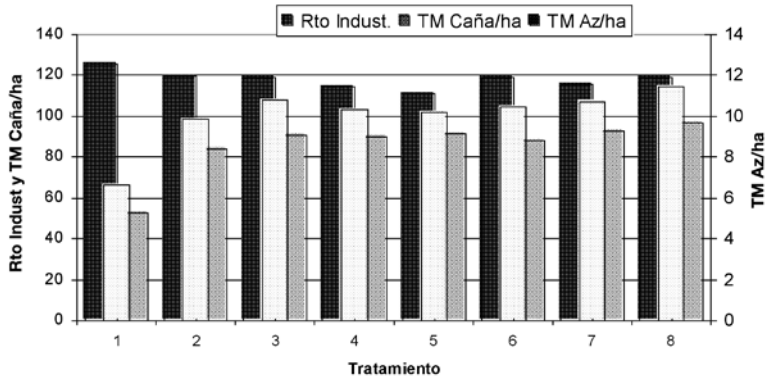
En términos productivos de caña y azúcar/ha, el fraccionamiento y aplicación del fertilizante en tres tercios (N° 8), correspondió al mejor resultado de Caña Soca al incrementar un 82,6% (6,32 TM) sobre el Testigo Absoluto y un 15,1% (1,83 TM) sobre el Testigo Comercial. Ese último tratamiento referencial superó a su vez al Testigo

CUADRO N 2
APLICACIÓN FRACCIONADA DEL N-P-K SOBRE LOS RENDIMIENTOS AGROINDUSTRIALES DE LA CAÑA EN UN INCEPTISOL DE ESPARZA. PROMEDIO DE 2 COSECHAS.

TRATAMIENTO	Porcentaje				Rendimiento kg azúcar/t	TM/ha		Relación Sacarosa	PRT
	Brix	Pol	Pureza	Fibra		Caña	Azúcar		
1 *	21,40	18,55	86,63	12,89	125,59	52,69 b	6,63 c	7,97	65,0
2	20,08	17,57	87,45	12,67	119,88	83,93 a	9,85 b	8,52	96,6
3	20,20	17,48	86,60	12,60	118,77	90,64 a	10,75 ab	8,44	105,4
4	19,79	16,95	85,75	12,54	114,53	90,32 a	10,34 ab	8,73	101,4
5 **	19,95	16,80	84,07	12,89	111,38	91,55 a	10,20 ab	8,98	100,0
6	20,15	17,37	86,18	12,46	119,14	87,85 a	10,47 ab	8,39	102,0
7	19,99	17,21	86,15	12,82	115,46	92,70 a	10,70 ab	8,66	104,9
8	19,99	17,27	86,46	11,93	118,83	96,41 a	11,46 a	8,42	112,3
PROMEDIO	20,19	17,40	86,16	12,60	117,95	85,76	10,05	8,51	98,5
D.S.	0,50	0,53	0,98	0,31	4,24	13,84	1,46	0,30	
C.V.(%)	2,49	3,05	1,13	2,49	3,60	16,14	14,51	3,48	13,57

Relación Sacarosa = TM de caña necesarias moler para fabricar una TM de azúcar en el ingenio.
** TESTIGO ABSOLUTO;¨** TESTIGO COMERCIAL*
Tratamientos con igual letra no difieren estadísticamente entre sí.
PRT = Diferencia porcentual con relación al Testigo en lo que a TM de azúcar se refiere.

Figura 3. Rendimiento Agroindustrial Según Tratamiento. Promedio de Dos Cosechas



Absoluto en 4,49 TM de azúcar, lo que correspondió a un 58,7%. Resulta demostrativo y muy concluyente el hecho de que todos los tratamientos estudiados, exceptuando el Testigo Absoluto, superaron al Testigo Comercial en producción de azúcar/ha, lo que debe conducir a revisar la razonabilidad de la práctica comercial de fraccionar la aplicación del fertilizante en la forma que se hace actualmente. El resultado del Tratamiento sin N (N° 2) fue similar para esta variable y ciclo vegetativo, lo que revela la baja respuesta del N en la forma en que se aplica.

En referencia a los resultados promedio de las 2 cosechas realizadas hasta el momento al experimento (Cuadro N° 2 y Figura 4), se evidencia como los Tratamientos N° 6, 3 y 4 en donde los nutrimentos N-P-K se aplicaron en una sola dosis en primera, segunda y tercera época, respectivamente, las diferencias en las variables de rendimiento son en realidad bajas. Sin embargo, es el Tratamiento N° 3 con aplicación del N-P-K en segunda época con el que se alcanzó las mayores productividades agroindustriales al superar a los Tratamientos N° 6 y 4 en 0,28 y 0,41 TM de azúcar/ha, respectivamente, lo que correspondió a su vez al 2,67% y 3,97%.

Se infiere y nota de los resultados, como las épocas de aplicación tienen un efecto en apariencia importante y determinante sobre los indicadores de productividad agroindustrial. Es definitivo que la adición durante la segunda época: 30 días luego de efectuar la siembra en caña planta o ingresar el periodo de lluvias, mejoran los índices de productividad.

También se infiere del Cuadro 2, que en lo que respecta a las variables de calidad del jugo: Brix, Pol, Pureza y Fibra, las diferencias verificadas en promedio entre los tratamientos parecieran en principio ser poco relevantes aunque si resultaron determinantes, por lo que el Análisis de Varianza refleja algunas diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. El Rendimiento Industrial (kg de azúcar/t) si expresa como variable integradora de la calidad de los jugos, las diferencias existentes, las cuales se traducen en impactos de carácter económico al proyectarlas al pago por calidad y traducirlas sobre todo a la productividad final de azúcar (TM/ha).

El Testigo Absoluto es el tratamiento que en las 2 cosechas individuales realizadas, Planta y Soca, alcanzó siempre la mayor concentración de sacarosa acumulada en los tallos (kg/t), superando ampliamente a todos los otros tratamientos estudiados, en particular al N° 4 (todo el P a la siembra y el N-K en la segunda época a los 60 días) en 11,06 kg (9,7%), al N° 7 (P y 1/2 N-K en la primera época y otro 1/2 a los 30 días) en 8,77 kg (8,8%) y muy especialmente al Testigo Comercial en un significativo 14,21 kg/t equivalente al 12,8%.

Es muy normal y esperable, que cuando no se fertiliza una plantación de caña como aconteció en este caso con el Testigo Absoluto, la concentración de sacarosa acumulada y encontrada en los tallos es alta, virtud del bajo requerimiento energético (aportado por los azúcares reductores) que para acompañar los procesos de crecimiento y desarrollo de la planta son necesarios, estimulados éstos por el fertilizante adicionado. Reacuérdese que la Sacarosa (Fructuosa + Glucosa) es energía y cuando no se emplea se acumula, como lo señalara Chaves (1999ab). El Tratamiento N° 2 sin N también mostró un grado de concentración de sacarosa alto, como demostración y prueba de lo anteriormente indicado.

Es claro que los tratamientos evaluados tuvieron un efecto importante y variable sobre las características agronómicas e industriales de las plantaciones, lo que se tradujo en productividades agroindustriales también variables. Es así como al determinar el efecto promedio de las dos cosechas realizadas hasta el momento sobre los tonelajes de caña y azúcar/ha, se encontraron, según lo expresa el Cuadro N° 2, diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos.

Aplicando el mismo ordenamiento y categorización de los Tratamientos evaluados, tal como se hizo para la segunda cosecha, de acuerdo a su mejor grado de productividad agroindustrial, es para las 4 variables principales la siguiente en el caso del promedio de las 2 cosechas:

Rendimiento Industrial (kg/t):	1 > 2 > 6 > 8 > 3 > 7 > 4 > 5
Producción de Caña (TM/ha):	8 > 7 > 5 > 3 > 4 > 6 > 2 > 1
Producción de Azúcar (TM/ha):	8 > 3 > 7 > 6 > 4 > 5 > 2 > 1
Relación Caña/Sacarosa:	1 > 6 > 8 > 3 > 2 > 7 > 4 > 5

Se ratifica nuevamente la importancia de fertilizar de forma integral y equilibrada la plantación y, dentro de ésta, la imperiosa necesidad de incorporar el N. El

fraccionamiento mantuvo su mejor nivel productivo sobre la adición única del fertilizante en una sóla época. De acuerdo con los resultados obtenidos, la aplicación en 3 o 2 partes iguales se tradujo en mayores productividades de caña y azúcar/ha. Se infiere también, que la aplicación tardía del N-K no parece ser un inductor y generador importante de mayor productividad, pues los mejores rendimientos siempre se relacionaron con aplicaciones en las 2 primeras épocas, lo que parece razonable virtud de un eventual efecto sobre las poblaciones emergentes de tallos, sea de la germinación de la semilla de siembra o del proceso de retoñamiento y ahijamiento.

Destaca la alta concentración de sacarosa contenida en los tallos en los tratamientos de menor productividad de caña (N° 1 y 2) por las razones ya anteriormente expuestas. La Relación Caña/Sacarosa ideal como término de eficiencia, es aquella cuyo cociente es bajo, pues implica que es necesario cortar, cargar, transportar y procesar menos materia prima (caña) para fabricar una misma TM de azúcar en el ingenio; sin embargo, no podemos tampoco dejar de lado y perder de perspectiva, la importancia del tonelaje producido/ha por la plantación. De acuerdo con esto, es explicable la buena relación que mantienen el Testigo Absoluto (7,97) y el tratamiento sin N (8,52), como promedio de las dos cosechas, no así durante la segunda cosecha (9,24 y 8,97, respectivamente).

En cuanto a producción de azúcar (TM/ha), la adición del N-P-K en tres partes iguales (1/3) en las tres épocas estudiadas, resultó ser el tratamiento más productivo y rentable virtud de su mayor eficiencia. Dicho tratamiento superó al Testigo Comercial (N° 5) en un 6,7% (7,45 kg azúcar/t) en cuanto a concentración de sacarosa en los tallos; un 5,3% (4,86 TM) en producción de caña/ha y un 12,3% (1,26 TM) en producción de azúcar/ha, todos con efecto estadísticamente significativo (5%). Hay que considerar sin embargo, que la productividad de este tratamiento proviene de su productividad de caña y no tanto de su concentración de sacarosa, razón por la cual fue superado por otros en ese determinante indicador de rentabilidad. En orden de importancia se colocaron seguidamente los Tratamientos N° 3 (todo el N-K en segunda época) y N° 7 (1/2 N-K en primera y segunda época) por su eficiencia agroindustrial.

Valoración Económica

El Cuadro 3 resume el Costo correspondiente a cada Tratamiento de acuerdo con su naturaleza y Ciclo Vegetativo, involucrando el valor del fertilizante y el gasto incurrido por concepto de aplicación (Mano de Obra). Como se infiere, sólo el Testigo Absoluto y el Tratamiento sin N mostraron diferencia en este componente, debido a que en el resto de los casos la cantidad de material aplicado fue la misma en todos los casos.

El Cuadro 4 detalla por su parte, la relación económica entre Costos, Ingresos y Utilidad para cada Tratamiento estudiado. Los primeros estuvieron definidos por el valor del fertilizante adicionado y la Mano de Obra empleada; en tanto que el Ingreso lo estableció el Precio Final de Liquidación (/kg) del azúcar en Cuota + la Melaza pagada, asumiendo una producción de 39,8 kg/TM de caña.

Según los resultados, la mayor Utilidad Neta (US$2.110,14) para el promedio de las dos cosechas la generó el fraccionamiento del N-P-K en tres partes iguales (1/3) aplicado en tres épocas (N° 8); seguido por la adición del P a la siembra y todo el NK (N° 3) a los 30 días (US$1.955,15); el de P a la siembra fraccionando el K a

CUADRO 3
Costo (¢) por Concepto de Aplicación del Fertilizante Según Tratamiento Estudiado

Trat.	Caña Planta				Caña Soca			
	Siembra	30 Días	60 Días	Total	Inicio Lluvias	30 Días	60 Días	Total
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	43.044	19.963	19.963	82.970	0	19.963	19.963	39.926
3	43.044	105.950	0	148.994	0	105.960	0	105.960
4	43.044	0	105.950	148.994	0	0	105.960	105.960
5	43.044	52.975	52.975	148.994	0	52.975	52.975	105.950
6	148.994	0	0	148.994	105.950	0	0	105.950
7	96.019	52.975	0	148.994	52.975	52.975	0	105.950
8	49.665	49.665	49.664	148.994	35.317	35.317	35.316	105.950

Incluye costos del fertilizante y la mano de obra utilizada en su aplicación.
1 US$ = ¢510

CUADRO 4.
Análisis Económico de Rentabilidad Según Tratamiento.

Trat.	Producción Azúcar (TM/ha)	Costo (¢) Fertilización	Ingreso * Bruto (¢)	Utilidad Neta
1	6,63	0	737.199	737.199
2	9,85	102.933	1.099.353	996.420
3	10,75	201.974	1.199.103	997.129
4	10,34	201.974	1.155.656	953.682
5	10,20	201.969	1.141.796	939.827
6	10,47	201.969	1.167.558	965.589
7	10,70	201.969	1.195.334	993.365
8	11,46	201.969	1.278.142	1.076.173

** El precio/Kg corresponde a ¢105,40/kg de azúcar + ¢18,31/kg de Melaza (39,8 Kg/TM de caña), valores de la zafra 2004-2005.*
1 US$ = ¢510

los 30 y 60 días (N° 2), cuya utilidad fue de US$1.953,76. Llama la atención el hecho de que la no adición de N no impactó tan significativamente la rentabilidad, como era en principio teóricamente esperable.

El Testigo Comercial obtuvo una utilidad baja (US$1.842,80), superando sólo al Testigo Absoluto, lo que resulta ser técnicamente muy importante como práctica agrícola.

CONCLUSIONES

Los resultados individuales y promedio de las evaluaciones realizadas en las dos cosechas del experimento permiten concluir lo siguiente:

1. Queda demostrado que bajo condiciones edafoclimáticas y de manejo similares a las del experimento, la adición oportuna y equilibrada del N-P-K es una práctica determinante que no debe minimizarse y menos omitirse, pues implica una reducción considerable de la productividad de caña y azúcar de la plantación y consecuentemente de la rentabilidad final de la empresa.
2. La no adición de N-P-K produjo un efecto positivo sobre la concentración de sacarosa en los tallos, siendo el Testigo Absoluto sin fertilizante, el que alcanzó el mayor Rendimiento Industrial (125,59 kg azúcar/t), seguido del tratamiento sin N sólo P-K, con un rendimiento de 119,88 kg/t. Sin embargo, como era esperable, dicho efecto ha sido complementariamente muy negativo para la producción de caña y azúcar (TM/ha), pues los mismos tratamientos reportaron los rendimientos más bajos.
3. Las diferencias estadísticas significativas (5%) fueron establecidas y polarizadas entre los tratamientos con fertilización respecto al Testigo Absoluto sin fertilización y el Tratamiento sin N (N° 2); no así entre los tratamientos fertilizados, pese a lo cual existen variaciones importantes entre ellos que adquieren relevancia desde una perspectiva económica de Tasas de Retorno.
4. En productividad de caña (TM/ha) los mejores rendimientos fueron alcanzados según N° de tratamiento en el siguiente orden: 8 > 7 > 5 > 3 > 4 > 6 > 2 > 1; en el caso del azúcar fueron: 8 > 3 > 7 > 6 > 4 > 5 > 2 > 2 > 1, lo que evidencia un efecto positivo del fertilizante adicionado en forma fraccionada y presente durante la segunda época: 30 días luego de la siembra en caña planta o 30 días después del inicio de las lluvias en caña soca. La influencia sobre la germinación, el retoñamiento, la generación de hijos y la estabilidad poblacional parece ser determinante, lo cual pone en duda la benevolencia y la eficiencia productiva de las aplicaciones tardías realizadas en tercera época (60 días o más) en plantaciones de ciclo vegetativo corto (≤ 12 meses).
5. La aplicación del N-P-K en una sola dosis durante la segunda época (30 días) produjo mejores rendimientos que cuando el fertilizante se adicionó en primera (siembra y lluvias) y tercera época (60 días), lo cual podría atribuirse a que para ese momento ya el cultivo tiene más desarrollado y consolidado funcionalmente su sistema radicular y se da por ello una mejor absorción y un mejor aprovechamiento del fertilizante incorporado.
6. El efecto productivo positivo inducido por la adición del N-P-K en forma fraccionada, se vio reflejado principalmente en la aplicación equilibrada efectuada en 3 partes (dosis) iguales del 33,3% de cada nutrimento (Tratamiento N° 8), que fue con el que se alcanzó los mejores rendimientos en caña y azúcar/ha, superando a los tratamientos con aplicación del N-P-K en una sola dosis.
7. Aunque el Análisis de Varianza no revela diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos con fertilización, si hubo diferencias productivas y económicas que viabilizan la aplicación del N-P-K (en Ciclo Planta) y el N-K (en Soca) en 3 dosis, en razón de ser el tratamiento con el que se alcanzó la mayor producción por hectárea de caña (96,4 TM) y azúcar (11,5 TM) y una Utilidad Neta de US$ US$2.110,14 en promedio para las 2 cosechas evaluadas.

8. El Testigo Comercial alcanzó una rentabilidad baja (US$1.842,80), superando sólo al Testigo Absoluto lo que llama a la revisión de la práctica como opción técnica. Es también destacable, el hecho de que el tratamiento sin N mostró un nivel de rentabilidad superior a otros tratamientos, contra toda la lógica y evidencia técnica.
9. Es importante tomar en consideración que en zonas productoras de caña con condiciones edafoclimáticas y de manejo similares a las que presenta la región en estudio, favorecen un rápido desarrollo vegetativo del cultivo, haciendo difícil efectuar una tercera aplicación de fertilizante.
10. Si bien la aplicación del N-P-K en una sola dosis produjo menores rendimientos respecto a la aplicación fraccionada en dos o tres dosis, la diferencia es relativamente pequeña, razón por la cual resulta importante tomar en consideración el costo de oportunidad económica y administrativo involucrado en hacer en una o en su caso en tres dosis la aplicación del fertilizante.
11. Es recomendable y prudente sin embargo, esperar los resultados de 2 cosechas más para las cuales está proyectado el experimento, con el fin de verificar el efecto de los diferentes tratamientos sobre el comportamiento productivo y la vida útil productiva de la variedad SP 79-2233. Esto cobra fuerza debido a que permitirá verificar la posible eventual pérdida de nutrimentos en el tiempo (deficiencia acumulativa), especialmente de N, por causa del lavado (lixiviación).

LITERATURA CITADA Y CONSULTADA

1. Anderson, D.; Bowen, J. 1994. Nutrición de la Caña de Azúcar. Quito, Ecuador. 40 p.
2. Angulo, A.; Chaves, M. ; Guzmán, G. 1996. Efecto del Fraccionamiento de los Macronutrimentos (N-P-K) sobre los Rendimientos Agroindustriales de la Caña de Azúcar, Promedio de 4 Cosechas, en un Inceptisol de Cañas, Guanacaste. IN: Congreso de ATACORI "Cámara de Productores de Caña del Pacífico", 10, Guanacaste, Costa Rica, 1996. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica. p: 31.
3. Angulo, A; Chaves, M. 2004. Evaluación de Dosis Interactivas Crecientes de Nitrógeno y Potasio, sobre los Rendimientos Agroindustriales de la Caña de Azúcar en la Variedad SP 81- 3250. Segundo Corte, Cañas, Guanacaste. IN: Informe Anual DIECA 2004 (sin publicar).
4. Chaves S., M. 1996. Experiencias con la Fertilización de la Caña de Azúcar en Costa Rica. IN: Congreso de ATACORI "Cámara de Productores de Caña del Pacífico", 10, Guanacaste, Costa Rica, 1996. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica. p: 76-84.
5. Chaves S, M. 1999a. Nutrición y Fertilización de la Caña de Azúcar en Costa Rica. IN: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 11, San José, Costa Rica, 1999. Memoria. Recursos Naturales y Producción Animal. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos: EUNED. Volumen 3. p: 193-214.
6. Chaves S., M. 1999b. El Nitrógeno, Fósforo y Potasio en la Caña de Azúcar. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA 130 p.
7. Chaves S., M. 2003. Fertilización de la Caña de Azúcar en Costa Rica: Experiencias de los Últimos 20 Años (Periodo 1980-2000). IN:
8. IMPOFOS (Instituto de la Potasa y el Fósforo). 1998. Manual de Fertilidad de los Suelos. 1. ed. Quito, Ecuador. 85 p.
9. Salazar, J. D; Rodríguez, J. M. 2000. Respuesta de la Caña de Azúcar al Fraccionamiento de N y K en Diferentes Épocas de Aplicación, Promedio de Cuatro Cosechas, en un Inceptisol, San Carlos. IN: Congreso de ATALAC, ATACA y ATACORI "Álvaro Jenkins", 5, 13 y 14, San José, Costa Rica, 2000. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica. Volumen Poster. p: 96.
10. Villalobos, C.; Chaves, M. 2004. Efecto de la Aplicación Fraccionada del N-P-K, Sobre los Rendimientos Agroindustriales de la Caña de Azúcar, en un Inceptisol de Esparza, Puntarenas. Promedio de Dos Cosechas. IN: Informe Anual DIECA 2004 (sin publicar).

EFECTO DEL FRACCIONAMIENTO DEL N-P-K SOBRE LA PRODUCCIÓN AGROINDUSTRIAL DE LA CAÑA DE AZÚCAR, VARIEDAD B 77-95, EN UN INCEPTISOL DE ATIRRO, TURRIALBA. CAÑA PLANTA

Gilberto Calderón A.; Marco Chaves S.
Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA)
E-mails: gcalderon@laica.co.cr; mchavezs@laica.co.cr

RESUMEN

La eficiencia productiva de la fertilización en regiones cañeras del país como Turrialba y San Carlos, es probable que sea afectada y hasta minimizada por causa de las condiciones de alta precipitación predominantes en el lugar, de manera tal que pueden ocurrir pérdidas del fertilizante, debido a la escorrentía y la lixiviación. Fraccionar la aplicación es una opción para mejorar el aprovechamiento de los nutrimentos adicionados a la planta de caña. Con ese objetivo, se estableció la presente investigación, en la localidad de Atirro, Turrialba, valorando tres épocas de aplicación del fertilizante, a fin de conocer la mejor alternativa de fraccionamiento y los efectos en los rendimientos agroindustriales de la caña de azúcar. Las épocas de aplicación fueron: 1) al momento de la siembra (MS), 2) a los 2 meses después de la siembra (2 MDS) y 3) a los 4 MDS. Se utilizó la variedad comercial B 77-95, sembrada en parcelas con un área total y útil de 76,5 m^2. Se empleó un Diseño Estadístico de Bloques Completos al Azar con 4 repeticiones. El suelo utilizado es del orden Inceptisol y la cosecha se efectuó a los 17,5 MDS en Ciclo Planta. Los tratamientos evaluados fueron: 1) Testigo Absoluto sin fertilizante; 2) fraccionamiento del K (sin N) en partes iguales a los 2 y 4 MDS; 3) todo el N-K a los 2 MDS, operó como Testigo Comercial; 4) todo el N-K a los 4 MDS; 5) fraccionamiento del N-K en partes iguales a los 2 y 4 MDS; 6) todo el N-K al MS; 7) fraccionamiento del N-K en partes iguales al MS y a los 2 MDS y 8) un tercio del N-P-K al MS, 2 MDS y 4 MDS. El P sea aplicó todo al MS a partir del tratamiento N° 2, hasta el tratamiento N° 7. La fertilización base fue: 150, 120 y 150 kg / ha de N, P_2O_5 y K_2O, respectivamente. Los resultados obtenidos revelan que el fraccionamiento del N-P-K no fue determinante para elevar los rendimientos productivos. La mejor respuesta se dio cuando se aplicó todo el P a la siembra y todo el N-K a los 4 MDS (dos épocas) con respecto al Testigo Absoluto y Comercial, resultado estadísticamente diferente en relación al primero, según Prueba de Tuckey al 5%, superándolos en 47,22 y 17,16 TM de caña/ha para un 36,8% y un 10,8%, respectivamente; además de 7,24 y 3,61 TM de azúcar/ha (39,1 y 16,3%). Por otra parte, la ausencia del N en el tratamiento donde se aplicó sólo K, limitó la capacidad productiva con respecto a aquellos en donde éste se adicionó. De esta forma quedó demostrada la importancia del N en la producción de caña y azúcar; sin embargo, su adición junto con el K al momento de la siembra no tuvo gran importancia, razón por la cual la aplicación de estos nutrimentos puede realizarse en caña planta a los 4 MDS, tal como lo demostró el mejor tratamiento en la Caña Planta.

INTRODUCCIÓN

En regiones cañeras del país como Turrialba y San Carlos, donde el nivel de precipitación pluvial durante el año es alta (> 3.000 mm), es de esperar en teoría, que haya pérdidas del fertilizante aplicado a las plantaciones de caña de azúcar por causa de la lixiviación de nutrimentos, especialmente N; así como también por escorrentía. Incorporar el fertilizante al suelo por medio de la aporca, es una labor que puede reducir considerablemente dichas pérdidas; no obstante, en el caso particular de la región de Turrialba, son relativamente pocos los agricultores que la practican. Por lo general, la mayoría de los cañicultores efectúan una sola aplicación de fertilizante, sin fraccionar, durante el ciclo productivo del cultivo.

Según Chaves (1997), la aplicación del N en forma fraccionada surge como una de las mejores opciones prácticas que existen para evitar pérdidas significativas de fuentes muy solubles como los nitratos en condiciones de alta precipitación. Agrega que como cualquier otro factor productivo, la fertilización tiene índices de eficiencia que determinan su éxito. Ilustra este concepto, mencionando que la literatura señala que en esta materia la eficiencia de utilización de los macronutrimentos es: Nitrógeno (50-70 %), Fósforo (30-50%) y Potasio (60-80%); lo que significa que en el caso del N, sólo entre un 50 -70 % del total aplicado tiene posibilidad de ser absorbido y utilizado por la planta, el resto (30-50 %) se pierde o no es empleado por el cultivo.

Estudios experimentales realizados en el país sobre Fraccionamiento de la Fertilización Comercial, han generado respuestas diferentes. Por ejemplo, en Cutris de San Carlos, al utilizar la variedad PINDAR con tres cortes y fraccionar la aplicación del N–K, se obtuvo un ligero incremento en TM de azúcar / ha (4%) cuando se aplicó el fertilizante en tres épocas (30-60-95 días), respecto al Testigo (Salazar y Vargas 1996). Por el contrario, en Cañas, Guanacaste, al evaluar tres épocas (a la siembra, 1 mes y 2 meses) con el clon Q 96 y al practicarle cuatro cosechas, el mejor resultado se obtuvo cuando se aplicó todo el fertilizante N-P-K a la siembra, lo que fue equivalente a un incremento en TM de azúcar / ha del 12 % (Angulo; Chaves y Guzmán 1996).

El fraccionamiento de la fertilización reviste especial importancia, particularmente en los últimos años, pues el tema de los costos juega un papel determinante en la agricultura vista como un negocio que debe ser competitivo y rentable. Por otro lado, si a ello se le agrega el hecho de que la mano de obra en todo el país y, muy especialmente en la agricultura, tiende a ser cada vez más escasa, determinar por medio de la investigación cual es la decisión que más le conviene al productor de caña con respecto a esta materia resulta muy conveniente, pues se traduce en una decisión de gran trascendencia y utilidad.

OBJETIVOS

Valorar tres épocas de aplicación del fertilizante (N-P-K) durante el ciclo vegetativo del cultivo, con el fin de determinar la mejor, esto desde un punto de vista productivo y económico.

Evaluar los efectos de fraccionar la aplicación del N-P-K al suelo, sobre los rendimientos agroindustriales de la caña de azúcar, en un Inceptisol de Atirro, Turrialba.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la localidad de Atirro, distrito La Suiza, en un suelo del orden Inceptisol, a una altitud de 600 msnm, con una precipitación total anual de 3.100 mm y una temperatura promedio de 22,2 ºC. Se utilizó un Diseño Estadístico de Bloques Completos al Azar, con cuatro repeticiones y una parcela experimental formada por 6 surcos de 8,5 m de largo separados a 1,5 m para un área total y útil de 76,5 m^2. Las Dosis de los nutrimentos aplicados fueron equivalentes a la recomendación comercial para la región: 150, 120 y 150 kg / ha de N, P_2O_5 y K_2O, respectivamente. El experimento se sembró en julio del 2004 y cosechó con 17,5 meses de edad en Caña Planta.

Las características químicas del suelo donde se estableció la investigación se presentan en el Cuadro1 y los tratamientos utilizados en el Cuadro 2. Es importante señalar que hubo dos Testigos: 1) Absoluto sin fertilización, y 2) Comercial con la práctica común de la región.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos muestran que en términos generales cuando no se fraccionó el fertilizante con

CUADRO 1
Resultados del Análisis Químico del Suelo del Área en Estudio. Atirro, Turrialba. Laboratorio de Suelos CATIE, Octubre 2004.

Nº Muestra	Prof.	pH	Acidez	Ca	Mg	K	P	Cu	Zn	Mn	Fe
	cm	H2O	----------cmol(+)/l----------					----------ug/l----------			
1	0-20	5,9	0,09	17,97	3,47	0,13	11	8	1,3	12	201
2	20-40	6,3	0,08	18,80	4,02	0,09	7	7	0,6	5	121
3	0-20	6,0	0,11	16,47	2,96	0,14	20	9	1,3	7	312
4	20-40	6,1	0,11	18,99	3,93	0,09	9	7	0,8	7	183
Promedio		6,1	0,10	18,06	3,59	0,11	2	8	1,00	8	204

Nota. Las muestras N° 1-2, corresponden al área de la repetición 1-2 y las muestras N° 3-4 al área de la repetición 3-4 del experimento, a dos profundidades.

CUADRO 2
Descripción de los Tratamientos Evaluados en el Estudio de Fraccionamiento del N-P-K en la Localidad de Atirro, Turrialba.

Tratamientos	ÉPOCAS DE APLICACIÓN DEL FERTILIZANTE		
	SIEMBRA	2 MESES	4 MESES
1	0	0	0
2	P	1/2 K	1/2 K
3 *	P	NK	-
4	P	-	NK
5	P	1/2 NK	1/2 NK
6	P	-	-
7	P + 1/2 NK	1/2 NK	-
8	1/3 NPK	1/3 NPK	1/3 NPK

** Corresponde al Testigo Comercial*
*** Testigo Absoluto Sin Fertilización*

CUADRO 3
Resultados del Análisis Agroindustrial del Efecto de la Aplicación Fraccionada del N-P-K en Atirro, Turrialba. Caña Planta.

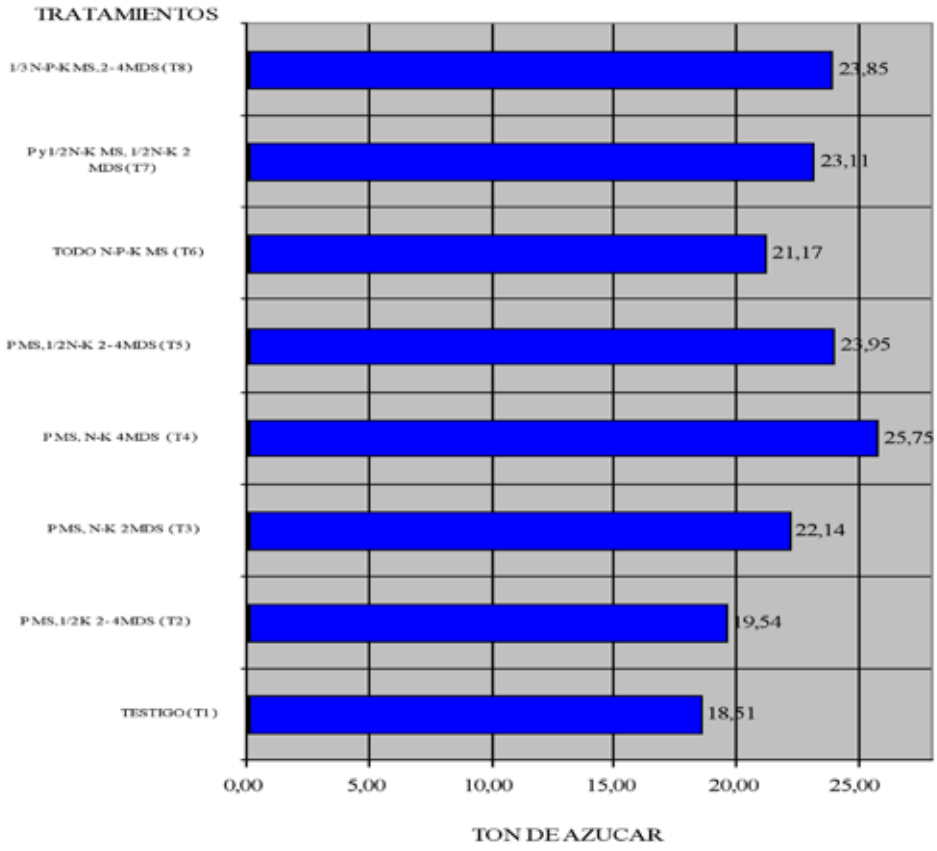
TRATAMIENTO	P O R C I E N T O				Rendim. kg Az / t	PRODUCCIÓN TM / ha		Relación** Sacarosa	PRT*** (%)
	Brix	Pol	Pureza	Fibra		CAÑA	AZÚCAR		
1	21,30	19,96	93,71	12,90	144,18 a	128,27 c	18,51 c	6,95 a	83,6
2	21,43	19,87	92,74	12,20	145,47 a	134,35 c	19,54 bc	6,88 a	88,3
3 *	21,08	19,44	92,24	12,65	140,33 a	158,33 ab	22,14abc	7,14 a	100,0
4	21,58	20,04	92,87	12,24	146,70 a	175,49 a	25,75 a	6,82 a	116,3
5	21,20	19,54	92,14	12,33	142,18 a	167,98 a	23,95 ab	7,05 a	108,2
6	20,80	19,07	91,58	12,85	136,44 a	155,72abc	21,17abc	7,37 a	95,6
7	21,55	19,77	91,76	12,49	143,00 a	161,11 ab	23,11 abc	7,00 a	104,4
8	21,65	20,09	92,32	12,00	146,72 a	162,42 ab	23,85 ab	6,82 a	107,7
PROMEDIO	21,32	19,72	92,42	12,46	143,12	155,46	22,25	7,00	100,5
CV (%)	3,06	3,74	1,83	4,58	4,29	7,66	9,21	4,53	-

** Testigo Comercial*
*** Relación Sacarosa: TM de caña necesarias moler para fabricar una TM de azúcar en el ingenio*
**** PRT: Diferencia (%) respecto al Testigo Comercial (T) en TM de azúcar / ha.*
Tratamientos con igual letra no difieren estadísticamente entre si al 5 % según la Prueba Tuckey.

N-P-K, se produjo una mejor respuesta agroindustrial que cuando se fraccionó (Cuadro 1 y Figura 1). Como se puede apreciar, el mejor resultado se alcanzó cuando se adicionó todo el P a la siembra y todo el N-K a los cuatro meses después de sembrar (Tratamiento N° 4). La producción en azúcar medida en TM /ha, fue un 39,1 % mayor (7,24 TM/ha) con respecto al tratamiento Testigo sin fertilizante, resultado comparativo el cual presentó diferencias estadísticas significativas (Tuckey 5 %) con éste y también con el tratamiento donde sólo se aplicó K (N° 2). En relación al Testigo Comercial (N° 3) la diferencia sin significancia estadística fue de 3,61 TM de azúcar/TM para un porcentaje del 16,3.

De manera similar, la superioridad del tratamiento N° 4 se comprueba y visualiza principalmente en el Rendimiento Agrícola con una productividad de 175, 49 TM

Figura 1. Efecto del Fraccionamiento del N-P-K sobre los Rendimientos Agroindustriales de la Caña de Azúcar. Atirro, Turrialba. Caña Planta. 2006.



de caña / ha, valor que en términos absolutos está muy por encima de todos los otros tratamientos, aunque estadísticamente no fue diferente con aquellos donde si se fraccionó el fertilizante (N° 5, 7 y 8).

En términos de eficiencia productiva según tratamiento (de mayor a menor) los resultados pueden resumirse como se indica a continuación:

Concentración Sacarosa (kg/t):	8 > 4 > 2 > 1 > 7 > 5 > 3 > 6
Producción Caña (TM/ha):	4 > 5 > 8 > 7 > 3 > 6 > 2 > 1
Producción Azúcar (TM/ha):	4 > 5 > 8 > 7 > 3 > 6 > 2 > 1
Relación Sacarosa:	4 > 8 > 2 > 1 > 7 > 5 > 3 > 6

El resultado obtenido es muy importante y trascendente, por cuanto implica un escenario diferente con respecto al criterio técnico que existe actualmente en la zona, en el sentido de que en caña planta se deben realizar tres aplicaciones de fertilizante. El reducir a dos aplicaciones, tal como se reflejó en este trabajo, como la mejor opción técnico-económica, representa una economía importante de dinero equivalente al costo de una aplicación; valor económico que se torna muy significativo en una finca extensa. Por otra parte, desde el punto de ingresos, la Utilidad Neta del tratamiento más productivo, fue considerablemente superior al resto de los tratamientos evaluados, lo que hace que dicho resultado sea interesante e impactante desde cualquier perspectiva que se le analice.

Por otro lado, el hecho de que la segunda aplicación resultara mejor a los cuatro meses después de la siembra (4 MDS) y no a los 2 MDS (N° 3), también es un resultado relevante y en principio inesperado por tardío, aunque hay que tomar en cuenta que la variedad utilizada B 77-95, es una caña de crecimiento lento comparada con las variedades comerciales tradicionales de la región, B76-259 y PINDAR, lo cual significa que al aplicar el fertilizante a base de N y K cuando la planta tiene un mayor crecimiento, la respuesta tal como aconteció es mayor, debido a la existencia de un sistema radicular más desarrollado que permite que ocurra un mejor aprovechamiento del mismo.

En relación con lo expresado y en un sentido pragmático, se ha visto en algunas fincas de la zona que al efectuar la segunda aplicación de fertilizante (Fórmula Completa) en caña soca cuando la planta está próxima al cierre del entresurco (4-5 meses después de la cosecha),

los resultados en crecimiento vegetativo y rendimiento productivo han sido mejores, que cuando las aplicaciones se realizan a una edad temprana (antes de los 3 MDC).

Otro de los resultados interesantes verificados en la presente investigación es el que se refiere al papel del N. Todos los tratamientos en donde se aplicó N produjeron una mayor producción de caña y azúcar (TM/ha) que en donde este no se aplicó (N° 2), encontrándose diferencias estadísticas al 5 %, según Tuckey. Lo anterior, ratifica la importancia del empleo del N como nutrimento determinante promotor e inductor del rendimiento productivo en caña de azúcar.

Es importante tomar en cuenta al realizar la interpretación de resultados, la condición de fertilidad natural de los suelos de la región, la cual como demuestra el Cuadro 1 no es la idónea. Es notoria la insuficiencia de K y Zn; así como el desequilibrio de las Bases contenidas (Ca + Mg + K), todo lo cual influye sobre la capacidad de satisfacción de necesidades nutricionales del cultivo y con ello de su capacidad potencial productiva.

Por otra parte, la utilización del N y del K al momento de realizar la siembra del experimento (N° 6, 7 y 8), no tuvieron efectos determinantes en las cuatro variables de productividad más importantes (Rendimiento Industrial, Producción de Caña, Azúcar y en la Relación Sacarosa), pues como ya se indicó, la aplicación del P a la siembra y todo el N y K a los 4 MDS fue la mejor práctica agrícola de todas.

Por lo tanto, se podría valorar en siembras comerciales de caña, la exclusión de estos nutrimentos al momento de realizar la siembra, utilizando fuentes que contengan únicamente P; tomando en consideración sin embargo, que la adición de N durante la siembra, puede contribuir como energético al componente microbial natural del suelo, tal como han argumentado algunos investigadores en relación al uso de N a la siembra.

Los efectos de los tratamientos sobre el rendimiento industrial, así como en la Relación sacarosa fueron muy similares, no encontrándose diferencias estadísticas en ambas variables; no obstante, los tratamientos N° 8 y 4 fueron ligeramente superiores en Concentración de Azúcar y en eficiencia productiva.

CONCLUSIONES

Con base en las características de fertilidad del suelo, así como en las condiciones de clima y manejo agronómico presentes en la localidad donde se estableció el experimento, se concluye lo siguiente:

a. Fraccionar la aplicación del fertilizante comercial N-P-K no se tradujo en un mayor y mejor rendimiento productivo y económico. Esto se logró cuando se aplicó todo el P al momento de realizar la siembra y adicionar todo el N-K a los 4 MDS.

b. El resultado anterior parece tener una explicación lógica, por cuanto al tener la planta mayor edad, tiene un mejor desarrollo vegetativo y radicular, que le permite y favorece un mejor aprovechamiento del fertilizante. Lo contrario podría ocurrir por ejemplo, si la fertilización se realizara toda al momento de la siembra y a los 2 MDS (tratamientos N° 3 y 7)

c. Eliminar la aplicación del fertilizante, fue determinante en este experimento para que la producción de caña y azúcar (TM/ha) del cultivo sufriera una reducción con carácter estadísticamente significativo. Lo anterior es también válido para la eliminación del N. En los casos donde se obvio el uso del N-P-K el N, las productividades de caña y azúcar (TM/ha) fueron las más bajas.

d. La incorporación de todo el P al fondo del surco durante la siembra, y la adición complementaria de todo el N-K, sin fraccionar, a los 4 meses luego de la siembra, resultó ser la mejor práctica agronómica, superando con significancia estadística al Testigo Absoluto en 47,63 TM de caña/ha (36,8%) y 7,24 TM de azúcar (39,1%). En relación al Testigo Comercial el incremento fue 17,16 TM de caña y 3,61 TM de azúcar/ha, para una significancia del 10,8 y 16,3%, respectivamente.

e. Los Tratamientos N° 4, 5, 7 y 8 superaron al Testigo Comercial en cuanto a producción de azúcar/ha.

f. De acuerdo con los resultados obtenidos en el Ciclo de Caña Planta (Cuadro3 y Figura 1), la aplicación del fertilizante comercial a base de N y K al momento de realizar la siembra no es determinante para incrementar los rendimientos en producción de caña y azúcar, razón por la cual, en suelos con características de fertilidad similares al de este experimento, podría contemplarse su eliminación, aplicando solo el P y dejando estos nutrimentos para su adición a los 4 MDS.

g. Los efectos de los tratamientos sobre las variables rendimiento industrial y relación sacarosa no fueron estadísticamente significativos en valores absolutos.

LITERATURA CONSULTADA

1. ANGULO, A.; CHAVES, M.; GUZMAN, G. 1996. Efecto del Fraccionamiento de los Macronutrimentos (N-P-K) Sobre los Rendimientos Agroindustriales de la Caña de Azúcar, Promedio de Cuatro Cose-

chas, en un Inceptisol de Cañas, Guanacaste. In: Congreso ATACORI "Cámara de Productores de Caña del Pacífico", 10, Guanacaste, Costa Rica, 1996. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica. p: 31-32.

2. CHAVES, M. 1997. El Nitrógeno y la Caña de Azúcar. In: CONGRESO de ATACORI "Roberto Mayorga C., 11, San Carlos, Costa Rica, 1997. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica. p: 39-65.

3. SALAZAR, J.D; VARGAS, J. 1996. Respuesta de la Caña de Azúcar, Variedad Pindar, al Fraccionamiento del Nitrógeno y Potasio en Diferentes Épocas de Aplicación Durante Tres Cosechas en San Carlos, Costa Rica. In: CONGRESO de ATACORI "Cámara de Productores de Caña del Pacífico". 10, Guanacaste, Costa Rica, 1996. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica. p: 17.

EFECTO DE LA APLICACION FOLIAR DE 5 DOSIS CRECIENTES DE BORO, SOBRE LOS RENDIMIENTOS AGROINDUSTRIALES DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN UN INCEPTISOL DE ESPARZA, PUNTARENAS. PROMEDIO DE 3 COSECHAS

Carlos Villalobos M.; Marco Chaves S.
Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar
cvillalobos@laica.co.cr; mchavezs@laica.co.cr

RESUMEN

El experimento se estableció con el objeto de evaluar el efecto de la aplicación foliar de Boro (B) sobre los rendimientos agroindustriales de la caña de azúcar en un suelo del Orden Inceptisol de la localidad de Esparza, Puntarenas, a una altitud de 210 msnm y con una precipitación promedio anual próxima a los 1.600 mm. Se evaluó 4 dosis crecientes de B: 200, 300, 400 y 500 cc como elemento puro, utilizando como fuente un producto comercial conocido como CPCP Boro cuya concentración es del 13,5%. Dichas Dosis fueron comparadas con un Testigo sin B por medio de un Diseño Experimental de Bloques Completos al Azar con tres repeticiones. La aplicación fue hecha con bomba de espalda manual sobre la variedad comercial SP 79-2233 a los 3 meses de edad en Ciclo Planta, y a principio de la estación lluviosa en los Ciclos de Soca. Se utilizó una fertilización básica de 167, 132 y 164 kg de N, P_20_5 y K_2O/ha en Ciclo Planta, adicionada mediante la aplicación de 10-30-10 a la siembra, Nitrato de Amonio a los 45 días y 15-3-31 a los 90 días. En Caña Soca la fertilización aplicada correspondió a una dosis de 200 kg de Nitrato de Amonio a inicio de las lluvias y 400 kg de 15-3-31, 45 días después para un total de 127, 12 y 124 kg de N, P_2O_5 y K_2O/ha, respectivamente. Las evaluaciones se realizaron a los 10 meses en Ciclo Planta y 12 meses en Socas. Hubo incrementos en todas las Dosis en cuanto Concentración de Sacarosa (kg de azúcar/t) en relación al Testigo sin B; no así en toneladas de caña y de azúcar/ha, en donde sólo las Dosis de 400 y 500 cc superaron al Testigo en 0,84 y 1,18 TM de azúcar/ha, equivalente a un 6,7% y un 9,5%, respectivamente. El Análisis de Varianza no reflejó Diferencias Estadísticas Significativas para ninguna de las Dosis y variables de productividad estudiadas. Desde la perspectiva económica, en la tercera cosecha todos los tratamientos con B fueron superiores al Testigo, alcanzando Relaciones Beneficio/Costo de 2,13; 2,16; 2,14 y 2,26, respectivamente, mientras que en el Testigo sin B fue de 2,04. La adición de 500 cc de B/ha, resultó ser el mejor tratamiento desde el punto de vista técnico, productivo y económico, en razón de alcanzar los mayores rendimientos en TM de caña y azúcar/ha, así como la mejor Relación B/C, seguida por la Dosis de 400 cc con tan solo un 2,8% (0,34 TM) menos de producción en azúcar/ha.

INTRODUCCION

El Boro (B) al igual que otros elementos nutritivos es esencial para que en interacción directa con los factores bióticos y abióticos vinculados con la producción, permita a las plantas desarrollar y completar satisfactoriamente su ciclo productivo natural y, expresar así, su máximo potencial genético.

Junto con el Cu, Fe, Mn, Mo, Zn y Cl, forma parte del grupo selecto conocido como Micronutrimentos u Oligoelementos, los cuales si bien se requieren y asimilan en la planta en bajas concentraciones, resultan ser funcional y metabólicamente tan importantes y esenciales como los del grupo de los Primarios (N, P, K) y los Secundarios (Ca, Mg, S), hacia los cuales se enfoca la mayoría de las veces la investigación agrícola y la fertilización comercial, dejando de lado ese grupo tan especial de nutrimentos, a pesar de que como esta demostrado, son de vital importancia para el buen desarrollo y productividad de una plantación.

Las funciones del B no están aún totalmente esclarecidas, aunque tiene y desempeña un rol esencial en la

caña de azúcar, siendo muy importante en la división, maduración y diferenciación celular; parece estar envuelto en la asimilación y uso eficiente del Ca, el N y el K en la planta; está relacionado con la producción de azúcar y carbohidratos; contribuye en el desarrollo de raíces jóvenes; también en la germinación de los granos de polen y en el crecimiento del tubo polínico, proceso de gran importancia cuando del aprovechamiento de las flores se trata al hacer los cruzamientos para la obtención de las semillas, material indispensable en el mejoramiento de las variedades. Es esencial además en la formación de paredes celulares, proteínas, y los complejos de azúcar/B asociados con la translocación y transporte del azúcar dentro de la planta.

La absorción del B en la planta ocurre en las formas iónicas $B_4O_7^{-2}$ HBO_3^{-2} y BO_3^{-3}

Una vez dentro de la planta este nutrimento es inmóvil por lo que su deficiencia provoca entre otros, síntomas evidentes de afección principalmente en el meristemo apical, el cual puede llegar a morir. En las hojas jóvenes causa distorsiones particularmente en los márgenes de las hojas inmaduras, volviendo las hojas nuevas cortas y deformadas, con el limbo foliar arrugado y áspero (Anderson y Bowen 1994; Orlando Filho 2003).

Se considera que la baja disponibilidad de B en el suelo, está directamente relacionada con bajos contenidos de Materia Orgánica, la presencia de fracciones texturales arenosas, condiciones de acidez (pH) próximos a la neutralidad y también por el origen del material componente del suelo. Estiman Sobral y Weber (1983), que la corrección de la deficiencia de B puede ser hecha con la aplicación de 20 a 30 kg/ha de Bórax aplicado al suelo, o por medio de la aplicación foliar de 0,5% de Ácido Bórico.

OBJETIVO

El objetivo principal del estudio fue el de evaluar el efecto de la aplicación foliar de 5 Dosis crecientes de Boro (B), sobre los Rendimientos Agroindustriales de la variedad comercial de caña de azúcar SP 79-2233 y, determinar si alguna Dosis resulta técnico económicamente viable de emplear comercialmente para incrementar la productividad y rentabilidad del cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se estableció en junio del 2002 en un suelo del Orden Inceptisol de la localidad de Marañonal de Esparza, Puntarenas, a una altitud de 210 msnm, con una media anual de temperatura de 26° C y una precipitación total de 1.600 mm, distribuida entre los meses de mayo a noviembre.

El Diseño Experimental utilizado fue el de Bloques Completos al Azar con 3 repeticiones y una parcela útil de 55,25 m^2. La variedad comercial sembrada fue la SP 79-2233, cultivar que ha mostrado una muy buena adaptación a las condiciones climáticas y edáficas de la localidad. La cosecha en Ciclo Planta se realizó a los 10 meses de edad, mientras que para los Ciclos de Soca fue de 12 meses.

Los tratamientos y las Dosis de B evaluadas fueron: 200, 300, 400 y 500 cc /ha como elemento puro, adicionado en una única aplicación foliar con bomba de espalda a los 75 días de establecido el experimento en el Ciclo Planta y al mes de iniciada la estación lluviosa en los de Soca, por lo que el B se adicionó en todos los Ciclos. Se utilizó como fuente el B disponible al público en la Cámara de Productores de Caña del Pacífico nombrado como CPCP Boro, con una concentración del 13,5%, comparados esos tratamientos con un Testigo sin aplicación (-B).

Como fertilización básica en el Ciclo Planta se adicionó una Dosis general de 167, 132 y 164 kg/ha de N, P_2O_5 y K_2O, respectivamente, para todos los tratamientos incluyendo el que careció de aplicación de B. La misma fue distribuida en tres aplicaciones, iniciando con una dosis de 400 kg/ha de la fórmula 10-30-10 al momento de establecer el experimento; 200 kg de Nitrato de Amonio 1,5 meses después y 400 kg de la fórmula 15-3-31 a los 3 meses post siembra. Para los Ciclos de Retoño se adicionó en todos los tratamientos 200 kg/ha de Nitrato de Amonio al inicio de la época de invierno y 400 kg/ha de la fórmula 15-3-31 a los 45 días después, equivalente a 127, 12 y 124 kg/ha de N, P_2O_5 y K_2O, respectivamente.

Caracterización Química del Suelo

Las características químicas presentes en el suelo fueron determinadas en una muestra compuesta tomada a 20 cm de profundidad antes del establecimiento del estudio, cuyos resultados muestran bajas concentraciones de K y Zn, como se indica seguidamente:

meq/100 ml suelo					ug/ml suelo				
pH	Al	Ca	Mg	K	P	Zn	Mn	Cu	Fe
5,9	0,13	6,43	1,19	0,21	13	2,1	8	9	67

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados promedio obtenidos a partir de las tres primeras cosechas realizadas se exponen en el Cuadro 1, el cual contiene la información de todas las variables evaluadas, tanto de calidad como de rendimiento agrícola e industrial.

Es importante observar como los resultados promedio de 3 cosechas en las variables porcentuales de calidad del jugo: Brix, Pol, Pureza y Fibra son bastante homogéneas entre sí, al grado de que el Coeficiente de Variación (% C.V.) nunca alcanzó a superar el 2%, lo que denota un relativo bajo efecto e influencia del B sobre las mismas, pese a lo cual, la Dosis de 500 cc logró la mayor concentración (%) de Brix y Sacarosa. En el caso particular del Rendimiento Industrial (kg de azúcar/t), el Coeficiente fue también bajo, pero hubo por el contrario diferencias de importancia económica, evidenciándose un incremento lineal de la concentración de sacarosa conforme se elevó la Dosis de B aplicada.

La Dosis de 500 cc aumentó en 3,49 kg/t el contenido de sacarosa en los tallos respecto al Testigo sin B, lo que correspondió a un 3,09%. Fue por tanto evidente, el mejoramiento alcanzado en la calidad de los jugos por la adición de B foliar, aunque sin significancia estadística significativa para ninguno de los tratamientos estudiados en relación con esta variable.

En el caso de los índices de productividad agroindustrial la variación es mayor y sin tendencia definida ni tampoco significancia estadística, como se aprecia (Cuadro 1) con la Producción de Caña (TM/ha), donde las Dosis de 200 y 300 cc disminuyeron el tonelaje, el cual se elevó nuevamente al aplicar Dosis de 400 y 500 cc/ha. El Testigo sin B produjo 6,84 TM menos de caña (-6,19%) respecto a la Dosis mayor de 500 cc y -4,68 TM (-4,24%) respecto a la de 400 cc; superando sin embargo a las Dosis de 200 y 300 cc en 3,20 TM (- 2,89%) y 7,36 TM (-6,67%), respectivamente, lo que resulta importante procurar estudiar más.

En cuanto a la producción de azúcar/ha (Cuadro 1 y Figura 1), tampoco el Análisis de Varianza reporta diferencias estadísticas significativas para ninguno de los tratamientos evaluados, pese a lo cual hay diferencias productivas relevantes, como acontece con las Dosis de 400 y 500 cc que superaron al Testigo sin B en 0,84 TM (6,74%) y 1,18 TM (9,48%) de azúcar/ha, respectivamente. Las Dosis de 200 y 300 cc fueron siempre inferiores al Testigo sin B en -0,12 TM (-1,0%) y -0,59 TM (-4,7%), respectivamente.

Al revisar la Relación Caña/Sacarosa, se concluye que las diferencias encontradas entre tratamientos son irrelevantes puesto que varían nominalmente en realidad muy poco, como lo muestra el Cuadro 1, lo que debe interpretarse indicando que de acuerdo con los resultados, es poca la diferencia o cantidad de materia prima (caña) que se requiere moler para fabricar una TM de azúcar en el ingenio.

Desde la perspectiva técnica, económica y productiva resulta ser el tratamiento con la Dosis de 500 cc de B/ha la alternativa más viable para uso comercial, seguida por la Dosis de 400 cc, lógicamente para áreas de cultivo de caña de azúcar con condiciones edáficas y climáticas similares a las de la zona donde se realizó el experimento.

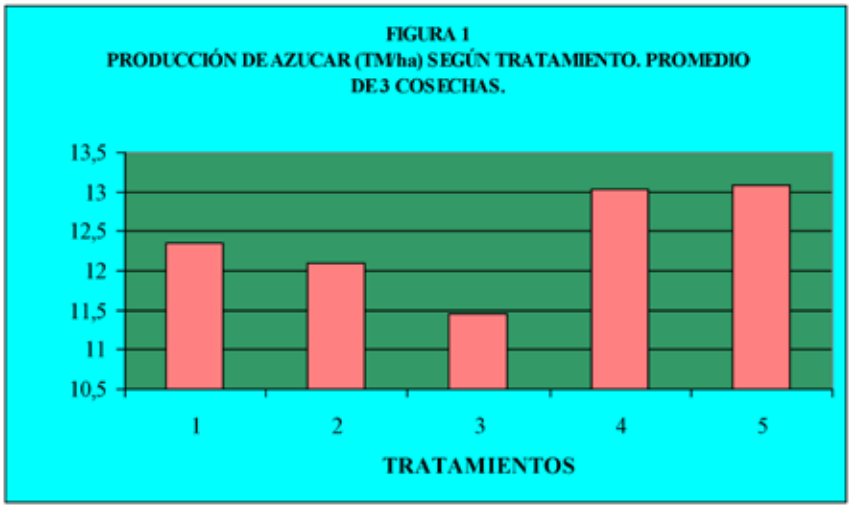
Comportamiento similar al aplicar Boro, se obtuvo en un experimento realizado en Cañas-Guanacaste, en donde la dosis de 500 g de B por hectárea alcanzó los mayores rendimientos en producción de caña y azúcar/ha; sin embargo, debe tomarse en cuenta que en ese estudio el B se adicionó en forma complementaria e interactiva con el Zinc (Angulo y Chaves 2004).

El Cuadro N° 2 y la Figura 2 exponen comparativa e individualmente los resultados de las 3 cosechas realizadas hasta el momento para las variables de Rendimiento Industrial (kg azúcar/t), Toneladas de Caña y también las

CUADRO N° 1
EFECTO DE LA APLICACIÓN FOLIAR DE 5 DOSIS CRECIENTES DE BORO EN CAÑA DE AZUCAR EN UN INCEPTISOL DE ESPARZA, PUNTARENAS. PROMEDIO DE 3 COSECHAS.

Tratamiento cc B/ha	Porcentaje				Rendimiento kg azúcar/t	TM/ha		Relación Caña/Sacar.	PRT
	Brix	Pol	Pureza	Fibra		Caña	Azúcar		
0	19,81	17,03	85,89	12,86	112,77	110,42	12,45	8,87	100,0
200	19,76	17,06	86,44	12,42	115,02	107,22	12,33	8,69	99,0
300	19,82	17,04	85,93	12,53	115,08	103,06	11,86	8,69	95,3
400	19,72	17,03	86,41	12,63	115,44	115,10	13,29	8,66	106,7
500	20,23	17,20	85,21	12,21	116,26	117,26	13,63	8,60	109,5
PROMEDIO	19,87	17,07	85,98	12,53	114,91	110,61	12,71	8,70	102,78
C.V.(%)	1,04	0,43	0,58	1,93	1,13	5,21	5,72	1,14	5,81

Relación Caña/Sacarosa = TM de caña necesarias moler para obtener una TM de azúcar en el ingenio.
PRT = Diferencia porcentual con relación al Testigo (-B) en lo que a TM de azúcar se refiere.



Es importante notar como en lo que respecta a Toneladas de Azúcar por hectárea, la producción mantuvo una tendencia lineal creciente en las tres diferentes cosechas realizadas, como se aprecia en la Figura 2. Este efecto es el resultado del hecho de que ciertamente el tonelaje agrícola bajó en la tercera cosecha en relación con la segunda, mientras que el Rendimiento Industrial (kg azúcar/t) fue comparativamente mayor en la tercera, logrando por eso un incremento en las TM de azúcar/ha, manteniendo así una tendencia creciente, como también se observa en el Cuadro 2.

Toneladas de Azúcar/ha. Se aprecia como los promedios generales de Rendimiento Industrial de los diferentes tratamientos, cayeron significativamente (-18,42 kg/t) en un valor del -15,2% durante la Primera Soca en relación al promedio del Ciclo de Caña Planta (121,11 kg/t); el cual también fue superior respecto al promedio de la Segunda Soca (117,85 kg), cuya diferencia fue sin embargo tan solo de un -2,7% equivalente a -3,26 kg de sacarosa/ha. Dicha tendencia fue igualmente válida y aplicable para los tratamientos individuales.

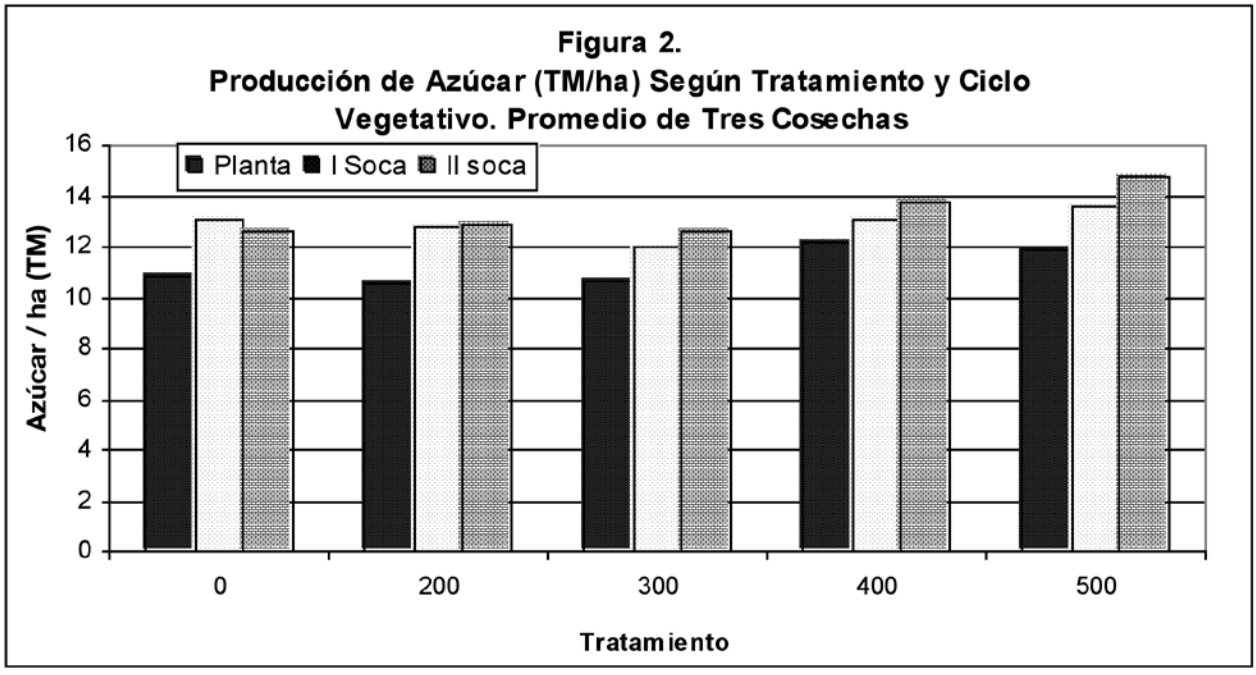
La tendencia en el tiempo en cuanto a producción de caña/ ha fue por el contrario inversa, siendo el Ciclo de Caña Planta el de menor productividad promedio para los 5 tratamientos, con tan solo 92,89 TM/ha, mientras que en Primera Soca el promedio fue de 125,66 y en la Segunda Soca de 113,19 t/caña/ha (Cuadro 2)

Cabe resaltar que fue en la Segunda Cosecha cuando se alcanzó el mayor Tonelaje de Caña con un promedio general para los 5 tratamientos de 125,66 t/ha, como se nota en el Cuadro 2; no obstante, fue en la Tercera Cosecha cuando el Tonelaje de Azúcar (TM/ha) reflejó las más altas producciones con un promedio de 13,33 TM/ha. Destaca el incremento mostrado por la Dosis de 500 cc en el tiempo.

Las variables económicas calculadas a partir de valores de la Tercera Cosecha, contenidas en el Cuadro 3, reflejan un balance positivo de parte de los tratamientos con Boro, con una Relación Beneficio/ Costo que en promedio alcanza la cifra de 2,17; superando al Testigo sin B (Relación B/C de 2,04), lo cual demuestra un efecto positivo inducido por la adición de ese nutrimento, pese a que el Análisis de Varianza demostró que las diferencias entre Dosis no son estadísticamente significativas.

CUADRO Nº 2
RENDIMIENTO AGROINDUSTRIAL COMPARATIVO DEL EFECTO DE LA APLICACIÓN FOLIAR DE B. VALORES PROMEDIO DE 3 COSECHAS

TRATAMIENTO	kg Azúcar/t			TM Caña/ha			TM Azúcar/ha		
cc B	Planta	I Soca	II Soca	Planta	I Soca	II Soca	Planta	I Soca	II Soca
0	123,28	100,59	111,81	88,14	129,89	113,23	10,87	13,07	12,66
200	119,37	102,02	118,87	88,68	125,19	107,78	10,59	12,77	12,81
300	117,76	104,16	122,13	90,46	114,92	103,65	10,65	11,97	12,66
400	124,12	103,37	115,44	98,45	126,86	119,68	12,22	13,11	13,82
500	121,03	103,29	121,02	98,70	131,46	121,62	11,95	13,58	14,72
PROMEDIO	121,11	102,69	117,85	92,89	125,66	113,19	11,26	12,90	13,33
C.V. (%)	2,19	1,36	3,59	5,67	5,17	6,75	6,84	4,61	6,85



CUADRO N° 3
RESULTADOS AGROINDUSTRIALES Y ECONOMICOS DE LA ADICIÓN DE 5 DOSIS DE B.
TERCERA COSECHA, ESPARZA, PUNTARENAS.

Tratamiento cc B/ha	Rendim.	TM/ha		Beneficio Bruto	Costos Totales	Beneficio Neto	Beneficio /Costo
	kg az./t	Caña	Azúcar				
0	111,81	113,23	12,66	1.316.640,0	646.958,0	669.682,0	2,04
200	118,87	107,78	12,81	1.332.240,0	626.248,0	705.992,0	2,13
300	122,13	103,65	12,66	1.316.640,0	610.554,0	706.086,0	2,16
400	115,44	119,68	13,82	1.437.280,0	671.468,0	765.812,0	2,14
500	121,02	121,62	14,72	1.530.880,0	678.840,0	852.040,0	2,26
PROMEDIO	117,85	113,19	13,33	1386736,00	646.813,60	739.922,40	2,14
C.V. (%)	3,59	6,75	6,85	6,85	4,49	9,67	3,66

	Colones
Precio Azúcar:	104.000/TM
Corta y Carga:	1.750/TM
Transporte:	2.100/TM
Costos Fijos:	

De acuerdo con los resultados promedio obtenidos a partir de las tres cosechas evaluadas, solamente las Dosis de 400 y 500 cc de Boro reflejaron haber inducido un incremento en las Toneladas de Caña y Azúcar producidas por ha, lo que se manifestó y proyectó en términos de rentabilidad. Con base en esos resultados se recomienda aplicar esas Dosis.

CONCLUSIONES

Con fundamento en los resultados de las evaluaciones realizadas y las inferencias derivadas de la investigación, se puede concluir lo siguiente:

1. La adición de Boro foliar demostró inducir efectos positivos cuando se aplicó en Dosis de 400 y 500 cc de producto puro/ha, en virtud de los incrementos promedio observados al término de las tres cosechas evaluadas, tanto en el Rendimiento Industrial (kg azúcar/t), como en las TM de Caña y Azúcar/ha, a pesar de que el Análisis de Varianza no reflejó diferencias estadísticas significativas entre tratamientos.

2. Solamente los tratamientos con Dosis de 400 y 500 cc de B/ha mostraron ser consistentes en su comportamiento productivo, superando al Testigo sin B en todas las evaluaciones practicadas y en las 3 variables principales de productividad agroindustrial evaluadas.

3. Las mayores productividades agroindustriales promedio se alcanzaron con la adición de 500 cc de B/ha, con lo cual se logró obtener 116,26 kg de azúcar/t; 117,26 TM de Caña/ha y 13,63 TM de Azúcar/ha; mientras que en el caso del Testigo sin B, los rendimientos alcanzados fueron de: 112,77 kg de azúcar/t; 110,42 TM de Caña/ha y 12,45 TM de Azúcar/ha, para una diferencia de 3,49 kg (3,%); 6,84 TM (6,2%) y 1,18 TM (9,5%), respectivamente, a favor del B.

4. De acuerdo a las condiciones edáficas y climáticas prevalecientes en el lugar y con base en los resultados obtenidos en el estudio, se considera la adición de 500 cc de Boro/ha como la alternativa mas viable desde la perspectiva técnico económica y productiva, en razón de haber alcanzado un incremento de azúcar/ha de 1,18 TM (9,5%) con relación al Tratamiento sin B, y una Relación B/C de 2,26 en la Tercera Cosecha cuando comparado al 2,04 del Testigo.

5. Se estima recomendable, prudente y razonable sin embargo, continuar con estudios de valoración de fuentes, dosis, interacciones (con Zn) y épocas de aplicación de este micronutrimento.

LITERATURA CITADA

1. Anderson, D; Bowen, J. 1994. Nutrición de la Caña de Azúcar. Quito, Ecuador. p: 10-11

2. Angulo, A; Chaves, M. 2004. Evaluación del Efecto Interactivo de la Fertilización Foliar (Boro y Zinc), sobre los Rendimientos Agroindustriales de la Caña de Azúcar, Variedad SP 81-3250, Promedio de 2 Cosechas. Cañas, Guanacaste. Informe Anual DIECA, 2005 (Sin Publicar),

3. Chaves S., M. 1999. Nutrición y Fertilización de la Caña de Azúcar en Costa Rica. IN: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 11, San José, Costa Rica, 1999. Memoria. Recursos Naturales y Producción Animal. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos: EUNED. Volumen 3. p: 193-214.

4. Orlando Filho, J. 2003. Boro e Zinco em Cana-de Azúcar. In: Congreso de ATACORI "Ing. Agr. José Luis Corrales", 15, Guanacaste, Costa Rica. 2003. Memoria. San José. Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI). p: 207-208.

5. Sobral, F.; Weber, H. 1983. Nutrição Mineral da Cana-de-Açúcar (Micronutrientes). IN: Nutrição e Adubação da Cana-de-Açúcar No Brasil. José Orlando Filho (Coord.). Instituto do Açúcar e do Álcool. PLANALSUCAR, Piracicaba, Brasil. p: 103-122.

6. Villalobos, C; Chaves, M. 2004. Evaluación Comparativa de los Resultados Agroindustriales de 5 Dosis Crecientes de Boro en Aplicación Foliar en Caña de Azúcar, en un Inceptisol de Esparza, Puntarenas. Promedio de Dos Cosechas. Informe Anual DIECA, 2004 (Sin Publicar).

FERTILIZACION FOLIAR CON BORO Y ZINC EN CAÑA DE AZUCAR, EFECTO SOBRE LOS RENDIMIENTOS AGROINDUSTRIALES. PROMEDIO DE TRES COSECHAS. CAÑAS, GUANACASTE

Álvaro Angulo M., Marco Chaves S., Gerardo Guzmán S.
Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar
e-mail: aangulo@laica.co.cr, mchavezs@laica.co.cr, gguzman@laica.co.cr

RESUMEN

El Zn y el B son nutrimentos esenciales que de acuerdo con los diagnósticos de fertilidad se encuentran mayoritariamente en condición de insuficiencia en la mayoría de los suelos agrícolas de Guanacaste. Su adición y respuesta en el caso de la caña de azúcar carece de información consistente que asegure su empleo. Tanto el Zn como el B han comprobado su importante participación en diferentes actividades enzimáticas y fisiológicas en la planta, pues intervienen en actividades metabólicas vinculadas con los carbohidratos y el transporte de azúcares. Dado que existe información limitada sobre su adición por medio de la fertilización foliar, que relacione el aporte de estos nutrimentos con los rendimientos agroindustriales de la caña de azúcar, se estableció el presente experimento en el CURDTS, ubicado en Cañas, Guanacaste, a una altitud de 12 msnm. El sitio esta localizado a 10° 19' 34" Latitud Norte y 85° 09' 10" Longitud Oeste, con una precipitación total anual de 1.670 (mm). Se utilizó un Diseño Experimental de Bloques Completos al Azar con tres repeticiones. La fertilización base aplicada al suelo correspondió a 150, 80 y 100 kg /ha de N, P_2O_5 y K_2O en Ciclo Planta y 150, 0, 100 kg /ha de N y K_2O en Soca, respectivamente; adicionalmente, en el caso del B y el Zn, se utilizó fuentes de CYTOZYME al 11 % de Zn y AGRIAL BORO al 13,5 % de B. La aplicación de los tratamientos se realizó con bomba de espalda a los 2,5 meses de edad de la plantación en cada uno de los Ciclos Vegetativos de la variedad SP 81 3250. La caña se cosechó quemada a los 11 meses de edad en ciclo planta y 12 meses en soca. El análisis promedio de los resultados revela un comportamiento favorable en los rendimientos de caña y azúcar por hectárea, por el uso de la fertilización foliar con Zn y B. También se observó que el mejor resultado productivo (TM de caña y azúcar/ha) luego de realizadas tres cosechas, se logró básicamente por acción del Zn en la Dosis de 500 g. Hubo en relación al Testigo, un incremento del 13,8 % de azúcar (1,88 TM/ha) con la adición foliar de 500 g de Zn y del 12,2% (14,16 TM/ha) en la producción de caña con la misma Dosis, la cual resulta desde la perspectiva técnico económico rentable muy satisfactorio. La mayor Concentración de Sacarosa se alcanzó con la Dosis de 700 g de Zn al incrementar en 1,9% (1,60 kg/t) el Rendimiento Industrial. Del mismo modo, se observó que la acción del B en la Fertilización Foliar de forma particular mostró resultados productivos menos satisfactorios, por lo que pareciera que su acción se ve muy favorecida por el sinergismo que mantiene con el Zn. Se recomienda el empleo de ambos nutrimentos en forma conjunta o el Zn de manera independiente en una Dosis de 500 g.

INTRODUCCION

La caña de azúcar al igual que otros cultivos de naturaleza extensiva-intensiva, requiere disponer de cantidades importantes de los elementos Boro (B) y Zinc (Zn), para satisfacer sus necesidades nutricionales durante los ciclos vegetativos sucesivos de cosecha durante su vida comercial.

Esta documentada ampliamente la importancia del B en diferentes procesos metabólicos y fisiológicos de la planta, vinculados directa o indirectamente con la producción; como es en la síntesis de la pared celular y la integridad de la membrana plasmática, también se le relaciona con el metabolismo de los carbohidratos y el transporte de los azucares. Se ha comprobado su participación a nivel del meristemo apical, donde interviene

en el desarrollo de las hojas y la elongación de los tallos (Anderson *et al* 1994). Asimismo, parece ser que la absorción de K se reduce significativamente en muchos casos ante una insuficiencia de B. En el suelo la absorción del B se favorece con el porcentaje de arcilla contenido y el pH del suelo, siendo un factor limitante la lixiviación. La extracción de B por la caña de azúcar es de aproximadamente 0,0017 kg /TM, y su contenido foliar óptimo es entre 15 y 20 ppm.

El caso del Zinc (Zn) este se relaciona con la biosíntesis de la planta, pues interviene como regulador del Ácido Indol-3 Acético (IAA). Además participa en actividades enzimáticos (Carbón Anhidra, Alcohol – Deshidrogenada y Purina Nucleótido), también en la síntesis de aminoácidos y almidones. Tanto el B como el Zn son nutrimentos esenciales para el funcionamiento óptimo de la ATP-asa y de los sistemas REDOX en la membrana plasmática de las plantas.

La extracción de Zn por la caña de azúcar se encuentra entre 0,0044 kg/TM, y su contenido foliar optimo varía entre 15 – 30 ppm, muy similar a lo expuesto por Orlando F° (2003), el cual encontró y ubicó esos contenidos para este micro nutrimento.

Las experiencias en el cultivo de la caña de azúcar por uso de estos micronutrimentos a nivel regional son limitadas, a excepción de los resultados de Sequeira *et al* (2001), quienes encontraron incrementos significativos de toneladas de caña y azúcar por hectárea, debido al empleo de la fertilización foliar con Zn y B.

OBJETIVO

El objetivo del presente experimento fue evaluar el efecto agroindustrial de la caña de azúcar inducido por el uso interactivo de la Fertilización Foliar con Boro y Zinc, en una variedad promisoria (SP 81- 3250).

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se estableció en el área experimental de DIECA, ubicada en los terrenos del **Colegio Universitario para el Desarrollo del Riego y el Trópico Seco (CURDTS),** en Cañas, Guanacaste, a una altitud de 12 msnm, localizado a 10° 19' 34" Latitud Norte y 85° 09' 10" Longitud Oeste, con una precipitación promedio anual de 1.670 (mm). Se empleó un Diseño Experimental de Bloques Completos al Azar con tres repeticiones. La unidad experimental fue de 75 m^2 (5 surcos de 10 m de largo); el experimento se estableció en suelo del orden Inceptisol, Franco Arenoso de fertilidad media.

Los tratamientos fueron aplicados en un suelo de textura Franco-Arenosa del orden taxonómico Inceptisol, cuya caracterización química fue la siguiente: pH 6,1 y Acidez de 0,11 cmol (+)/l; Ca 15,43; Mg 4,93 y K 0,44 cmol (+)/l, respectivamente. Las concentraciones de micronutrimentos en µ/ml fueron de: P 25; Zn 4; Cu 14; Mn 6 y Fe 55. La CICE fue de 20,91 cmol (+)/l y el contenido de Materia Orgánica de 2,63%.

La fertilización base correspondió 150 – 80 – 100 kg /ha de N, P_2O_5 y K_2O en el Ciclo Planta y 150 – 0 – 100 kg /ha de N y K_2O en Soca; adicionalmente en el caso del Boro y el Zinc se utilizó como fuentes el CYTOZYME al 11 % de Zn y el AGRIAL BORO al 13,5 % de B. Se evaluaron 9 Tratamientos resultantes de la interacción de tres Dosis de Zn: 0 – 500 – 700 gramos con tres de B: 0 – 500 – 700 gramos, los cuales se anotan en el Cuadro 1. El Testigo no llevó aplicación de B y Zn aunque si de N, P_2O_5 y K_2O. La aplicación de los tratamientos se realizó con bomba de espalda a los 2,5 meses de edad de la plantación en cada uno de los tres Ciclos Vegetativos evaluados en la variedad SP 81 3250, cosechada quemada a los 11 meses de edad en planta y 12 meses en ciclo de soca. La plantación fue regada en el periodo seco (enero-mayo).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis realizado corresponde al resultado de la evaluación de los datos agroindustriales de tres cosechas y el respectivo promedio de sus cortes.

1) Primera Cosecha:

La primera cosecha muestra (Cuadro 1), un comportamiento poco diferenciado entre los tratamientos (Dosis e Interacción), pues se comprobó estadísticamente que no hubo diferencias probabilisticamente significativas para ninguna de las variables de productividad agroindustrial analizadas (P ≥ 0,05% Tuckey), pese a lo cual si hubo diferencias de interés productivo y económico.

El mayor tonelaje de caña en este corte lo alcanzaron las Dosis individuales de 500 g de B con 139,36 TM/ha, seguida por la de 500 g de Zn con 138,80 TM/ha, superando ambas al Testigo Absoluto en 27,13 TM (24,2%) y 26,57 TM (23,7%), respectivamente. La mejor interacción en esta variable y ciclo fue Zn 500 + B 700 g con un tonelaje de 133,53 TM/ha.

Los resultados muestran que el uso micronutrimentos vía foliar especialmente el Zn, favorecen los rendimientos agroindustriales de la caña de azúcar. Es así que, indistintamente de la Dosis aplicada, todos los tratamientos donde se adiciono Zn a la Fertilización Foliar, superaron al Testigo de referencia en cuanto a producción de caña (TM/ha).

La calidad de los jugos correspondiente a las variables industriales mostraron un comportamiento muy similar entre tratamientos, es probable que la Fertilización Foliar no influyera generando una respuesta positiva

contundente a nivel de estas variables; sin embargo, la Concentración de Sacarosa (Rendimiento Industrial) mostró un efecto positivo a la aplicación de los micronutrimentos B y Zn, principalmente cuando se trata de la relación 1:1 (500 g Zn + 500 g B), como se indica en el Cuadro 1. Ese tratamiento conjunto fue el de mejor concentración de sacarosa con 122,44 kg/t, un 5,7% superior al Testigo equivalente a 6,66 kg/t; le siguió de manera muy próxima (122,41 kg/t) la Dosis de 500 g de Zn.

De acuerdo con los resultados de la primera cosecha, se evidenció la importancia de adicionar estos micronutrimentos en la nutrición de la caña de azúcar, pues repercuten en beneficiosos directos de la producción agrícola e industrial de la caña de azúcar. Pareciera más definida y productivamente superior la respuesta de la planta al Zn, cuyo promedio de las tres Dosis fue de: 118,67 kg/t; 124,70 TM de caña/ha y 14,82 TM de azúcar/ha; en el caso del B fue de: 115,59 kg/t; 121,42 TM de caña/ha y 14,13 TM de azúcar/ha.

2) Segunda Cosecha

En relación a la esta evaluación (Cuadro 2), los resultados del análisis estadístico indican que tampoco hubo diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, para la mayoría de variables estudiadas, pues únicamente se presentaron diferencias con carácter probabilístico al (P > 0,11 Tuckey) en la variable Producción de Caña por hectárea.

Se observa en los datos de producción, que la aplicación combinada de Zn +B en la Fertilización Foliar de la caña de azúcar, promueve incrementos satisfactorios de caña y azúcar por hectárea; por ejemplo la combinación (500 g Zn + 700 g B) produjo un 21,6 % (21,67 TM) más de caña/ha que el Testigo de referencia (100,43 TM), lo cual proyecto también como el tratamiento con la mejor producción de azúcar/ha (13,47 TM) durante esta evaluación, superando al Testigo en un 13,4%.

Las variables industriales de calidad del jugo (Brix, Pol, Pureza y Fibra) mostraron un comportamiento muy similar respecto a la primera cosecha, no encontrándose efectos significativos por causa de la Fertilización Foliar de Zn y B (Cuadro 2). El Rendimiento Industrial reveló un comportamiento muy diferenciado entre tratamientos, pero sin mostrar diferencias estadísticas significativas (P ≥ 0,05%), siendo sin embargo los tratamientos donde se adicionó Zn (500-700 g), los mejores en cuanto a Concentración de Sacarosa (117,65 kg/t) respecto al B (115,72 kg/t). Por el contrario, el Testigo en esta ocasión mostró valores satisfactorios de Concentración de Sacarosa en el orden del (118,37 kg/t).

Medias con diferente letra difieren estadísticamente entre sí, según prueba de Tuckey (P ≤ 0,05%).

3) Tercera Cosecha

Los resultados obtenidos en la tercera cosecha muestran un comportamiento también muy similar al verificado en la primera cosecha, con excepción que en ésta evaluación el tratamiento Testigo mostró un comportamiento extraordinario; sin embargo, el Rendimiento Industrial (kg/t) y la Relación de Sacarosa si

CUADRO 1
Resultados Agroindustriales del Experimento Zn /B en Caña de Azúcar. Primera Cosecha. CURDTS, Cañas, Guanacaste.

Tratamientos		Porcentaje				Rendimiento kg Azúcar/t	TM/ha		Relación Sacarosa
Zn	B	Brix	Pol	Pureza	Fibra		Caña	Azúcar	
0	0 (t)	22,66	20,84	92,00	15,96	115,78	112,23	13,00	8,6
0	500	22,23	20,84	93,71	16,23	114,43	139,36	16,27	8,6
0	700	22,73	21,06	92,65	16,33	116,57	112,66	13,11	8,6
500	0	23,70	21,75	91,79	15,29	122,41	138,80	16,99	8,2
500	500	22,86	21,40	93,80	15,10	122,44	124,43	15,23	8,2
500	700	22,73	20,85	91,72	15,14	117,71	133,53	15,71	8,5
700	0	22,76	21,17	93,04	16,19	117,81	123,06	14,47	8,5
700	500	23,26	21,82	93,78	16,69	120,73	131,33	15,84	8,3
700	700	22,80	21,48	94,35	15,76	121,69	124.,21	15,08	8,2
Promedio		22,86	21,42	92,96	15,85	119,06	126,.62	15,07	8,4
CV (%)		4,28	3,56	2,02	4,09	3,91	16,44	16,17	3,9

(T) TRATAMIENTO TESTIGO SIN Zn y B.

CUADRO 2
Resultados Agroindustriales del Experimento Zn / B en Caña de Azúcar, Segunda Cosecha. CURDTS, Cañas, Guanacaste.

Tratamientos Zn	Tratamientos B	Porcentaje				Rendimiento kg Azúcar/t	TM/Ha		Relación Sacarosa
		Brix	Pol	Pureza	Fibra		Caña	Azúcar	
0	0 (t)	22,76	20,40	89,63	14,63	118,37 ab	100,43 b	11,88 a	8,4
0	500	21,16	20,15	91,03	14,92	117,23 ab	109,96 ab	12,89 a	8,5
0	700	21,60	19,49	90,37	14,48	114,21 ab	113,00 ab	12,91 a	8,7
500	0	21,50	19,51	90,75	14,95	113,23 ab	116,00 ab	13,22 a	8,8
500	500	22,30	19,98	89,61	15,28	114,24 ab	110,23 ab	12,52 a	8,8
500	700	21,40	19,28	90,08	15,40	110,32 b	122,10 a	13,47 a	9,2
700	0	22,86	20,85	91,29	14,81	122,07 a	107,56 ab	13,12 a	8,2
700	500	22,43	19,91	88,81	14,32	116,30 ab	112,40 ab	13,06 a	8,6
700	700	21,66	19,82	90,21	14,51	111,78 b	113,23 ab	12,64 a	8,9
Promedio		22,07	19,93	90,19	14,81	115,30	111,75	12,86	8,7
CV (%)		4,12	4,44	1,48	3,53	4,71	9,09	10,73	5,38

CUADRO 3
Resultados Agroindustriales del Experimento de Zn/B en Caña de Azúcar. Tercera Cosecha. CURDTS, Cañas, Guanacaste.

Tratamientos Zn	Tratamientos B	Porcentaje				Rendimiento kg Azúcar/t	TM / ha		Relación Sacarosa
		Brix	Pol	Pureza	Fibra		Caña	Azúcar	
0	0 (t)	21,50	19,30	93,09	13,19	116,75 abc	136,60 ab	15,96 ab	8,6
0	500	20,00	17,93	89,78	13,45	109,82 abc	124,46 bc	13,71 ab	9,1
0	700	21,70	18,72	86,18	13,39	106,96 bc	125,16 bc	13,30 b	9,4
500	0	20,70	19,25	91,52	12,81	119,04 a	136,00 ab	16,25 a	8,4
500	500	20,83	18,95	90,95	13,34	117,04 abc	134,90 ab	15,78 ab	8,6
500	700	21,30	17,71	83,08	12,74	108,78 abc	123,33 bc	13,35 b	9,3
700	0	21,83	19,74	90,44	14,23	116,64 abc	132,23 ab	15,43 ab	8,6
700	500	21,23	18,63	87,68	13,46	106,07 c	141,53 a	15,03 ab	9,5
700	700	21,60	19,67	91,09	13,92	117,63 ab	140,00 a	16,56 a	8,5
Promedio		21,18	18,88	89,31	13,39	113,25	132,80	15,04	8,9
CV %		4,59	5,37	3,08	6,51	5,88	9,42	11,94	6,25

Medias con diferente letra difieren estadísticamente entre sí, según prueba de Tuckey (P ≤ 0,05%).

mostraron diferencias al (P > 0,08% y 0,06% Tuckey), respectivamente. Las variables de calidad de jugos: Brix, Pol, Pureza y Fibra no mostraron diferencias estadísticas significativas (Cuadro 3).

Dado que no se evidenciaron diferencias significativas marcadas entre los tratamientos para la mayoría de las variables evaluadas, es probable y válido inferir, que la Fertilización Foliar no logró mejorar la productividad en la presente cosecha; sin embargo, nuevamente se observó una tendencia clara en favor de los tratamientos donde se aplicó Zn Foliar; por ejemplo, el mejor Rendimiento Industrial valorado a través de la Concentración de Sacarosa (119,04 kg sacarosa/t) se obtuvo con el tratamiento de 500 g Zn, lo cual estadísticamente fue significativo (P > 0,06 % Tuckey).

Pareciera que el uso exclusivo de B en la Fertilización Foliar afecta la Concentración de Sacarosa de la caña de azúcar, pues en los tratamientos donde se adicionó solamente este micronutrimento, la Concentración de Sacarosa declinó.

CUADRO 4
Resultados Agroindustriales del Experimento de Zn/B en Caña de Azúcar. Promedio de Tres Cosechas. CURDTS, Cañas, Guanacaste.

Tratamientos Zn	B	Porcentaje				Rendimiento kg Azúcar/t	TM/ha		Relación Sacarosa
		Brix	Pol	Pureza	Fibra		Caña	Azúcar	
0	0 (t)	22,31	20,18	91,57	14,59	116,97 ab	116,44 c	13,61 ab	8,5
0	500	21,47	19,64	91,51	14,87	114,49 ab	124,60 ab	14,29 ab	8,8
0	700	22,01	19,76	89,73	14,73	112,58 b	116,94 c	13,11 b	8,9
500	0	21,96	20,17	91,35	14,35	118,42 ab	130,60 a	15,49 a	8,4
500	500	22,00	20,11	91,38	14,57	117,90 ab	123,19 a	14,49 ab	8,5
500	700	21,81	19,28	88,29	14,43	112,27 b	126,32 ab	14,18 ab	9,0
700	0	22,48	20,59	91,59	15,08	118,84 a	120,95 bc	14,34 ab	8,4
700	500	22,31	20,12	90,09	14,82	114,37 ab	128,42 ab	14,65 ab	8,8
700	700	22,02	20,32	91,88	14,73	117,03 ab	126,11 ab	14,76 ab	8,6
Promedio		22,04	20,02	90,82	14,68	115,87	123,73	14,32	8,7
CV (%)		3,23	3,32	1,47	2,31	3,07	9,01	9,47	3,28

Medias con diferente letra difieren estadísticamente entre sí, según prueba Tuckey (P ≤ 0,05%).

La producción de caña /ha fue máxima (41,53 TM/ha) cuando se aplicó el tratamiento correspondiente a la Fertilización Foliar de 700 g Zn + 500 g B/ha, lo cual significó un incremento (3,6 %) de aproximadamente 4,93 TM de caña por hectárea superior al Testigo. La producción de azúcar por hectárea fue afectada por la Concentración de Sacarosa de los tallos, y por consiguiente, el mejor tratamiento fue aquel donde se aplicó Zn y B en la Fertilización Foliar en sus máximas concentraciones correspondiente al Tratamiento N° 9 (700 g Zn + 700 g B). La Dosis de 500 g de Zn logró una productividad de azúcar ligeramente inferior (16,25 TM/ha), lo que debe tomarse en cuenta al decidir sobre la opción más viable.

4) Promedio de Tres Cosechas

El análisis promedio de los resultados se presenta en el Cuadro 4. Los datos sugieren un comportamiento similar al obtenido con las cosechas individuales de los tratamientos, en términos generales no se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos: Dosis e Interacción (P > 0,05%) para la mayoría de variables evaluadas; sin embargo, la Pureza de los jugos y la Relación de Sacarosa si mostraron significancia entre si (P > 0,01 y 0,11%), respectivamente.

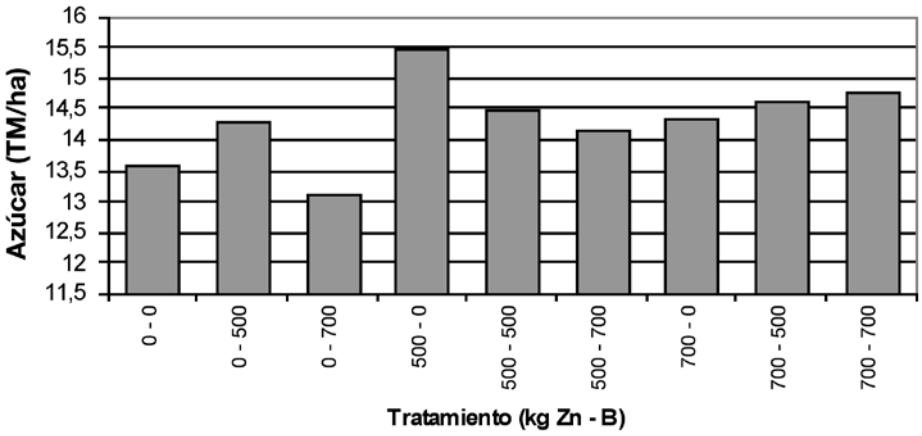
A excepción de la Pureza las variables industriales no mostraron diferencias estadísticas significativas, que haga suponer un efecto inductor de la Fertilización Foliar sobre la calidad de los jugos. Lo mismo se observó a través de las tres cosechas realizadas.

Los valores del Rendimiento Industrial indican un comportamiento favorable para la aplicación de Zn Foliar. Se observó luego de tres cosechas, que la Concentración de Sacarosa mejoró primordialmente cuando solamente se aplicó Zn entre 500 y 700 gramos por hectárea (> 118,4 kg/t), como lo expresa el contenido del Cuadro 4, con lo cual se superó al Testigo en 2,4 kg (1,6%).

De manera similar, la Producción de Caña y Azúcar (TM/ha) fueron afectadas por los tratamientos donde sólo se aplicó Zn Foliar, siendo el mejor tratamiento aquel donde se adicionó 500 g de Zn/ ha a la planta. Dicha Dosis produjo 130,60 TM de caña/ha superando como promedio de tres cosechas al Testigo en 14,16 TM equivalente a un 12,2%. Con el azúcar las diferencias fueron de 1,88 TM (13,8%). El segundo mejor tratamiento correspondió a la interacción 700 g Zn + 700 g B. La Figura 1 muestra comparativa y gráficamente las diferencias entre las dosis de Zn y Boro para la variable de producción de azúcar (TM/ha).

Dado que no hubo diferencias de trascendencia con carácter estadísticamente significativo entre los tratamientos, tanto en las cosechas individuales como también en el promedio de las tres cosechas, es posible demostrar que luego del periodo evaluado el uso del Zn participa en procesos productivos que benefician los rendimientos de campo e industriales de la caña de azúcar. Es así que todas la interacciones donde se adicionó este nutrimento mejoraron la Concentración de Sacarosa en los tallos, y eventualmente la Producción de Caña y Azúcar por hectárea (TM/ha), como se observa en el Cuadro 5.

Figura 1. Producción de Azúcar (TM/ha) Según Tratamiento



CUADRO 5
Comparativo entre Cosechas y Promedio del Experimento Zn /B para las Variables de Producción. CURDTS, Cañas, Guanacaste.

Tratamiento		Sacarosa (kg /TM)				Caña (TM/ha)				Azúcar (TM/ha)			
Zn	B	1	2	3	Prom	1	2	3	Prom	1	2	3	Prom
0	0	115,78	118,37	116,75	116,97	112,23	100,43	136,66	116,44	13,00	11,88	15,96	13,61
0	500	114,43	117,23	109,82	114,49	139,36	109,96	124,46	124,60	16,27	12,89	13,71	14,29
0	700	116,57	114,21	106,96	112,58	112,66	113,00	125,16	116,94	13,11	12,91	13,30	13,11
500	0	122,44	114,23	119,58	118,42	138,80	116,00	136,00	130,60	16,99	13,22	16,25	15,49
500	500	122,41	114,24	117,04	117,90	124,43	110,23	134,90	123,19	15,16	12,52	15,78	14,49
500	700	117,71	110,32	108,78	112,27	133,53	122,10	123,23	126,32	15,71	13,47	13,35	14,18
700	0	117,81	122,07	116,64	118,84	123,06	107,56	132,23	120,95	14,47	13,12	15,43	14,34
700	500	120,73	116,30	106,07	114,37	131,33	112,40	141,53	128,42	15,84	13,06	15,03	14,65
700	700	121,69	117,78	117,63	117,03	124,21	113.23	140,00	126,11	15,08	12,64	15,56	14,78
Promedio		119,06	115,30	113,25	115,87	126,62	111,75	132,80	123,73	15,07	12,86	15,04	14,32
CV (%)		3,91	4,71	5,88	3,07	16,4	9,09	9,42	9,01	16,17	10,73	11,94	9,47

Pareciera que la acción del B en el cultivo de la caña de azúcar opera más como un agente "potencializador" que participa más activamente en presencia del Zn, como lo demuestran los resultados obtenidos durante las diferentes cosechas realizadas, donde los resultados individuales fueron ligeramente beneficiosos.

El Cuadro 5 presenta un resumen de las cosechas individuales y su promedio para las tres principales variables de producción agroindustrial. Fue evidente una reducción en todas las variables durante la segunda cosecha y las más altas, para la producción de caña (TM/ha), durante la tercera cosecha. El Testigo alcanzó las menores productividades de caña y azúcar (TM/ha) durante la primera y segunda cosecha, no así en la tercera donde ese tratamiento superó a otros; esto hace presumir una pérdida de efectividad de la Fertilización Foliar conforme avanzan los ciclos vegetativos del cultivo.

CONCLUSIONES

Con fundamento en los resultados obtenidos en el estudio, puede inferirse lo siguiente:

1. Los resultados finales confirman el aporte beneficioso de la Fertilización Foliar, principalmente por la combinación de ambos nutrimento (Zn y B); aunque

los mayores rendimientos productivos de la caña de azúcar se lograron cuando se aplicó únicamente Zn, sin ser estos resultados sin embargo estadísticamente significativos.

2. Se ratifica en términos promedio, que el Testigo sin aplicación de Zn/ B fue superado por la mayoría de tratamientos donde se aplicó la Fertilización Foliar de esos micronutrimentos.

3. La mayor Concentración de Sacarosa en los tallos (118,84 kg/t) se alcanzó luego de tres cosechas con la adición de 700 g de Zn/ha, la cual superó al Testigo sin Fertilación Foliar en un 1,6% correspondiente a 1,87 kg/t.

4. La mayor productividad de caña (130,60 TM/ha) y azúcar (15,49 TM/ha) fue lograda con la adición foliar de 500 g de Zn.

5. Un incremento de un 13,8 % de azúcar /ha (1,88 TM azúcar /ha) respecto al Testigo, debido a la aplicación de 500 g de Zn, compensa desde la perspectiva técnico económica su uso comercial. La segunda mejor producción de azúcar (14,78 TM/ha) se verificó con la adición foliar de 700 g de Zn + 700 g de B.

6. La acción y efecto mejorador sobre las variables productivas por parte del B, pareciera orientarse y potenciarse en una interacción sinérgica cuando el Zn está presente.

7. La respuesta a la adición foliar de micronutrimentos a la caña de azúcar, es coincidente con las experiencias obtenidas en aplicaciones comerciales de Zn y B en plantaciones de caña del Ingenio Taboga (Sequeira *et al* 2001), donde se encontró un incremento de hasta un 22,5% (2,36 TM azúcar /ha) de más con la aplicación foliar de estos nutrimentos.

LITERATURA CITADA

1) ANDERSON, D; L; BOWEN, J, L. 1994. Nutrición de la Caña de Azúcar. University of Hawaii, Honolulu Hawaii, USA. 35 p.

2) FILHO J., O. 2003. Boro e Zinco em Cana-de-Açúcar. In: Congreso de ATACORI. Volumen A, Guanacaste, Costa Rica. p: 207 – 208.

3) SEQUEIRA, V. 2001. Validación de Resultados de Campo por Uso de Zinc y Boro Foliar en Caña de Azúcar. Ingenio Taboga, Cañas Guanacaste, Costa Rica. QUELAGRI. 1-3 p.

RESULTADOS DE APLICACIONES FOLIARES DE SILICIO EN LA CAÑA DE AZUCAR EN MEXICO

Ing. Hilario Vásquez Campos
Acueducto 16 Fracc. El Manantial. Ameca, Jalisco;
hvc049@yahoo.com.mx

Ing. Rogelio Silos Medina
1º de Mayo 1501-E. Col. Ferrocarriles. Toluca
rsilos@arvensis.com.mx

Ing. Edmundo Sánchez González
Benito Juárez No. 3 Omealca. Veracruz
sanchez@arvensis.com.mx
Departamento Técnico ARVENSIS
México

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es el de incrementar el rendimiento de campo y de fabrica mediante aplicaciones foliares de Silicio; estás fueron realizadas en 28 ingenios de 9 estados cañeros de México durante la zafra 2004/2005 y 2005/2006. Los resultados obtenidos en las zonas en donde se aplicó el Silicio vía foliar fueron incrementos en el rendimiento de campo (ton/ha.) y en la concentración de sacarosa en caña. Estos resultados oscilaron entre el 9 % y 29.97 %; en donde los resultados más altos fueron en zonas de riego y los más bajos en zonas de temporal. Las conclusiones obtenidas nos determinan que en las parcelas cosechadas si se observa el efecto del silicio en el rendimiento de campo y en la concentración de sacarosa en la caña.

1.- INTRODUCCION

En México el cultivo de la caña de azúcar juega un papel muy importante en su economía ya que según los resultados de la zafra 2004/2005 se industrializaron 656,414 hectáreas, con 50,892,642 toneladas de caña molida; con un rendimiento de fábrica de 11.39% y un rendimiento promedio en campo de 77,53 toneladas por ha. (Comité de la Agroindustria Azucarera. Resultados Zafra 2004/05).

La agroindustria azucarera es una de las actividades socioeconómicas más importantes y estratégicas para el desarrollo rural de México; ya que con la operación de 58 ingenios azucareros, nuestro País ocupo en el 2005 el séptimo lugar en producción mundial con 5 millones 796 mil 439 toneladas, y la octava posición en cuanto al consumo, con 50 kilogramos anuales per cápita. (Comité de la Agroindustria Azucarera. Resultados Zafra 2004/05).

La actividad azucarera reviste una gran importancia en el ámbito económico y social de México; ya que anualmente participa con el 0.5% del producto interno bruto de la nación y proporciona sustento a más de 440 mil familias entre empleos permanentes y temporales, distribuidos en 227 municipios que pertenecen a 15 estados de la Republica Mexicana, en los que habitan alrededor de 12 millones de mexicanos de los cuales más de 2,5 millones dependen directamente de la agroindustria azucarera.(Gobierno del Estado de Veracruz. A.T.A.M. 2005).

En vísperas de la entrada del TLC en México a partir del 2008 las nuevas tecnologías en dicho País están

dirigidas a incrementar los rendimientos de campo y de fábrica y a reducir los costos de producción.

Una de estas tecnologías es el uso del Silicio que como lo señaló el Dr. Jan Meyer en Guatemala es el elemento salvador de la caña de azúcar.

El objetivo del presente trabajo es el de proporcionar una herramienta que coadyuve a incrementar la rentabilidad en campo al obtener más toneladas por ha. y en fábrica mayor cantidad de azúcar por tonelada de caña.

2.-OBJETIVOS

El objetivo general plantea la hipótesis alternativa de que si habrá incrementos en el rendimiento de campo y de sacarosa en la caña. Los objetivos específicos son el de dar al cultivo mayor resistencia al cultivo contra plagas, enfermedades, estrés por sequía y el de aumentar el rebrote de la caña en el siguiente ciclo.

3.-MATERIALES Y MÉTODOS

Korndörfer et al (2000) señalan que la caña de azúcar (saccharum sp) frecuentemente absorbe más silicio (Si) que cualquier otro elemento mineral. Un cultivo de doce meses puede acumular aproximadamente 380 kg. de Si por ha. El suelo de baja disponibilidad de Si a las plantas, se ha asociado con bajos rendimientos de caña de azúcar y una susceptibilidad creciente a enfermedades, insectos, sequía y heladas.

Además menciona que aunque el Si es uno de los elementos más abundantes en la corteza terrestre, suelos de los trópicos que hayan sido cultivados con caña de azúcar por muchos años quizás tengan bajas cantidades de Si disponibles a las plantas.

Por su parte Subiros, Fermín (1995) menciona que en general las gramíneas y específicamente la caña de azúcar, consumen cantidades apreciables de Silicio. Este forma parte de las paredes celulares y se cree que tiene relación con la absorción de P, al aumentar su disponibilidad y proporcionar tolerancia a ciertos patógenos. Señala también que algunos productos empleados para cubrir sus necesidades son la escoria de silicato y el silicato de calcio. Comenta por otra parte que en suelos ácidos de Hawai e histosoles de Florida (EE.UU.), se han determinado aumentos significativos en la altura, diámetro del tallo, así como en su número e incrementos en la producción en la producción de caña y sacarosa. El aumento en caña ha sido cercano a las 12 toneladas por hectárea.

Las aplicaciones de silicio fueron realizadas utilizando Promascaña máxima producción utilizando la dosis comercial de 2 litros por ha. en cañas tanto en ciclo de planta, como en socas y resocas en las diferentes variedades comerciales que existen en México. La altura de la caña oscilo entre los 25 y 50 cm. Las aplicaciones se realizaron en franjas comparativas de mínimo una ha. dejando siempre un testigo sin aplicación. El manejo que se le dio al cultivo en cuanto a control de malezas, riegos, fertilización, etc. fue el mismo para la parcela tratada como para el testigo. Posteriormente se estuvieron evaluando los 2 tratamientos cada 2 meses tomando en cuenta tallos por metro lineal, altura y diámetro del tallo. En algunos ingenios se tomo en cuenta el ultimo muestreo de laboratorio de campo para la determinación de la sacarosa en caña; no así en los ingenios en los cuales se tuvieron daños por efecto de las bajas temperaturas (heladas) en los cuales se determino en forma conjunta con el Departamento técnico del Ingenio en cuestión, el no tomar en cuenta este parámetro; ya que se prestaba a distorsión en cuanto a la veracidad de los datos por la confusión de que el resultado era debido al Promascaña máxima producción o por el efecto de las bajas temperaturas; por lo que únicamente se tomo en cuenta el rendimiento en toneladas por ha. que entro a batey o sea el tonelaje que se proceso en fábrica. Las evaluaciones realizadas se realizaron utilizando el muestreo de 5 puntos en cada uno de los tratamientos. Una semana antes de la cosecha se cortaron, midieron y pesaron 5 tallos de cada uno de los 5 puntos de muestreo para un total de 25 cañas por tratamiento determinándose el diferencial en porcentaje y en consecuencia en rendimiento (toneladas por ha.) de cada uno de los tratamientos. Finalmente se recopilo el rendimiento obtenido en cada una de las parcelas en el Departamento de Campo de cada uno de los ingenios en donde se realizaron los trabajos.

4.- SECUENCIA CRONOLOGICA DE FOTOGRAFIAS DEL TRABAJO REALIZADO

Foto 1.- Aplicación manual de pro mas caña máxima producción en El Ingenio expropiado de Pedernales, Mich.

Foto 2.-Aplicación manual de pro mas caña máxima producción. Grupo Azucarero México. Ingenio Lázaro Cárdenas. Taretan, Mich.

- DOSIS:
  2 Litros por Hectárea
- MODO DE APLICACIÓN:
  Aspersión Foliar
- MOMENTO DE APLICACIÓN:
  Entre los 20 y 50 cm. de altura
- CICLOS DE APLICACIÓN:
  Plantas, socas y resocas
- VARIEDADES:
  En todas las variedades

Foto 3.-Aplicación mecánica de pro mas caña máxima producción. Parcela Ing. Rigoberto Pelayo. Grupo Zucarmex. Ingenio Melchor Ocampo. El Grullo, Jalisco.

Foto 4.-Aplicación aérea de pro mas caña máxima producción. Parcela Sr. Jose Ochoa Ochoa, Grupo Beta San Miguel. Ingenio Queseria. Queseria,Colima.

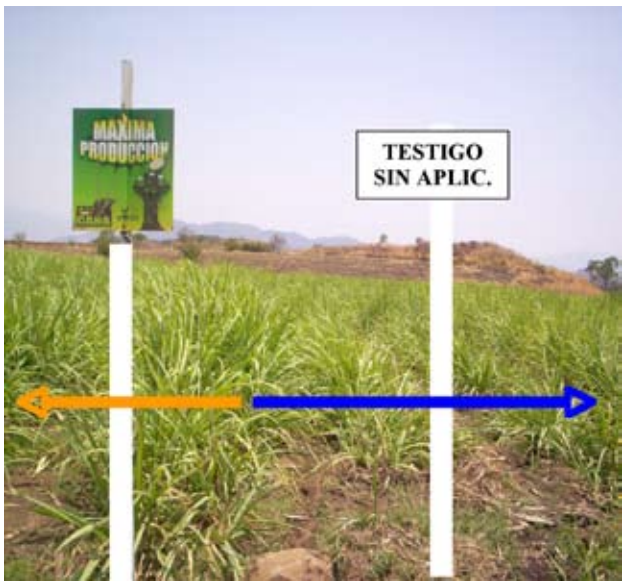


Foto 5.- Rebrotre parcela Sr. Salvador Espiritu. Grupo Beta San Miguel. Ingenio Queseria.Colima.

Foto 6.-Rebrote en la parcela Sr, Juan Lopez Santos. Grupo Beta San Miguel. Ingenio San Francisco Ameca. Jalisco.

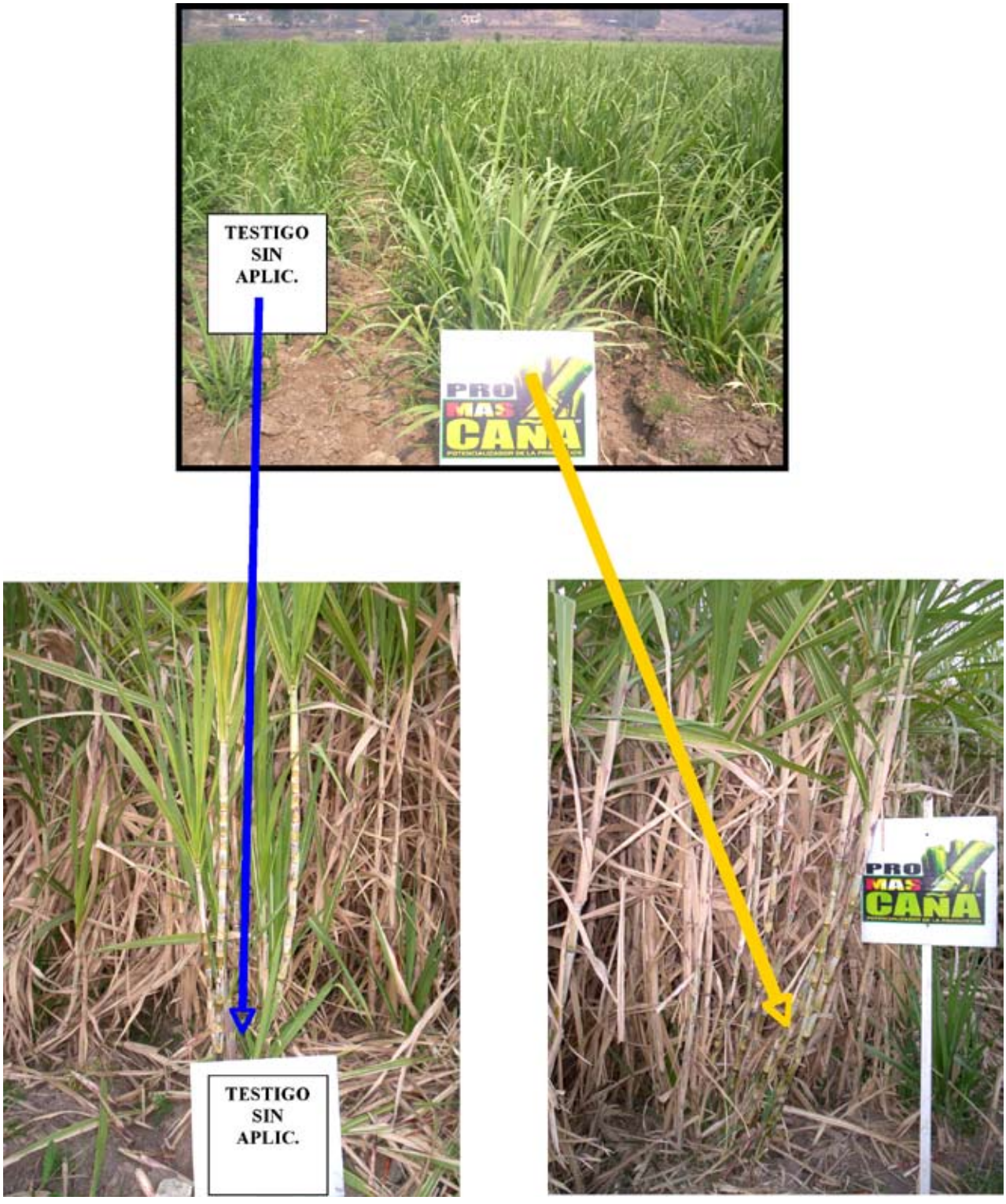


Foto7.-Efecto de pro mas caña máxima producción en el desarrollo de cepas. Sr. Oscar Navarro. Grupo Sáenz. Ingenio Tamazula. Jalisco.

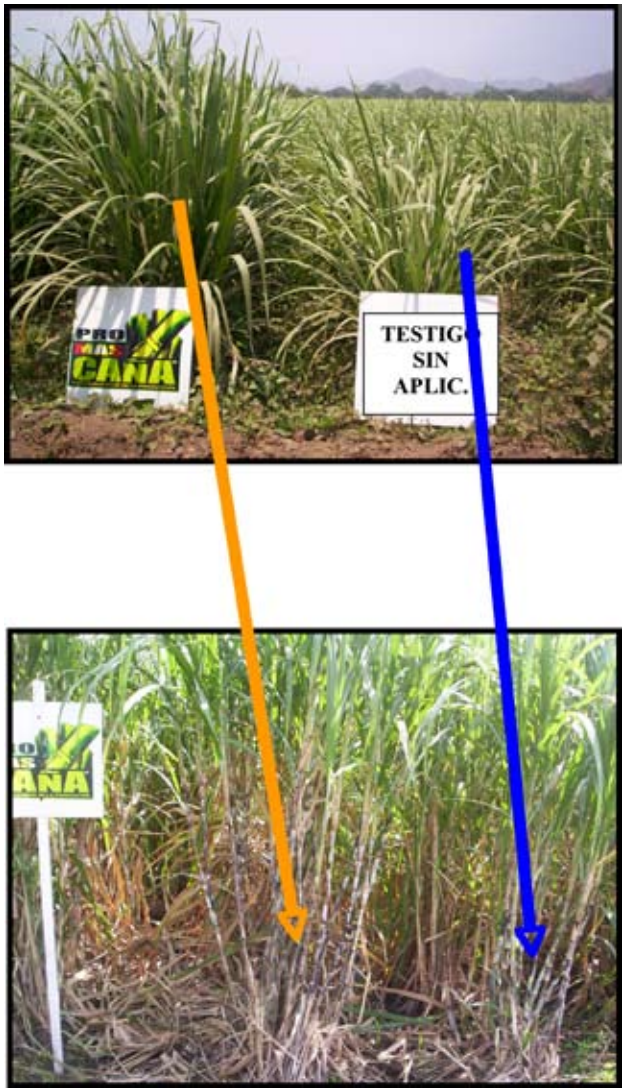


Foto 8.-Efecto de pro mas caña máxima producción en el desarrollo de cepas.Sra. Josefina Bayardo. Ingenio José Maria Morelos. Casimiro Castillo, Jalisco.

Foto 9.- Tomada el 30 de noviembre del 2005, 180 días posteriores a la aplicación.

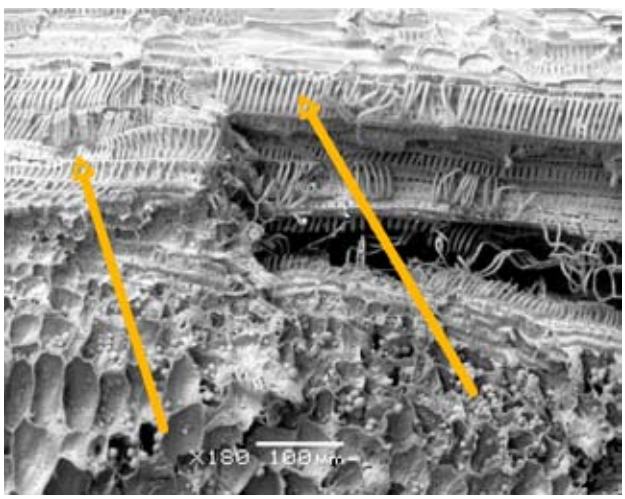


Foto10.-Movimiento de sacarosa a través de traqueidas hacia el tallo de la caña. (Dr. Edgar Quero 2005).

CUADRO 1

Parcelas de validación y/o demostrativas establecidas con promascaña máxima producción en la zafra 2005/2006 en Ingenios de México.

ESTADO	INGENIO	SUP (HA)	VARIEDADES
Sinaloa	Los Mochis	2,67	CP 72-2086, Mex 78-1907
	La Primavera	22,00	CP 72-2086, Mex 68-P-23, Mex 69-290, NCo 310
San Luis Potosí	Alianza Popular	20,00	CP 72-2086, Mex 68-P23
Nayarit	Puga	14,00	L 60-14, Mex 57-473, Mex 69-749
	El Molino	4,00	IMO 2811, Mex 79-431, Mex 80-1410
Colima	Quesería	6.00	CP 72-2086, Mex 69-290
Jalisco	San Francisco Ameca	27,00	CP 72-2086, Mex 57-473
	Bellavista	20,00	CP 72-2086, Mex 69-290
	Tamazula	4,00	CP 72-2086, Mex 79-431
	José Ma. Martínez	17,00	Mex 57-473, Mex 80-1427, Mex 80-1428
	Melchor Ocampo	5,00	Mex 69-290, Mex 79-431
Michoacán	Santa Clara	12,00	L 60-14, Mex 79-431
	Lázaro Cárdenas	6,00	CP 72-2086, Mex 69-290, Mex 79-431
Morelos	Emiliano Zapata	7,00	CP 72-2086, Mex 69-290, Mex 79-431, My 55-14
Veracruz	El Higo	51,00	CP 72-2086, Mex 69-290, Mex 73-1240
	Mahuixtlán	8,00	CP 72-2086, Mex 69-290, Mex 79-431
	Potrero	3,00	Mex 69-290, Mex 79-431
	San Nicolás	13,00	ITV 92-1424
	San José de Abajo	4,50	CP 72-2086, ITV 92-1424, Mex 69-290
	Providencia	1,00	CP 72-2086
	Central Motzorongo	3,00	Mex 69-290
	Constancia	3,00	CP 72-2086
	Tres Valles	81,50	Mex 69-290
	San Gabriel	5,50	CP 72-2086, Mex 69-290, Mex 73-1240
	San Cristóbal	46,00	CP 72-2086, Mex 79-290
	San Pedro y San Francisco	6,50	CP 72-2086, Mex 69-290, Mex 79-431
	Cuatotolapam		CP 72-2086, Mex 69-290, Mex 79-431
		5,50	
Oaxaca	Adolfo López Mateos	141,87	Mex 69-290, Mex 79-431, Mex 69-2086
TOTAL (9)	28	540,04	16

CUADRO 2

Aplicaciones comerciales de promascaña máxima producción en Ingenios de México. Zafras 2004/2005 y 2005/2006.

ESTADO	INGENIO	SUP. (HA)	VARIEDADES
Jalisco	San Francisco Ameca	73	CP 72-286, Mex 57-473
	Bellavista	30	CP 72-2086, Mex 79-431
	Tamazula	36	CP 72-2086, Mex 79-431
	José Ma. Martínez	120	CP 72-2086, Mex 57-473, Mex 69-290, Mex 80-1410, Mex 80-1428
	Melchor Ocampo	9	CP 72-2086, Mex 69-290
	José María Morelos	277	CP 72-2086, Mex 69-290, Mex 79-431
Colima Michoacán	Queseria Lázaro Cárdenas	60 8	CP72.2086 CP 72-2086
Morelos	Emiliano Zapata	600	CP 72-2086, Mex 69-290, Mex 79-4031, My 55-14
	La Abeja(Casasano)	100	CP 72-2086, My 55-14
Puebla	Atencingo	1,300	CP 72-2086, Mex 69-290, Mex 79-431, My 55-14
Oaxaca	Adolfo López Mateos	10	Mex 69-290
Veracruz	El Higo	800	CP 72-2086, Mex 69-290, My 55-14
	Providencia	29	CP 72-2086, Mex 69-290, RD 75-11
	San José de Abajo	100	CP 72-2086, Mex 79-431
	San Gabriel	500	CP 72-2086, Mex 69-290
	San Cristóbal	600	CP 72-2086, Mex 69-290
	San Pedro y San Fco	400	CP 72-2086, Mex 69-290
	Cuatotolapam	450	CP 72-2086, Mex 69-290, Mex 79-431
Chiapas	Pujiltic	2,400	CP 72-2086, Mex 69-290, My 55-14
	Huixtla	1,000	CP 72-2086, Mex 69-290
TOTAL (8)	21	8,902	8

CUADRO No.3 PARCELAS COSECHADAS A LA FECHA DE PROMASCAÑA

MAXIMA PRODUCCION EN EL INGENIO TAMAZULA

INGENIO	LOCALIDAD	PRODUCTOR	SUP.	VARIEDAD	RENDIMIENTO			SACAROSA %		
					TRATADA	TESTIGO	DIF.	TRATADA	TESTIGO	DI
TAMAZULA	SAN FCO.	OSCAR NAVARRO	1,00	CP 72-2086	125,00	108,00	17,00	16,50	15,95	0,55
	SANTA CRUZ	ABRAHAM DE LA TORRE	3,00	C.P.72-2086	136,37	118,59	17,78	16,45	15,92	0,53
	TAMAZULA	JUAN AMEZCUA	1,00	CP 72-2086	135,76	120,15	15,61	16,48	16,07	0,41
	COAHUAYOTE	JORGE FUENTES	1,00	MEX 79-431	120,00	136,80	16,80	16,20	15,88	0,32
	ZAPOTILTIC	PABLO ARREDONDO	3,00	MEX 79-431	124,30	110,00	14,30	16,30	15,85	0,45
	ZAPOTILTIC	SERGIO VEGA	1,00	CP 72-2086	116,150	101,00	15,15	16,25	15,75	0,50

CUADRO No.4 PARCELAS COSECHADAS DE PROMASCAÑA

MAXIMA PRODUCCION EN EL INGENIO SAN FRANCISCO AMECA

INGENIO	LOCALIDAD	PRODUCTOR	SUP.	VARIEDAD	RENDIMIENTO TRATADA	TESTIGO	DIF.	SACAROSA % TRATADA	TESTIGO	DIF.
SAN FCO.	LA VEGA	GPE. MIRAMONTES	1,00	CP72-2086	102,66	80,00	22,66	NO SE DETERMINO		
AMECA										
	BUENAVISTA	J. ROSARIO LOPEZ S.	1,00	CP72-2086	92,46	77,65	15,41	NO SE DETERMINO		
	BUENAVISTA	JUAN LOPEZ SANTOS	1,00	MEX 69-290	183,60	157,20	26,40	NO SE DETERMINO		
	BUENAVISTA	VICTOR CORTES A. **	1,00	CP70-321	117,50	104,25	13,25	NO SE DETERMINO		
	BUENAVISTA	ENRIQUE CORTES **	1,00	CP72-2086	92,45	81,20	11,25	NO SE DETERMINO		
	LABOR DE MED.	ANTONIO VIRGEN P.	1,00	CP72-2086	112,34	94,40	17,94	NO SE DETERMINO		
	LABOR DE MED.	ANTONIO VIRGEN P.	1,00	CP72-2086	105,00	87,50	17,50	NO SE DETERMINO		
	LOS POCITOS	DOMINGO JIMENEZ C.	1,00	CP70-321	139.65	121.50	18.15	NO SE DETERMINO		
	LA VEGA	CATALINA AVALOS	3,00	CP72-2086	130.48	105.48	25.00	NO SE DETERMINO		
	PUERTA DE LA	VICTOR ALDRETE T.	1,00	CP72-2086	110.38	93.11	17,27	NO SE DETERMINO		
	VEGA									
	PUERTA DE LA	JAIME RODRIGUEZ C.	1,00	CP72-2086	109,50	93,71	15,79	NO SE DETERMINO		
	VEGA									
	PUERTA DE LA	SERGIO ZEPEDA C.	1,00	CP72-2086	124,10	105,16	18,94	NO SE DETERMINO		
	VEGA									
	SAN MIGUEL	PEDRO COBIAN	1,00	CP72-2086	131,15	116,10	15,05	NO SE DETERMINO		
	SAN NICOLAS	PEDRO RODRIGUEZ	1,00	CP72-2086	113,60	97,45	16,15	NO SE DETERMINO		

** SOLAMENTE APLICARON 1 LITRO DE PROMASCAÑA POR HA (MEDIA DOSIS)

CUADRO 5
FIDEICOMISO INGENIO ATENCINGO 80325 CAMPO EXPERIMENTAL IZUCAR LABORATORIO DE CAMPO

ZAFRA 2005/06	EXPERIMENTO: FRANJAS COMPARATIVAS PROMAS CAÑA, ENERPLANT Y TESTIGO							
FECHA 10/02/06	RESPONSABLE ING. HECTOR CONTRERAS AYALA							
TRATAMIENTO	REPETICION	BRIX	SACAROSA	PUREZA	% HUMEDAD	A. RED.	FIBRA	TON/HA
1.- PROMAS CAÑA	I	15,7	13,98	89,03	73,5	0,1	12,42	
	II	15,91	14,01	88,09	74,3	0,136	11,55	
	III	15,95	13,99	87,71	73,7	0,144	12,17	
	IV	15,37	13,17	85,71	74,4	0,129	12,3	
	TOTAL	62,92	55,14	350,54	295,9	0,509	48,44	
	PROM.	15,73	13,79	87,64	73,98	0,121	12,11	128,281
2.- ENERPLANT	I	15,76	13,72	87.10	75,00	0,122	11,15	
	II	14,01	12,36	88.19	75,10	0,169	12,37	
	III	15,4	12,97	84.18	75,40	0,166	11,47	
	IV	14,69	12,94	88.05	74,60	0,211	12,25	
	TOTAL	59,86	51,80	347.51	300,10	0,668	47,24	
	PROM.	14,97	13,00	86.88	75,03	0,167	11,81	113,365
	DIF.	0,76	0,79					DIF. 14,916
								11.63%
3.-TESTIGO	I	14,00	12,35	88,19	74,90	0,195	12,55	
	II	14,02	12,36	88,19	75,30	0,114	12,22	
	III	15,36	13,37	87,03	74,10	0,132	12,40	
	IV	14,35	12,60	87,76	75,00	0,101	12,30	
	TOTAL	57,74	50,68	351,18	299,30	0,542	49,47	
	PROM.	14,43	12,67	87,80	74,83	0,136	12,37	108,721
	DIF.	1,30	1,12					DIF. 19,560
								15,25%

CUADRO NO. 6

Resultados obtenidos en parcelas de validación de promascaña máxima producción en la zafra 2005/2006 en varios Ingenios de México

INGENIO	LOCALIDAD	PRODUCTOR	SUP. (HA)	VAR.	TON. DE CAÑA TRATADO	TESTIGO	DIF.	% DE SACAROS TRATADO	TESTIGO	I
QUESERIA	San Marcos	Salvador Espiritu	1,00	CP 72-2086	147,55	126,45	21,10	18,36	16,30	2,0
	Tonila	Leticia Rólon Peña	1,00	CP 72-2086	155,65	134,71	20,94	15,84	14,82	0,9
	Queseria	Karla Cuevas Hdez.	1,00	CP 72-2086	81,35	67,80	13,55	16,82	16,22	0,6
JOSE MARIA MORELOS	Casimiro Castillo	Josefina Bayardo	1,00	Mex 69-290	143,45	117,50	25,95	15,94	14,60	1,3
	Casimiro Castillo	Ernesto Preciado	6,00	CP 72-2086	131,00	107,00	24,00	16,85	15,10	0,7
	Casimiro Castillo	Roberto Rosales	4,00	CP 72-2086	116,00	96,00	20,00	16,65	15,15	0,5
	Tecomates	Antonio Guerrero	10,00	CP 72-2086	118,00	99,00	19,00	16,60	15,80	0,8
BELLAVISTA	Resolana	Jesus Corona	1,00	CP 72-2086	135,00	116,00	19,00	12.64	12.11	0.53
	Acatlán de Júarez	Dionisio Mariscal	4,00	CP 74-2005	130,00	104,00	26,00	12.56	12.00	0.56
EL MOLINO	Los Angeles	Jesus García	1,00	Mex 79-431	179,00	140,35	38,65	13,90	13,50	0,40
	La Cañada	Manuel Jimenez	1,00	Mex 801410	102,10	75,38	26,72	14,95	14,50	0,45
EMILIANO ZAPATA	Campo Experimental Zacatepec	Surco Piña Grav.	1,00	Mex 79-431	156,50	134,75	21,75	NO SE DETERMIN		
		Surco Piña goteo	1,00	Mex 69-290	152,00	120,00	32,00			
		Surco a 1,20 Grav.	1,00	CP 72-2086	170,83	149,17	21,66			
		Surco a 1,40 Grav.	1,00	CP 72-2086	138,57	118,30	20,27			
LA PRIMAVERA	Lote Paradise	Agricola Primavera	1,00	CP 72-2086	189,77	132,88	56,88	NO SE DETERMIN		
	Lote 5 de Feb.	Maria A. Rodriguez	1,00	Mex 69-290	140,88	128,44	12,44			
TOTAL (6)	12	14	37	5						

5.- RESULTADOS Y DISCUSION

En todos los casos incluyendo diferentes tipos de suelo, diferentes ciclos, diferentes variedades, en diferentes condiciones de humedad (riego y temporal), en diferentes manejos de cultivo; hubo diferencias en el rendimiento de campo (toneladas por hectárea) de entre un 9 y un 29.97% y de sacarosa en caña. Los datos de cosecha fueron proporcionados por el departamento de campo de los ingenios en cuestión. Por otra parte se observaron diferencias en el desarrollo, vigor, color y tamaño entre cañas tratadas y el testigo.

OBSERVACIONES AGRONOMICAS

- En el caso de siembras nuevas proporciona un amacollo mas rápido y uniforme en la planta.
- En socas viejas (de varios cortes) devuelve la capacidad reproductiva a la cepa. esto hace que la cepa dure mas cortes.
- El crecimiento de los tallos en cañas tratadas (plantas, socas y resocas) es vigoroso y uniforme.
- El rebrote en cañas tratadas es mayor en amacollo, color y tamaño de la caña.
- En el caso de variedades blandas el silicio que contiene el producto, le confiere más dureza y consistencia a la corteza de la caña, lo que le da más resistencia al ataque de barrenadores del tallo.

También es necesario hacer 2 observaciones más:

1.- En la zona de la Laguna (Cotija, Santa Ines,, San Miguel) ubicadas en la parte alta del Ingenio Santa Clara en Michoacán se tienen plantadas aproximadamente 2,000 hectáreas de caña de la variedad L 60-14 con problemas serios de carbón (Ustïlago scitaminea) se establecieron 4 trabajos en diferentes ciclos con la misma variedad para ver los efectos del silicio foliar contra dicha enfermedad, desgraciadamente se tuvieron bajas temperaturas (heladas de tercer grado) en dicha zona y aunque se observo reducción de la infestación en la caña es necesario seguir realizando trabajos para concluir de que si se tiene o no algún control en la penetración de las hifas al interior de otras células.

2.- En los Ingenios de Melchor Ocampo y José Maria Morelos en Jalisco y de Pedernales en Michoacán

con problemas de barrenador de tallo (Diatraea spp) en las variedades CP 72-2086 y ZMex 55-32 se observo una reducción en la intensidad de infestación de aproximadamente un 2%. Es necesario continuar con más trabajos en otros ingenios para confirmar esta información.

6.- CONCLUSIONES

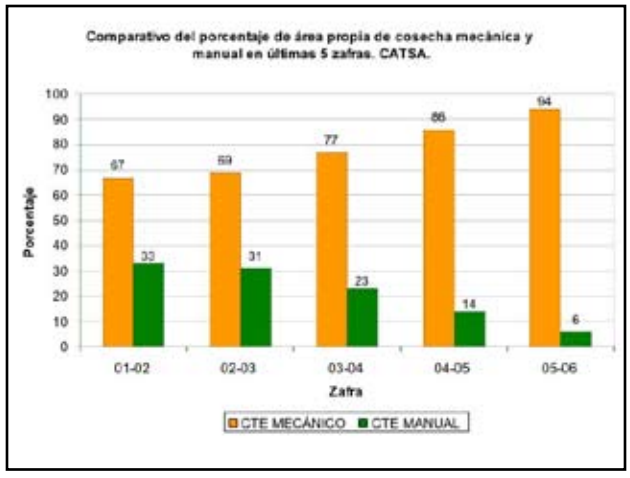
Los trabajos establecidos en los 28 ingenios en México presentaron incrementos que oscilaron entre un 9 y un 29.97% en el rendimiento de campo (toneladas por hectárea), y rendimiento de fábrica (azúcar por tonelada de caña). Por otra parte se observan otras cualidades cuantitativas y cualitativas que proporcionan las aplicaciones de silicio vía foliar.

LITERATURA CITADA

1. Subirós, F. 1995. El Cultivo de la Caña de Azúcar. Editorama, S.A. 156 p.
2. Korndórfer et al. 2000. Fertilización de caña de Azúcar con Silicato de Calcio. 5º Congreso de Técnicos Azucareros de Latinoamérica, 13º Congreso de Técnicos Azucareros de Centroamérica, 14º Congreso de Técnicos Azucareros de Costa Rica. Memorias, San José, Costa Rica. P. 163.

COSECHA MECÁNICA DE LA CAÑA DE AZÚCAR: EXPERIENCIAS DEL INGENIO CATSA

Alejandro Campbell Huete
Ingenio CATSA, Costa Rica



PERSONAL DE PRODUCCION 05-06

PUESTO	CANTIDAD
SUPERVISOR FRENTE	6
COSECHADORES	13
OP. TRACTOR AUTOVOLTEO	28
AYUDANTES FRENTE	6

JORNADA 12 HORAS CON CAMBIO TURNO SEMANAL

UTILIZANDO UN COMODIN

PERSONAL DE MANTENIMIENTO. ZAFRA 2005-2006. CATSA

PUESTO	ZAFRA	REPARACION
JEFE COSECHA MECANICA	1	1
MECANICO CORRECTIVO	4	3
MECANICO PREVENTIVO	2	0
SOLDADOR	2*	2
AYUDANTES APRENDICES	0	4

** Solo de apoyo*

COMPONENTE EN MARCA Y MODELO DE COSECHADORAS COSECHA MECÁNICA. ZAFRA 05-06. CATSA

MARCA	MODELO	AÑO	UNIDADES
CAMECO	CHT 2500	1999	1
CAMECO	CHT 2500	2000	1
CAMECO	CHT 2500	2002	2
CAMECO	CHT 3500	2004	1
CAMECO	CHT 3510	2005	1
TOTAL			6

TRACTORES COSECHA MECÁNICA

MARCA	MODELO	AÑO	TOTAL
JOHN DEERE	6300	1998	8
JOHN DEERE	6310	2000	3
JOHN DEERE	6610	2001	2
TOTAL			13

9 11 2003

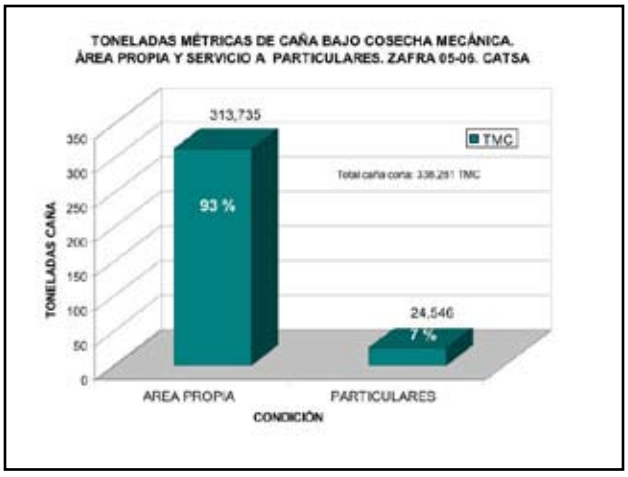
VAGONES AUTOVOLTEO

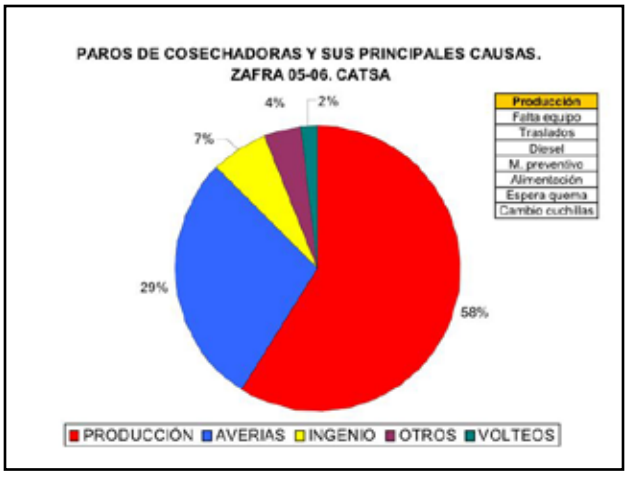
MARCA	CAPACIDAD	TOTAL
VANGUARD	27 M3	8
VANGUARD	19 M3	4
VANGUARD	15 M3	3
CAMECO	21,5 M3	2

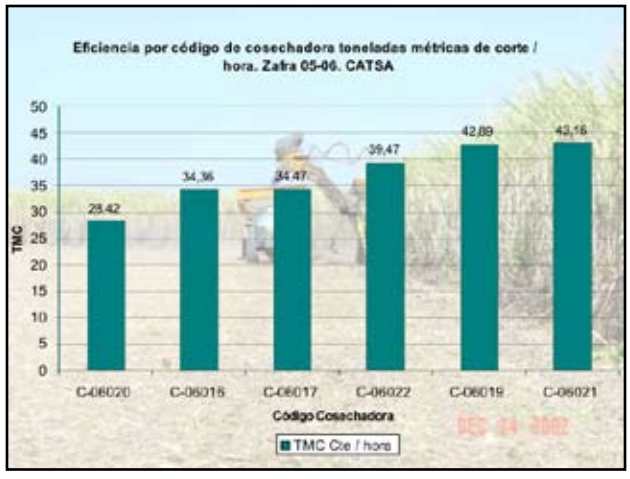
TOTAL 17

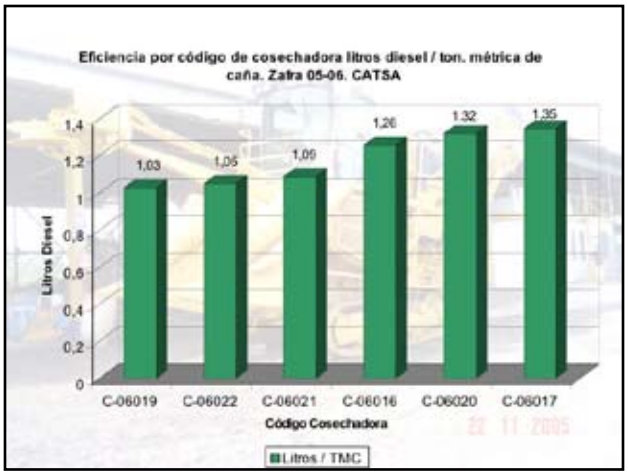
EQUIPOS APOYO COSECHA MECÁNICA

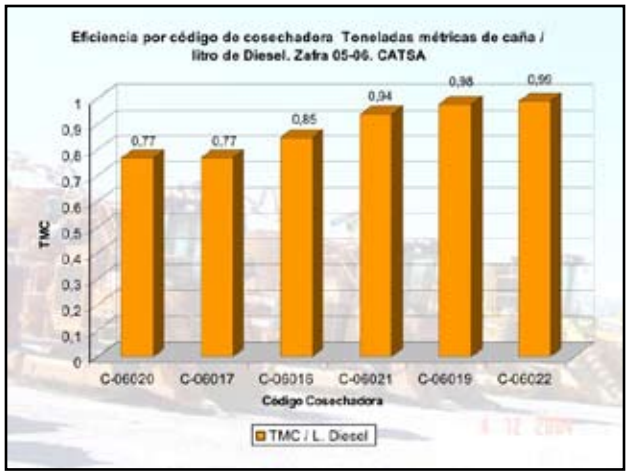
MARCA	MODELO	AÑO	CT
TOYOTA	HILUX	2002	1
TOYOTA	DYNA	2004	2
YAMAHA	D-175	2000	3
VANGUAR	V-167	1979	1
LOWBOY	CATSA	2003	1
TQ- LAVADO	CATSA	2002	2
TQ-DIESEL	CATSA	2004	1
FURGON		2002	1
TOTAL			12

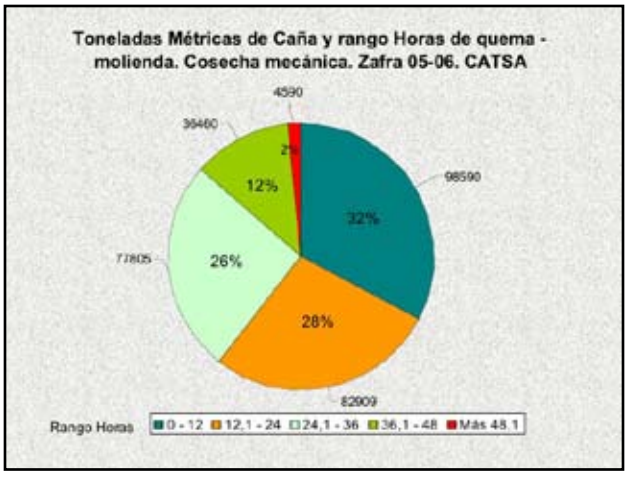






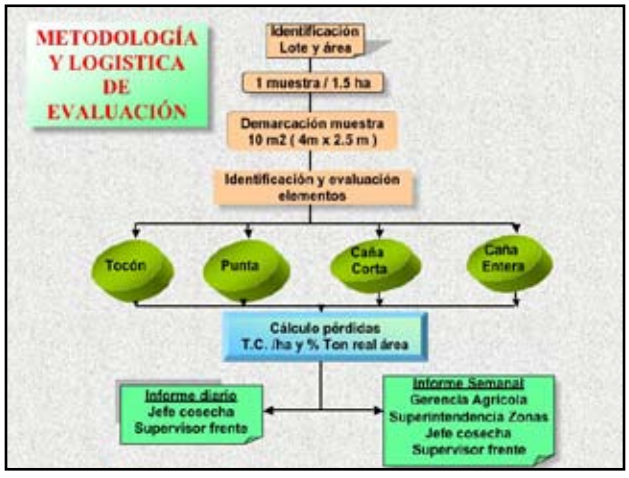

Eficiencia por código de cosechadora litros diesel / ton. métrica de caña. Zafra 05-06. CATSA
Litros Diesel
1,4
1,2
1
0,8
0,6
0,4
0,2
0
1,03
1,05
1,09
1,26
1,32
1,35
C-06019
C-06022
C-06021
C-06016
C-06020
C-06017
Código Cosechadora
Litros / TMC

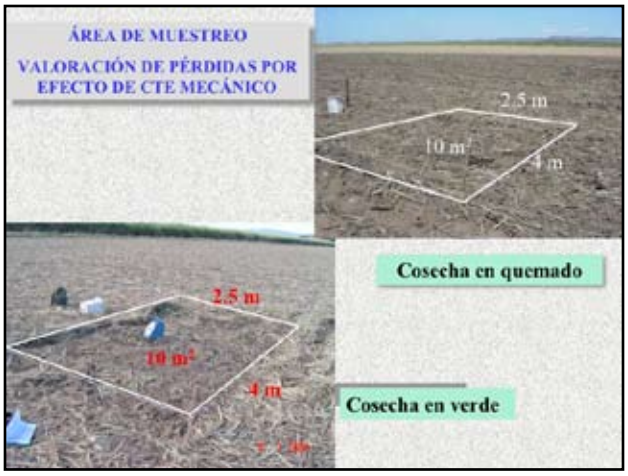

Eficiencia por código de cosechadora Toneladas métricas de caña / litro de Diesel. Zafra 05-06. CATSA
TMC
1
0,9
0,8
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0
0,77
0,77
0,85
0,94
0,98
0,99
C-06020
C-06017
C-06015
C-06021
C-06019
C-06022
Código Cosechadora
TMC / L. Diesel


Toneladas Métricas de Caña y rango Horas de quema - molienda. Cosecha mecánica. Zafra 05-06. CATSA
4590
39460
2%
12%
98590
32%
77805
26%
28%
82909
Rango Horas
0 - 12
12,1 - 24
24,1 - 36
36,1 - 48
Más 48,1

ÍNDICE GENERAL DE CALIDAD DE COSECHA MECÁNICA
ZAFRA 05-06. CATSA
VARIABLE | REAL | META | ÍNDICE
% TRASH | 9,8 | 8,3 | 0,84
% PÉRDIDAS | 2,98 | 3 | 1
% H. QUEMA < 24 | 60 | 100 | 0,6
ÍNDICE DE CALIDAD | | | 50,4

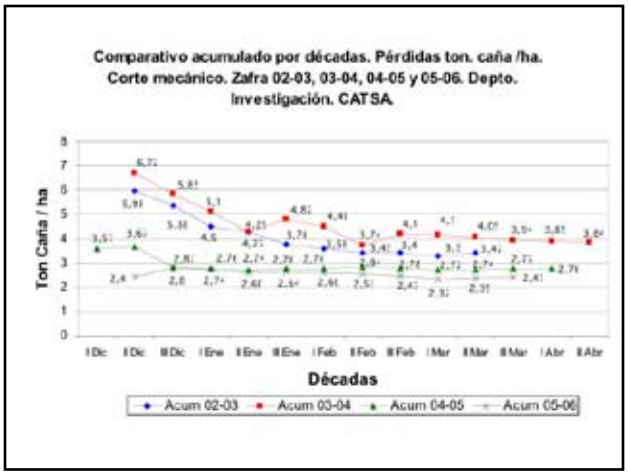
METODOLOGÍA Y VALORACIÓN DE PÉRDIDAS DE CAÑA DEJADA EN EL CAMPO POR EFECTO DE LA COSECHA MECÁNICA
CENTRAL AZUCARERA TEMPISQUE. CATSA

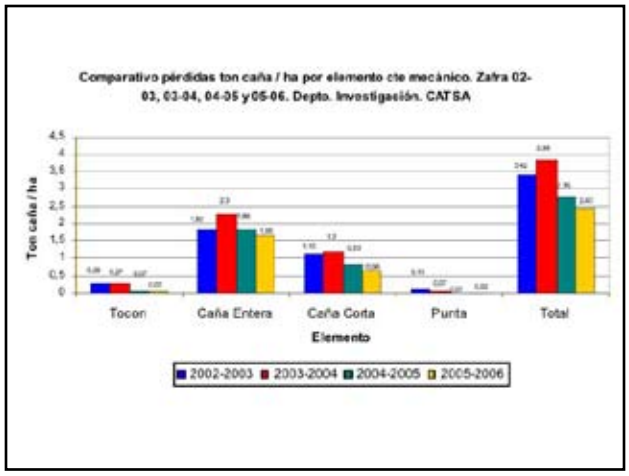

METODOLOGÍA Y LOGISTICA DE EVALUACIÓN
Identificación Lote y área
1 muestra / 1.5 ha
Demarcación muestra 10 m2 (4m x 2.5 m)
Identificación y evaluación elementos
Tocón
Punta
Caña Corta
Caña Entera
Cálculo pérdidas T.C. /ha y % Ton real área
Informe diario
Jefe cosecha
Supervisor frente
Informe Semanal
Gerencia Agrícola
Superintendencia Zonas
Jefe cosecha
Supervisor frente

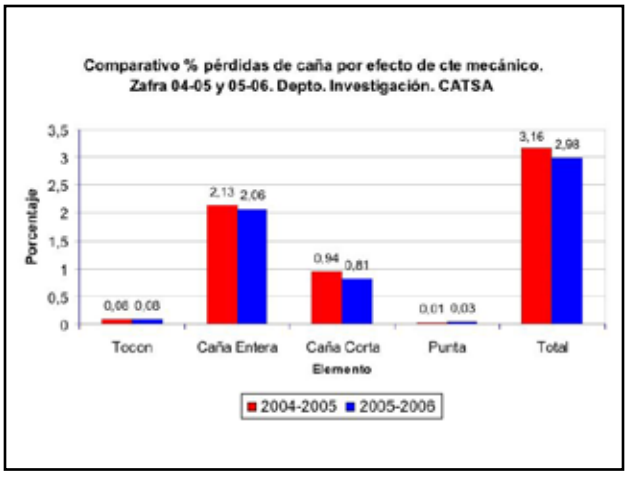


PRINCIPALES VARIABLES EN BASE DE DATOS. PROGRAMA VALORACIÓN DE PÉRDIDAS DE CAÑA. COSECHA MECÁNICA CENTRAL AZUCARERA TEMPISQUE. CATSA

- Fecha muestreo
- Sección
- N° Lote
- Área del lote ha
- Llave o código del lote
- Variedad
- N° corte
- Ton caña / ha estimado
- Ton caña / ha real
- Porte del cañal (erecto, semivolcado, volcado)
- Marca y código cosechadora
- Condición de corte (verde – quemado)
- Elementos (tocón, punta, caña corta, caña larga)
- Obseváciones: (piedras, floración, conformación surco etc.)





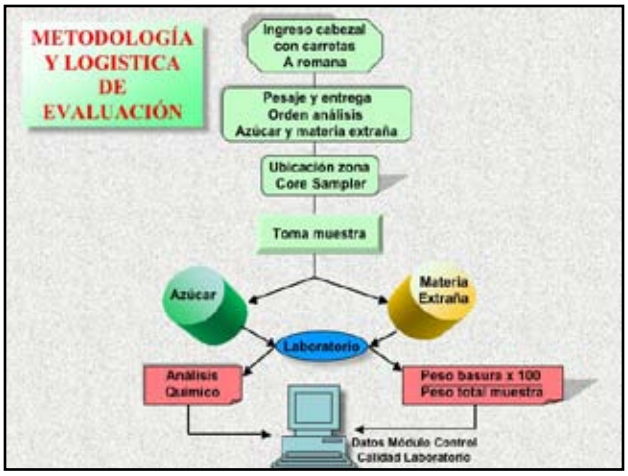


Comportamiento porcentaje de pérdidas por cosechadora
Cosecha mecánica. Zafra 05-06. Depto. Investigación. CATSA

			Porte predominante caña cosechado			
Código Cosechadora	Modelo	N° Muestras	Erecto	Semivolcado	Volcado	Total
6021	Cameco CH 3510	101	1,67	0,96	0,81	0,81
6022	Cameco CH 2500	187	2,57	2,62	2,45	2,51
6017	Cameco CH 2500	90	3,09	2,69	3,9	2,96
6019	Cameco CH 3500	39	2,59	3,53	3,5	2,97
6020	Cameco CH 2500	155	3,3	3,2	3,79	3,34
6016	Cameco CH 2500	74	4,05	4,12	4,17	4,09

Comparativo por Sección pérdidas por Ton caña /ha y % pérdidas
Cosecha Mecánica. Depto. Investigación
Zafra 05-06. CATSA

SECCIÓN	% PÉRDIDAS	PÉRDIDAS TON CAÑA/ HA	PROMEDIO PONDERADO TON. CAÑA / HA EVALUADO
CORNIZUELOS	1,76	1,43	80,85
BIRMANIA	2,25	2,55	113,42
GARZONES	2,44	1,32	54,06
POLVAZALES	2,54	1,72	66,92
PLAYITAS	3,43	2,38	69,44
TOROS	3,55	2,75	77,39
SALTILLO	3,55	1,54	43,57
MORAS	3,72	3,92	105,26
MORAL	3,77	3,15	83,43
ACHOTAL	3,96	3,72	93,92
YEGUAS	4,03	1,92	47,75
TOTAL	**2,98**	**2,43**	**81,53**


METODOLOGÍA Y LOGISTICA DE EVALUACIÓN
Ingreso cabezal con carretas A romana
Pesaje y entrega Orden análisis Azúcar y materia extraña
Ubicación zona Core Sampler
Toma muestra
Azúcar
Materia Extraña
Laboratorio
Análisis Químico
Peso basura x 100 Peso total muestra
Datos Módulo Control Calidad Laboratorio

METODOLOGÍA EVALUACIÓN MATERIA EXTRAÑA. CATSA
CABEZAL INGRESANDO A LA ROMANA

ESTACIÓN TOMA DE MUESTRA UBICACIÓN DEL CORE SAMPLER

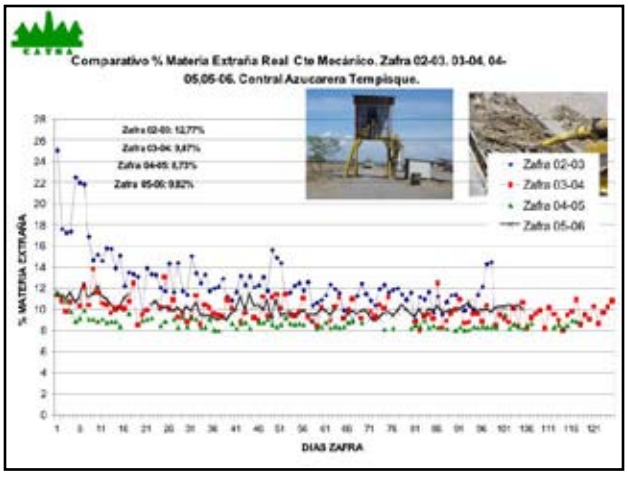
TOMA DE MUESTRA PARA CAÑA CORTA Y LARGA

TOMA DE MUESTRA
DESFIBRADO DE MUESTRA SOLO PARA ANÁLISIS DE AZÚCAR

CONDUCTOS DE SEPARACIÓN MUESTRA PARA AZÚCAR MUESTRA PARA MATERIA EXTRAÑA
BOLETA IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

VALORACIÓN DE MUESTRA
EN LABORATORIO
SEPARACIÓN
DE MATERIA EXTRAÑA

REGISTRO DE DATOS
EN MÓDULO INFORMÁTICO
IDENTIFICACIÓN CÓDIGO
BARRAS


Comparativo % Materia Extraña Real Cte Mecánico. Zafra 02-03, 03-04, 04-05,05-06. Central Azucarera Tempisque.
Zafra 02-03: 12,77%
Zafra 03-04: 9,87%
Zafra 04-05: 8,73%
Zafra 05-06: 9,82%
Zafra 02-03
Zafra 03-04
Zafra 04-05
Zafra 05-06
% MATERIA EXTRAÑA
DIAS ZAFRA

GRACIAS
POR SU
ATENCIÓN
CATSA
DEPARTAMENTO
•Cosecha
•Investigación y Control
Calidad Labores Agrícolas

DETERMINACION DE PERDIDAS DE CAÑA DE AZUCAR DEJADA EN EL CAMPO EN EL INGENIO QUEBRADA AZUL, SAN CARLOS, COSTA RICA

Marvin Oviedo Alfaro[1], Javier Bolaños Porras[1], Ronald Berrocal Kooper[2]
1Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar
2 Encargado Depto. Agrícola Ingenio Quebrada Azul
e-mail: moviedo@laica.co.cr, jbolanos@laica.co.cr

INTRODUCCIÓN

La cosecha de la caña de azúcar es una de las labores más importantes del cultivo de esta gramínea, debido principalmente a que se producen volúmenes muy altos de materia prima e intervienen muchos factores difíciles de controlar para realizar una cosecha eficiente.

Por otro lado el incremento en los costos de producción y la escasez de mano de obra han motivado a muchos Ingenios del país a realizar una cosecha totalmente mecanizada. Este es el caso del Ingenio Quebrada Azul que a pesar de contar con condiciones de alta precipitación y algunos terrenos con topografía desuniforme cosechan un 90% del área en forma totalmente mecanizada.

Este incremento tan acelerado de la cosecha mecánica ha obligado a los técnicos del Ingenio a realizar muchos ajustes y mediciones tanto a nivel de campo como de fábrica para controlar e identificar las pérdidas de azúcar debido a este tipo de cosecha.

OBJETIVOS

- Determinar e identificar por elementos las pérdidas de caña dejada en el campo.
- Cuantificar las pérdidas de caña dejada en el campo por efecto de la cosecha mecánica.
- Cuantificar las pérdidas de caña dejada en el campo por efecto de la cosecha semimecanizada.
- Determinar la influencia que ejerce la variedad (B 60-267 y Pindar) sobre la cantidad de caña dejada en el campo.
- Valorar el impacto económico que para el Ingenio Quebrada Azul implica el empleo de la cosecha mecánica.

MATERIALES Y MÉTODOS

EL estudio se llevo a cabo en fincas del Ingenio Quebrada Azul ubicado en la comunidad de Quebrada Azul, Distrito Florencia, Cantón San Carlos, Provincia Alajuela.

Dicho Ingenio se sitúa entre los 10º 21´ 43" Latitud Norte y 84º 28´ 39" Longitud Oeste a una altitud de 65 msnm, una precipitación promedio anual de 3.930 mm y una temperatura anual promedio de 26 ºC.

Se determinaron e identificaron las cantidades de caña moledera que queda en el campo de dos clones comerciales de caña de azúcar cultivados en la Zona Norte, para lo cual se evaluaron individualmente e interaccionaron entre si dos factores con dos niveles cada uno: Variedad (B 60-267 y Pindar) y Modalidad de Cosecha (Cosecha Mecánica y Cosecha Semimecanizada).

Los tratamientos evaluados en el estudio se describen y detallan a continuación:

No Tratamiento	Variedad	Modalidad de Cosecha
1	B 60-125	Cosecha Mecánica
2	B 60-125	Cosecha Semimecanizada
3	Pindar	Cosecha Mecánica
4	Pindar	Cosecha Semimecanizada

Se utilizó un Diseño Experimental Irrestricto al Azar, con siete repeticiones en arreglo factorial.

En los lotes cosechados de acuerdo a cada tratamiento se estableció un área de muestreo de 30 m2 (6 m x 5 m) por hectárea y en donde se evaluaron los siguientes elementos: tocón se refiere al tronco o parte basal del tallo mayor a dos pulgadas de longitud que queda en el campo luego del corte manual o del paso de las

cuchillas de la cosechadora; trozos de caña; caña entera y punta de tallo que se define como caña moledera que queda adherida al cogollo producto de un mal despunte. Cada elemento se peso de manera independiente y considerando el área de muestreo ya establecida, se calculó al final las toneladas de caña por hectárea.

Del total de la muestra recolectada se procedió a separar una pequeña sección para analizar en el laboratorio y determinar la cantidad de azúcar por tonelada que se estaba dejando en el campo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se puede observar el Análisis de Varianza de los elementos evaluados y en donde se aprecia coeficientes de variación muy altos como es el caso del elemento caña entera y punta de tallo. Estos niveles tan elevados se deben posiblemente a que intervienen muchos factores en la cosecha como operador, tipo de cosechadora, peón cortador de caña y homogeneidad del terreno, sin embargo es importante para próximos estudios aumentar el número de repeticiones y de esta manera disminuir los coeficientes de variación. Cabe resaltar en este cuadro que los elementos secciones de tallo y punta de tallo mostraron significancia estadística al nivel del 1% de probabilidad en la modalidad de cosecha utilizada y solamente el elemento punta de tallo mostró significancia estadística al nivel 5% de probabilidad en la variedad evaluada.

En la Figura 1 se puede observar como la variedad B 60-125 fue la presentó mayores pérdidas de caña dejada en el campo con 9,83 TM caña/ha con respecto a la variedad Pindar, sin embargo como se puede notar en el Cuadro 2 solamente el elemento Punta de Tallo presentó diferencias estadísticas significativas según Tuckey al 5% debido posiblemente a que a la variedad Pindar se le aprecia mejor el punto corte superior, por lo cual B 60-125 deja mayor cantidad de este tipo de elemento en el campo.

CUADRO 2
Prueba de Medias de los Elementos Evaluados para la Variedad de Caña en el Estudio de Pérdidas de Caña Dejada en el Campo. Ingenio Quebrada Azul. 2002

Variedad	Toneladas de Caña por Hectárea				Total
	Tocón	Caña Entera	Sección de Tallo	Punta de Tallo	
B 60-125	3,36	0,75	3,66	1,96 b	9,53
Pindar	3,46	1,18	3,90	1,09 a	9,83
Diferencia	0,10	0,43	0,24	0,87	0,30

En cuanto a las dos modalidades de cosecha (Figura 2) no se encontraron diferencias significativas, ya que con la cosecha Mecánica se dejaron en el campo 0,36 TM caña/ha más que cuando se cosechó en forma

CUADRO 1
Análisis de Varianza (Cuadrados Medios) de los Diferentes Elementos Evaluados en el Estudio de Pérdidas de Caña Dejada en el Campo. Ingenio Quebrada Azul

Fuente de Variación	GL	Tocón	Caña Entera	Secciones de Tallo	Punta de Tallo	Total
Variedad	1	0,07	1,29	0,39	5,25*	0,65
Modalidad de Cosecha	1	13,36	2,13	45,62**	64,11**	0,90
Variedad *Modalidad Cosecha	1	1,18	1,52	0,13	5,55	0,10
Error	24	4,46	0,87	2,31	1,10	11,89
Total	27					
C.V%		30,05	76,4	20,92	37,38	18,23

** Estadísticamente significativo al nivel del 5%*
*** Estadísticamente significativo al nivel del 1%*

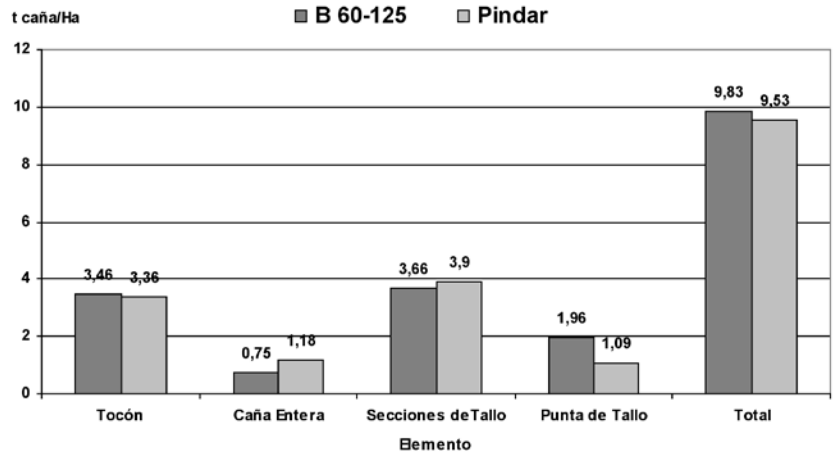


Figura 1. Cantidad de Caña Dejada en el Campo por Variedad. Ingenio Quebrada Azul. Zafra 2002-2003

semimecanizada, también es importante observar que el elemento Tocón presentó 1,38 TM caña/ha más cuando se cosechó en forma mecánica debido posiblemente a la desuniformidad del terreno y falta de precisión del operador en el corte. Según el Cuadro 3 el elemento Secciones de Tallo muestra diferencias estadísticas altamente significativas según Tuckey al 1%, ya que cuando se cosechó mecánicamente se dejaron en el campo 5,06 TM caña/ha comparado con 2,51 TM caña/ha cuando se cortó manualmente y cargó mecánicamente, esta diferencia obedece principalmente a la falta de coordinación entre el operador del autovolteo y el operador de la cosechadora, también en algunos casos sucede que se cargan los autovolteos mucho y con la desuniformidad del terreno ocurren movimientos que ocasionan la caída de caña picada o secciones de tallo.

En lo que respecta al elemento Punta de Tallo se puede notar en el Cuadro 3 que ocurrió lo contrario al elemento Secciones de Tallo, ya que se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas entre la cosecha mecánica y semimecanizada. Esta diferencia de 3,03 TM caña/ha encontrada en la cosecha semimecanizada se debe principalmente a que el cortador no realiza una labor óptima, dejando adherido al cogollo caña moledera, caso contrario sucede cuando se cosecha mecánicamente ya que más bien hay una incorporación de cogollo a la caña moledera.

Figura 2. Cantidad de Caña Dejada en el Campo por Modalidad de Cosecha. Ingenio Quebrada Azul. Zafra 2002-2003

En la Figura 3 se ofrecen las toneladas de caña promedio dejadas en el campo según la variable analizada. Se observa que los elementos Tocón y Secciones de Tallo fueron los que ocasionaron mayores pérdidas con 3,41 y 3,78 TM caña/ha, respectivamente. La media general de perdidas de caña dejada en el campo para el estudio fue de 9,68 toneladas de caña por hectárea, que resulta un nivel bastante alto, ya que estudios realizados por SEGURA (1998) en el Ingenio Taboga, Costa Rica determinó perdidas de caña dejada en el campo de 3,04 TM caña/ha promedio de cinco cosechas (Zafra 93-94 a Zafra 97-98).

Por otro lado Vargas (2003) en el Ingenio CATSA, Costa Rica encontró en la Zafra 02-03 perdidas en el campo de 3,42 TM caña/ha, sin embargo es importante resaltar que tanto el Ingenio Taboga como el Ingenio CATSA cuentan con condiciones ideales (clima, nivelación, topografía, diseño de lotes) para el óptimo desempeño de las cosechadoras, sucediendo lo contrario en el Ingenio Quebrada Azul que cuenta con condiciones de alta precipitación, falta de nivelación de terrenos, y lotes difíciles para realizar una buena labor de cosecha.

En el Cuadro 4 se puede observar que el tratamiento #1 (B 60-125, Cosecha Mecánica) fue el que ocasionó mayores perdidas de caña dejada en el campo con 10,07 TM caña/ha, seguido por el tratamiento N° 3 (Pindar Cosecha Mecánica) que contabilizó 9,65 t caña/Ha,

CUADRO 3
Prueba de Medias de los Elementos para la Modalidad de Cosecha en el Estudio de Pérdidas de Caña Dejada en el Campo. Ingenio Quebrada Azul

Modalidad de Cosecha	Toneladas de Caña por Hectárea				
	Tocón	Caña Entera	Secciones de Tallo	Punta de Tallo	Total
Cosecha Mecánica	4,10	0,69	5,06 b	0,01a	9,50
Cosecha Semimecanizada	2,72	1,24	2,51a	3,04 b	9,86
Diferencia	1,38	0,55	2,55	3,03	0,36

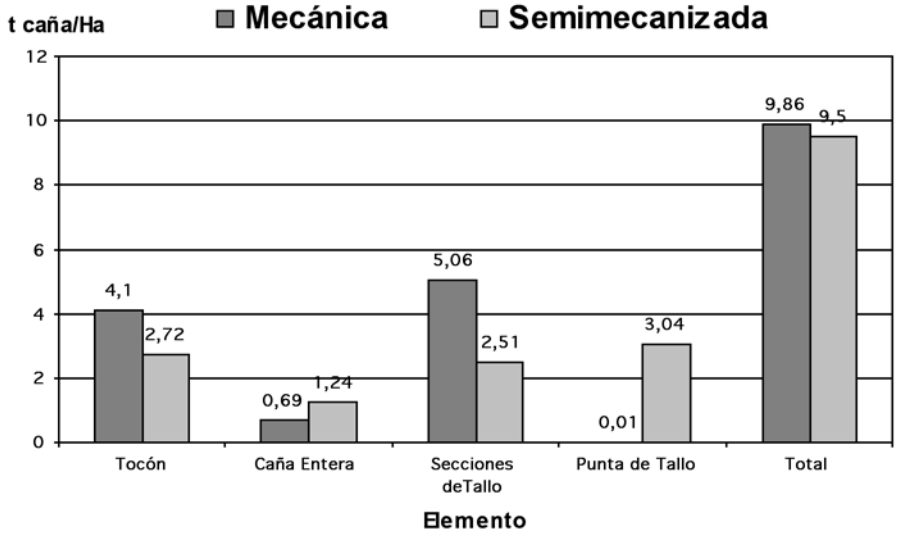


Figura 2. Cantidad de Caña Dejada en el Campo por Modalidad de Cosecha. Ingenio Quebrada Azul. Zafra 2002-2003

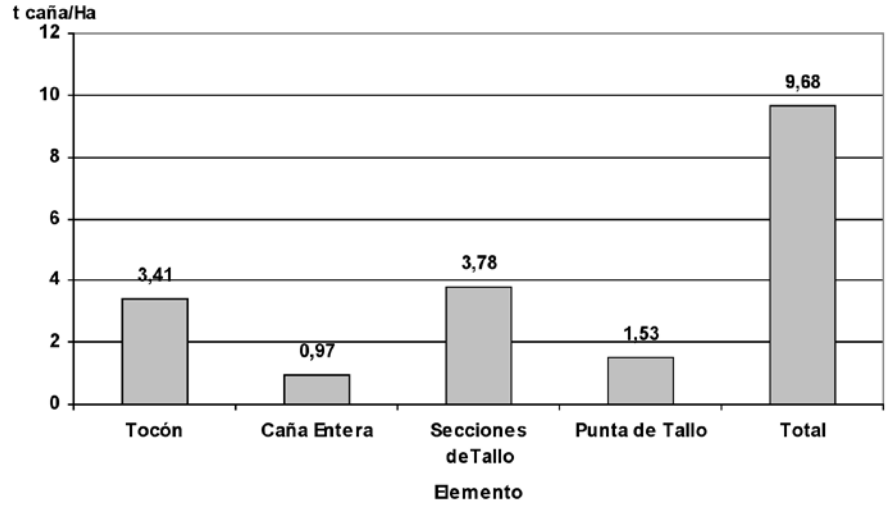


Figura 3. Cantidad de Caña Dejada en el Campo. Ingenio Quebrada Azul. Zafra 2002-2003

CUADRO 4
Prueba de Medias de los Elementos Evaluados de Variedad y Modalidad de Cosecha en el Estudio de Pérdidas de Caña Dejada en el Campo. Ingenio Quebrada Azul

No	Tratamiento		Tocón	Caña Entera	Secciones de Tallo	Punta de Tallo	Total
1	B 60-125	Cosecha Mecánica	4,36	0,7	5,01 b	0,00 a	10,07
2	B 60-125	Cosecha Semimecanizada	2,56	0,79	2,32 a	3,92 c	9,59
3	Pindar	Cosecha Mecánica	3,84	0,67	5,11 b	0,02 a	9,65
4	Pindar	Cosecha Semimecanizada	2,87	1,69	2,69 a	2,16 b	9,41

en ambos tratamientos se utilizó la cosecha mecánica y los elementos que más se encontraron fueron Tocón y Secciones de Tallo.

Para las condiciones en que se realizo este estudio, el efecto económico de la cosecha mecánica comparado con la cosecha Semimecanizada no fue muy significativo como se observa en el Cuadro 5, sin embargo es importante notar que las mayores pérdidas de azúcar ocurrieron cuando se cosechó mecánicamente (tratamiento N° 1 y N°3), debido principalmente a que los elementos que deja la máquina cosechadora en el campo son Tocón y Secciones de Tallo, los cuales poseen mayor cantidad de sacarosa que el elemento punta de tallo que es dejado cuando se cosecha en forma semimecanizada como se observa en la Figura 2.

En el Cuadro 6 se puede apreciar el Ingreso Potencial Neto aplicando el costo por tener que cargar y transportar las toneladas de caña que se dejaron en el campo de cada tratamiento. De acuerdo a este se obtuvo una pérdida promedio de US$118,80 por hectárea, de las 9,68 toneladas de caña que quedaron en el campo.

Sin embargo es importante mencionar que es difícil recoger la totalidad de la caña, pero para el caso del Ingenio Quebrada Azul si se recolectara el 50% de las 9,68 toneladas de caña que se quedan en el campo se tendría una recuperación de US$94,40 por hectárea, lo cual sería muy beneficioso para cualquier empresa.

CONCLUSIONES

1) La cantidad promedio de caña dejada en el campo encontrada en el Ingenio Quebrada Azul fue de 9,68 TM caña/ha.

CUADRO 5
Efecto Económico Valorado Según Tratamiento de las Pérdidas de Caña Dejada en el Campo. Ingenio Quebrada Azul

Tratamiento	Pérdidas	Rendimiento Industrial (kg)		Producción Teórica (kg)		Ingreso Potencial (¢)			
	TM caña/ha	Azúcar	Miel Final	Azúcar	Miel Final	Azúcar	Miel	Total	
								¢	US$
1	10,07	100,45	30,81	1011,33	310,25	106.746,35	5.683,12	112.429,47	227,45
2	9,59	95,01	36,89	911,14	353,77	96.152,33	6.480,32	102.632,55	207,63
3	9,65	104,87	30,34	1011,99	292,78	106.794,89	5.363,11	112.158	226,90
4	9,41	98,82	35,04	429,89	329,72	98.130,91	6.039,77	104.170,68	210,74
Promedio	9,68	99,7875	33,27	841,0875	321,63	101956,12	5891,58	107.847,675	218,18

1 US = ¢494,29 al 30/11/2005
1/ El precio de liquidación final del kilogramo de azúcar y miel pagado en la Zafra 2004-2005 fue de ¢105,55 y ¢18,3279, respectivamente.

CUADRO 6
Efecto Económico Valorado Según Tratamiento y Costo Agrícola de las Pérdidas de Caña Dejada en el Campo. Ingenio Quebrada Azul

Tratamiento	Pérdidas	Costo Agrícola 1/	Ingreso (¢)	Ingreso Potencial Neto	
	TM caña/ha	(Carga y Acarreo)	Potencial	¢	US$
1	10,07	15.105,00	112.429,47	97.324,47	196,89
2	9,59	14.385,00	102.632,55	88.247,55	178,53
3	9,65	14.475,00	112.158,00	97.683,00	197,62
4	9,41	14.115,00	104.170,68	90.055,68	182,19
Promedio	9,68	14520	107847,675	93327,675	188,80

1 US = ¢494,29 al 30/11/2005
1/ Se refiere al costo (Agrícola) incurrido por concepto de carga y acarreo de las toneladas de caña dejadas en el campo por hectárea. Los valores correspondientes a Carga y Acarreo por tonelada fueron equivalentes a ¢500 y ¢1000, respectivamente.

2) Los elementos Tocón y Secciones de Tallo mostraron los valores más altos de pérdidas de toneladas de caña por hectárea con 3,41 y 3,78 respectivamente.

3) De las dos variedades comerciales analizas solamente el elemento Punta de Tallo presentó diferencias estadísticas significativas, ocasionando la B 80-125 las mayores perdidas.

4) En la cosecha mecánica los elementos Tocón y Secciones de Tallo fueron los que ocasionaron mayores perdidas por hectárea, sin embargo solamente el elemento secciones de tallo fue el que presentó diferencias estadísticas significativas.

5) En la cosecha Semimecanizada el elemento Punta de Tallo fue el que mostró mayores pérdidas presentando diferencias altamente significativas.

6) El tratamiento representado por B 60-125 y Cosecha Mecánica fue el que mostró mayores pérdidas con 10,07 TM caña/Ha, sin embargo no existieron diferencias estadísticas entre ningún tratamiento.

7) Si esta caña que queda en el campo se pudiera llevar al Ingenio, el ingreso potencial neto promedio sería de US$188,80 por hectárea.

RECOMENDACIONES

1) Establecer un programa riguroso de control de calidad de la cosecha con el objeto de disminuir las cantidades de caña dejada en el campo.

2) Concientizar a los operadores de las cosechadoras de realizar el corte inferior lo más bajo posible, ya que el dejar mucho tocón perjudica la cepa y disminuye tanto el Rendimiento Agrícola como Industrial.

3) Realizar estudios que determinen la cantidad de caña dejada en el campo de acuerdo a la cosechadora utilizada.

4) Diseñar lotes con una longitud adecuada para obtener un mejor desempeño de la cosechadora y minimizar el daño de la cepa y la pérdida de caña dejada en el campo.

LITERATURA CITADA

1. SEGURA, C. 1998. Evolución de la Cosecha Mecánica de la Caña de Azúcar en el Ingenio Taboga, un Análisis de Calidad durante la Zafra 1997-1998 (sin publicar).

2. VARGAS, J.; GRIJALBA, M. 2003. Determinación de Pérdidas de Caña dejada en el Campo Por Efecto del Corte Mecanizado. Central Azucarera Tempisque. CATSA. Zafra 02-03. In: Congreso de ATACORI ¨José L. Corrales R.¨, 15, Carrillo, Guanacaste, Costa Rica, 2003. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), Setiembre. p: 153-156.

PRONÓSTICOS CLIMÁTICOS Y APLICACIONES EN LA PRODUCCIÓN DE CAÑA EN LA ZONA DEL PACÍFICO DE GUATEMALA

Jorge L. Sánchez García
Ing. Agr. M. Sc. Agrometeorólogo, CENGICAÑA.
Guatemala. jmalsaro@yahoo.com.mx

RESUMEN

El sector cañero de la Costa Sur en la vertiente del Océano Pacífico en Guatemala mantiene en operación una red de estaciones automáticas y convencionales, así como un activo sistema de información Agrometeorológica que provee de datos, boletines de pronósticos e informes especiales a sus clientes usuarios para que puedan tomar las mejores decisiones técnicas y económicas según sean las condiciones meteorológicas y la fase fenológica en que se encuentre el cultivo de la caña de azúcar.

SUMMARY

The Guatemalan sugarcane growers of the south coastal plains on the Pacific Ocean have an operational meteorological stations network, as well as an active agrometeorological information system that issues data, forecast bulletins and special reports to its clients, allowing them to take better technical and economical decisions according to the weather conditions and the phenological phase of the sugarcane crop.

INTRODUCCIÓN

La zona cañera de Guatemala abarca unas 200,000 ha, en el último quinquenio su rendimiento promedio de azúcar en sus 14 ingenios fue 113.2 kilos de azúcar/ tm de caña y de 89.7 tm de caña/ha, obteniendo 10.16 tm de azúcar/ha/año. A nivel mundial, Guatemala tiene el segundo lugar en rendimiento de azúcar, siendo el sexto exportador, mientras que es el segundo exportador a nivel Latino Americano, únicamente detrás de Brasil (1). Dentro de las estrategias para mantener esa alta productividad, el sector cañero de Guatemala ha implementado una red de estaciones agrometeorológicas automáticas en diferentes partes de la zona cañera de la Costa Sur, con el objetivo de proveer de información meteorológica de calidad en tiempo real a sus asociados, para lo cual se han montado hasta la fecha 16 estaciones. Adicionalmente existe una red de estaciones convencionales que registran principalmente datos termo-pluviométricos y brillo solar. La información generada por las estaciones automáticas puede ser revisada si se está conectado en línea, pudiendo además revisar los boletines más recientes, la información climática histórica y otros productos de gran interés para los usuarios.

ANTECEDENTES

La Asociación de Azucareros de Guatemala, Asazgua, tomó desde hace algunos años la instalación de una red de estaciones automáticas para suplir la carencia de datos meteorológicos en la zona cañera de la Costa Sur, la cual tiene una evidente diversidad climática en sus diferentes estratos altitudinales y longitudinales.

En 1997 se planteó el proyecto original que definía el esquema global de implementación de una red de estaciones, el cual se inició con la adquisición de dos estaciones que se instalaron en la sede de Cengicaña (estrato alto, centro) y en la finca Tehuantepec (estrato bajo, centro) del Ingenio La Unión/ Los Tarros. En el año 2002 se instalaron cuatro estaciones en las fincas Puyumate (estrato bajo, Oeste) del ingenio Tierra Buena (dejó de producir en el año 2004), El Bálsamo (estrato medio, centro) del ingenio Pantaleón/ Concepción, Guadalupe (estrato bajo, centro) del ingenio del mismo nombre y

San Antonio El Valle (estrato bajo, centro) del ingenio Magdalena. De esa manera se llegó a seis estaciones automáticas.

En el año 2003 se instalaron seis estaciones y en el año 2004 se instalaron tres más, para un total de 16. Lo anterior constituye virtualmente un servicio meteorológico privado. El mapa que se presenta a continuación muestra las estaciones actualmente instaladas, su ubicación y otros datos de interés sobre las mismas.

CARACTERÍSTICAS DE LA RED DE ESTACIONES

La red de estaciones meteorológicas que el sector cañero mantiene en operación está constituida por 16 estaciones automáticas completas (registran lluvia, radiación solar, temperatura, humedad relativa, dirección y velocidad de viento, evapotranspiración y presión atmosférica) y 98 estaciones convencionales (de las cuales 9 registran temperatura, humedad relativa, evaporación y brillo solar). El servicio meteorológico del Insivumeh mantiene en operación 6 estaciones completas (3 automáticas y 3 convencionales) en el área.

Todas las estaciones bajo la directa supervisión de Cengicaña están instaladas siguiendo las directrices básicas de la Organización Meteorológica Mundial en cuanto a dimensiones, orientación y altura de instrumentos.

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN

Información Meteorológica Básica: Una de las tareas principales del Área de Agrometeorología en CENGICAÑA es la de analizar y transferir información meteorológica a sus clientes, constituidos primariamente por los ingenios azucareros, el grupo de investigadores de la institución, empresas agroindustriales instaladas en la misma Costa Sur, universidades y noticieros de televisión.

Para el efecto se cuenta con la información primaria generada por la red de estaciones automáticas, la cual está permanentemente disponible a los usuarios a través de la página Web de CENGICAÑA. Los diferentes ingenios instalados en la Costa Sur envían cada mes sus resúmenes meteorológicos diarios, los cuales sirven para actualizar las series de datos climáticos (diarios,

Mapa 1: Ubicación de la red de estaciones automáticas del sector azucarero de Guatemala (3).

pentadales y mensuales de lluvia, brillo solar, temperatura y humedad relativa) de la región cañera, la cual se transfiere periódicamente a la misma página Web para que pueda ser utilizada por quien lo requiera.

Análisis de Información Meteorológica: Periódicamente se deben realizar análisis a la información meteorológica para conocer las tendencias que se van presentando durante la temporada de crecimiento de la caña y compararlas con lo ocurrido en la zafra previa o contra los promedios históricos.

En adición a la información que se recibe de la red meteorológica propia y asociada, el Área de Agrometeorología analiza información de las condiciones más probables en los próximos días o en los siguientes 4-6 meses basados en los pronósticos de largo plazo disponibles de los diferentes centros mundiales que disponen de modelos para la emisión de tales pronósticos. La información que se intercambia y discute en el Foro Virtual del Clima de Centro América es de igual importancia para definir y/o corregir criterios, señalar aspectos importantes o alertar sobre condiciones muy particulares del clima de la región Centro Americana.

Todo lo anterior se analiza de acuerdo a la época del año y a la etapa fenológica en que se encuentre la caña de azúcar en ese momento, al rendimiento obtenido/esperado y la tendencia que se vaya obteniendo en las diferentes áreas de influencia de los ingenios.

Transferencia de la Información a los Usuarios: Toda la información obtenida de la red de estaciones o la que es analizada en el Área es transferida directamente a los usuarios registrados por medio de correo electrónico, quienes en muchos casos retransmiten esta información a personal adicional dentro de sus empresas o al público en general, tal el caso de los telenoticieros.

Adicionalmente, esta información queda disponible en la página Web, en donde se puede consultar en la dirección http://www.cengicana.org/Portal/Home.aspx siguiendo estos pasos:

a. Luego de haber ingresado a la dirección indicada, posicionar el cursor en la tercera pestaña del lado izquierdo, "**Meteorología**" y presionarlo sobre ésta,
b. Al ingresar en la página principal de Agrometeorología se encuentra una descripción de la Base de Datos Meteorológicos de la Agroindustria Azucarera de Guatemala. Al extremo derecho se encuentran los "**Informes Especiales de Meteorología**", con los análisis de las condiciones meteorológicas más relevantes para el cultivo en la época en que se consulte. En el lado izquierdo se encuentran las opciones de "**Datos Históricos**", "**Estaciones Automáticas**", "**Vínculos Meteorológicos**" y "**Boletines**", pudiendo ingresar a cualquiera de ellas, posicionando el cursor en la que se elija y presionándolo sobre ella.
c. Al ingresar a la página de "**Datos Históricos**" se puede tener acceso a la información climática histórica de Lluvias, Evapotranspiración, Brillo-Radiación Solar y Temperatura, la cual está disponible según los estratos altitudinales y longitudinales en que se ha subdividido la zona cañera Guatemalteca.
d. Al ingresar a la página de "**Estaciones Automáticas**" se puede tener acceso a la información meteorológica en tiempo real de las estaciones disponibles en la red. Para cada estación, los datos se presentan en forma individual, consolidada o por aplicaciones específicas (Aspersiones, Cosecha y Riegos), en las que se agrupan los datos meteorológicos requeridos para hacer más eficiente la práctica agronómica elegida. Lo anterior se muestra en la Figura 2.
e. Al ingresar a la página de "**Vínculos Meteorológicos**" se despliegan tres opciones actualizadas de fotografías de satélite animadas e interactivas (visible e infrarrojo) centradas sobre Guatemala, Centro América, México + el Caribe y el hemisferio Norte del continente americano.
f. Al ingresar a la página de "**Boletines**" se muestra el Boletín Agrometeorológico más reciente y los últimos 10 que han sido emitidos.

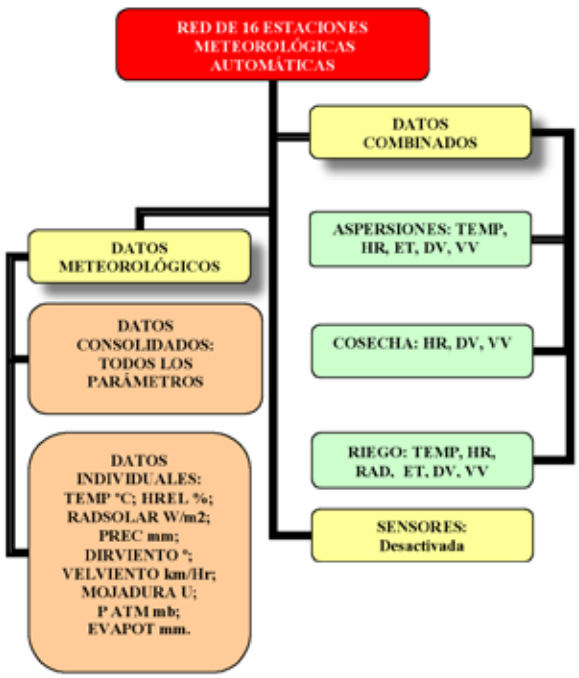


Figura 2: Organigrama que muestra la disposición actual de la información meteorológica en las opciones del programa receptor de datos (3).

PRONÓSTICOS GENERADOS Y APLICACIONES

Boletines Semanales: Los boletines de pronóstico de corto/mediano plazo (1-6 días) son emitidos por lo menos 3 veces por semana bajo condiciones normales y todas las veces que se necesite cuando hay condiciones meteorológicas adversas. Generalmente incluyen una breve sinopsis del tiempo más significativo, las condiciones que se podrían esperar para las siguientes 48-72 horas y las implicaciones que podrían tener en el cultivo y en la Costa Sur principalmente. Incluyen también las condiciones generales para los siguientes siete días, fotografías de satélite analizadas mostrando el posible desplazamiento de los sistemas meteorológicos del momento.

El enfoque de los boletines así como de los diferentes productos meteorológicos va cambiando según la época del año y la fase fenológica del cultivo, pasando de frentes fríos y vientos del Norte en plena época de cosecha y riegos al seguimiento del a Zona de Convergencia Intertropical y las Ondas del Este en las etapas de siembras y elongación, la previsión de los períodos de canícula para las aspersiones de inhibidores de floración, el seguimiento de los sistemas depresionarios de los huracanes para las aspersiones de madurantes para llegar a la previsión del cierre de la estación lluviosa que determinará el inicio de la nueva zafra. El Cuadro 3 muestra tales variaciones de enfoque.

Estos boletines iniciaron con una lógica orientación para la Costa Sur de Guatemala, sin embargo diversas circunstancias motivaron una ampliación de cobertura a nivel nacional, solicitándose eventualmente análisis específicos para las zonas cañeras de los países vecinos.

CUADRO 3

Variaciones en la orientación de los avisos emitidos al sector cañero de Guatemala por el Área de Agrometeorología de CENGICAÑA (2).

CRONOGRAMA DE EMISIÓN DE AVISOS METEOROLÓGICOS AL SECTOR CAÑERO GUATEMALTECO
ÁREA DE AGROMETEOROLOGÍA, CENGICAÑA

EVENTOS METEOROLÓGICOS Y FENOLÓGICOS	MESES DE EMISIÓN DE AVISOS											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
SIEMBRAS												
TEMPERATURAS: MUY ALTAS												
BAJAS												
FECHA DE INICIO DE ESTACIÓN LLUVIOSA												
DURACIÓN DE ESTACIÓN LLUVIOSA												
OCURRENCIA DE: ALTA NUBOSIDAD												
RIEGOS												
INCREMENTO EN PLAGAS: ROEDORES												
CHINCHE												
GALLINA CIEGA												
EROSIÓN: HÍDRICA												
PASO DE ONDAS DEL ESTE												
OCURRENCIA DE: CANÍCULA												
EVENTOS NIÑO/ NIÑA												
INDUCCIÓN/ ESTIMADO FLORACIÓN												
ASPERSIONES DE AGROQUIMICOS												
REDUCCIÓN SACAROSA												
CONTROL DE MALEZAS												
OCURRENCIA DE: TEMPORALES												
INUNDACIONES												
PASO DE HURACANES												
FECHA DE FIN DE ESTACIÓN LLUVIOSA												
ADELANTO/RETRASO DEL CICLO												
QUEMAS PRE-COSECHA												
ACAME POR VIENTOS FUERTES												
CAMBIOS EN DIRECCIÓN VIENTOS												
EROSIÓN: EÓLICA												
CONTAMINACIÓN DEL: AIRE												
FENOLOGÍA DE LA CAÑA												

SIEMBRA · MACOLLAMIENTO · ELONGACIÓN · MADURACIÓN/FLOR · COSECHA

Informes Especiales. Inicio de estación lluviosa: Los pronósticos de largo plazo (3-6 meses) son especialmente requeridos por los equipos técnicos y gerenciales de los ingenios para ir guiando sus planificaciones de largo plazo en las fases fenológicas en que se encuentre la caña. Uno de los informes más esperados es el de las expectativas del inicio e intensidad de la estación lluviosa para los diferentes estratos que integran la zona cañera de la Costa Sur, emitiéndose una primera versión en el mes de Febrero, actualizándola en Marzo y Abril. Este informe provee directrices para programar las últimas semanas de la zafra, el levantamiento de los equipos de riego y para conocer la viabilidad de las nuevas siembras del año. El eventual acortamiento o la prolongación de la zafra requiere conocer con varias semanas de antelación la probabilidad que las lluvias se establezcan precoz o tardíamente, para poder contar con suficiente personal y maquinaria en la cosecha y mantener operando el ingenio el tiempo estrictamente necesario, todo lo cual tiene implicaciones económicas muy importantes.

Canícula y Floración: Cuando se aproxima el tiempo de canícula se requiere conocer su duración e intensidad para programar adecuadamente las aspersiones de inhibidores de floración, pero ante todo, para saber si será necesario o no hacer tales aspersiones. Si la canícula tiende a ser "húmeda", es más probable que sí sea necesario hacer aspersiones de inhibidores de floración ya que seguramente el porcentaje de floración a esperar a inicios de Noviembre será alto, incidiendo negativamente en el rendimiento de azúcar de la caña. Este informe especial generalmente se requiere en los meses de Julio y Agosto.

Huracanes: El número e intensidad de los huracanes que circulen próximos a la región Centro Americana es de mucho interés para los ingenios, pues les da una imagen global del potencial de riesgo que puede esperarse principalmente a nivel de infraestructura (puentes, carreteras, caminos internos, desbordamiento de ríos) en la zona cañera. Esta información es transferida a los usuarios de los ingenios cada vez que se reciben actualizaciones de los pronósticos de huracanes de los centros mundiales que los emiten.

A lo largo del año se realiza una "vigilancia meteorológica" para conocer si existen o no eventos que puedan modificar las condiciones meteorológicas normales en la zona cañera. Cuando se detecta la posible ocurrencia de algún sistema ciclónico que pueda afectar al país se emiten de inmediato por correo electrónico los boletines de aviso y/o alerta, especificando las áreas que potencialmente vayan a ser afectadas y nombrando a los ingenios que deben tomar las precauciones necesarias. Según los sistemas vayan evolucionando o acercándose al país se establece comunicación directa con los ingenios que podrían ser afectados para brindarles toda la información necesaria y las recomendaciones que el caso amerite para reducir el impacto en el personal, las plantaciones y maquinaria.

Eventos Niño – Niña: La llamada "vigilancia meteorológica" también se aplica a los casos en que se sospeche que se avecinen eventos Niño o Niña para la región, emitiendo avisos especiales y recomendaciones globales que reduzcan el impacto en el cultivo en los diferentes estratos.

Cierre de Estación Lluviosa: El inicio de la zafra está muy regido por las fechas estimadas del cierre de la estación lluviosa. Si el cierre es temprano, los ingenios pueden adelantar su zafra, de lo contrario deben mantenerla en fechas normales o atrasarla. La información que permita tomar tales decisiones debe ser transferida a los ingenios con varias semanas de antelación, para así programar la llegada masiva de los cortadores, la contratación de los buses, la disponibilidad de los camiones y maquinaria usada en el procesamiento de la caña, el arranque de las turbinas de los ingenios así como la salida de los primeros embarques de azúcar. Todas estas decisiones de gran trascendencia económica requieren de buenos pronósticos preliminares generalmente emitidos en la segunda quincena de Agosto, los que se actualizan en Septiembre y en la primera quincena de Octubre.

Quemas y Frentes Fríos: La zafra por el momento implica la realización de quemas, las cuales requieren de información confiable de temperatura y humedad para ejecutarlas, así como de dirección de viento para que la pavesa resultante no genere inconvenientes en las poblaciones vecinas, carreteras, zonas turísticas o en otras actividades económicas vecinas. La llegada de los frentes fríos puede alterar la programación de las quemas con la entrada sostenida de vientos intensos generalmente del Norte, que de acuerdo a la intensidad del sistema de Alta Presión puede mantenerse por unas 24-36 horas. Esto es tiempo suficiente como alterar la programación de quemas de lotes en las fincas, muy ligadas a la dirección del viento y a la posición del lote respecto a poblaciones, carreteras, etc. Antes de que se presenten tales condiciones se informa sobre el posible ingreso de los frentes fríos y los vientos asociados, los lugares que podrían presentar mayores variaciones en la dirección del viento y los que no tendrán modificaciones, de manera de poder reprogramar o no las quemas y cosechas de esos lugares en esos días y no desabastecer de caña a los ingenios.

CONCLUSIONES

El uso intensivo de la información meteorológica en el sector cañero de Guatemala ha contribuido a una mejor toma de decisiones técnicas y económicas.

La información agrometeorológica es transferida constantemente a los clientes usuarios de los ingenios

en la forma en que éstos la necesitan, creándoles el hábito de incorporarla en las diferentes actividades agroindustriales que realizan durante el año.

Los datos, análisis y boletines agrometeorológicos emitidos durante el año se ajustan a las necesidades de la época y a la fase fenológica del cultivo, de manera de brindarle a sus clientes usuarios el producto que verdaderamente llene sus expectativas y que le sirva para hacer más rentable y eficiente su actividad.

BIBLIOGRAFÍA

1. MENESES, Adlai. Comunicación personal. CENGICAÑA 2006.

2. SÁNCHEZ, Jorge L. 2001. Consultoría en Agrometeorología para CENGICAÑA. Guatemala. 56 p.

3. SÁNCHEZ, Jorge L. 2004. Información meteorológica en línea: La red de estaciones agrometeorológicas del sector cañero al alcance de su mano. *In:* Informe Anual CENGICAÑA 2004. Guatemala.

USO DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN LA ALIMENTACIÓN ANIMAL

MSc Rodrigo Rosales R.
Escuela de Zootecnia, UCR
rrosales@cariari.ucr.ac.cr

INTRODUCCIÓN

La situación económica que viven nuestros países, exige la necesidad de aprovechar en una forma más amplia y con mayor eficiencia el uso de nuestros recursos locales.

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L) es el principal cultivo agrícola en varios países tropicales. Por ello, no se debe olvidar que la caña es el rey de los cultivos tropicales, produciendo más biomasa por unidad de superficie y con mayor eficiencia en cuanto a la captura de energía solar con respecto a cualquier otra planta. Además, tiene la ventaja de ser perenne, adaptable casi a cualquier suelo, resistente a las plagas, no provoca erosión y necesita pocos insumos.

Lo que se necesita es buscar una mayor diversificación en el uso de la caña de azúcar, utilizándose la misma para otros propósitos además de la elaboración de azúcar, que será en el futuro únicamente para llenar las necesidades de consumo interno de cada país.

Desde hace ya varios años, se han planteado diversos modelos para el aprovechamiento de la caña de azúcar por el proceso de fraccionamiento tradicional a través de un trapiche sencillo, con el fin de usar el jugo en la alimentación de animales de alta demanda nutricional como por ejemplo en cerdos, aves y rumiantes, en la fase de crecimiento precoz y/o lactancia y la fibra (incluyendo el jugo residual) como combustible. Luego se agregó otra alternativa de usar el bagazo junto con el cogollo como alimento de rumiantes mayores en menor demanda nutricional (hembras de desarrollo y vacas) y/o para rumiantes menores con alta capacidad selectiva (cabras y ovejas), con la finalidad de que ellos pudieran aprovechar la médula, más rica en azúcares, dejando la fibra dura de la corteza para usarse como combustible y/o cama para las aves.

Así en la figura 1 se presenta el fraccionamiento que se puede hacer de la caña de azúcar para su utilización racional en la alimentación de los animales domésticos.

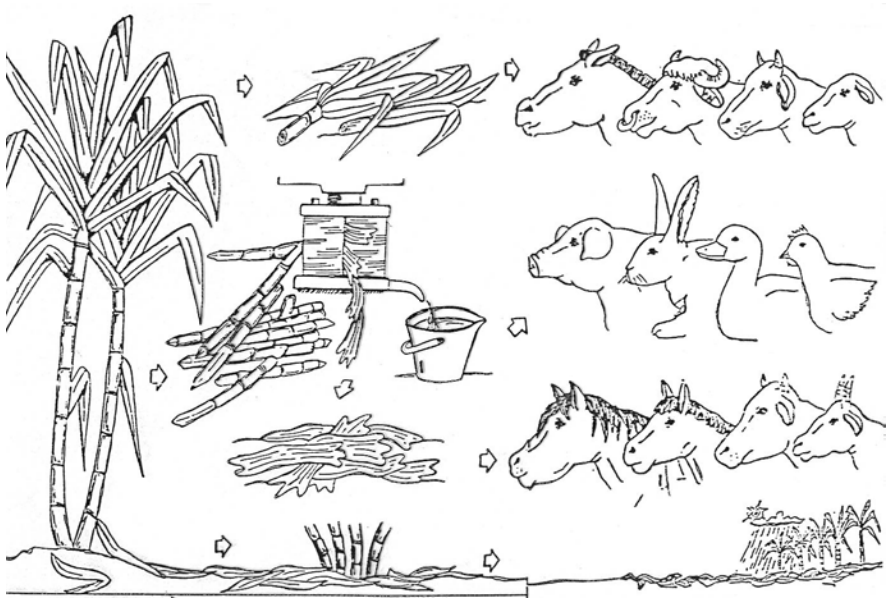


Figura 1. Fraccionamiento de la caña de azúcar

USO DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN BOVINOS

Dentro de las gramíneas forrajeras, la caña de azúcar tiene su mayor uso en la alimentación de los bovinos destacándose por dos aspectos: alta producción de materia seca (MS) por hectárea y la capacidad de mantener su potencial energético durante período de verano o época seca. Aparte de esto, es un cultivo que necesita renovarse cada cuatro a cinco años.

La caña de azúcar sobresale como una planta con un buen potencial para transformar la energía solar en energía química, representada principalmente por la sacarosa.

Esta planta contiene un elevado contenido de este nutriente en su madurez, alcanzando 31% de materia seca. Esto se da en una época del año, cuando las pasturas son escasas, con bajos contenidos de proteína y energía, lo que hace de la caña de azúcar una fuente energética importante para los bovinos durante el periodo seco y lo que ha motivado en los países tropicales a realizar diversas investigaciones

LA CAÑA PRESENTA OTRAS VENTAJAS COMO SON:

- Alta producción de materia seca (± 120 t/ha)
- Es una planta perenne (requiere renovación después del 4 o5 año)
- Mantiene su valor nutritivo por períodos largos después de su maduración
- Es bastante aceptada por los rumiantes (pueden consumir hasta 6% de su peso vivo de material fresco por día)
- Tiene un costo de producción relativamente bajo

Sin embargo la caña de azúcar presenta un contenido pobre de proteína bruta, la cual oscila entre el 2 y 3 % en la materia seca. Esto hace necesario que al suministrar caña a los animales debe incorporarse una fuente proteica para corregir esta deficiencia, así mismo es común que se adicione como fuente proteica la urea la cual la asocian con una fuente de azufre, según la respuesta en ganancia de peso o productividad esperada de los animales. Para efectos prácticos, se recomienda agregar de 7 a 10 g de urea/kg de caña fresca, o bien simplemente mezclarla con una fuente de proteína natural.

En el cuadro 1 se presenta los resultados de la utilización del jugo de caña y la melaza, en la alimentación de novillos en desarrollo.

Son varias las formas que la caña ha sido usada para la alimentación de rumiantes, así por ejemplo, el uso más común es utilizarla fresca, picada en un comedero para que el animal la consuma directamente.

Otras formas de uso de la caña de azúcar son en ensilaje, hidrolizada, vinaza, bagazo, en forma fermentada llamada saccharina y la punta. Esta ultima, juega un papel importante en las dietas a base de caña de azúcar, ya que en principio éstas representan de 20–30 por ciento de la planta entera y tienen un efecto positivo como fibras largas de alta calidad sobre el consumo voluntario y el comportamiento animal sobre todo cuando éstas son verdes y frescas.

Con las mayores proporciones de puntas de caña se obtuvieron las mayores ganancias en peso vivo aún cuando la conversión tendió a empeorar (Cuadro 2). Esto muestra el potencial que las puntas podrían tener en la alimentación animal en zonas aledañas a donde se cultiva la caña. **Así mismo, se muestran los resultados**

CUADRO 1
Resumen de trabajos usando jugo de caña y melaza como dieta básica en engorde de novillos

Peso inicial (kg)	Peso final (kg)	Ganancia (kg/d)	Consumo en base fresca (kg/d)				Total MS (kg/d)	Conversión
			Melaza	Jugo	Forraje	Suplem.		
279	300	0,252	3,95	-	9,90	NS	5,44	21,54a
266	304	0,545	4,00	-	10,00	S	6,42	11,78a
261	309	0,795	-	22,70	9,80	NS	5,85	7,42a
279	361	1,315	-	31,90	10,90	S	8,43	6,44a
182,5	277,5	1,035	-	18,5	4,2	S	4,7	4,60b
182	257	0,850	-	18,8	4,45	NS	4,35	5,27b

A y b Las cifras de la misma columna con diferentes superíndices difieren significativamente a p>0,05.
NS: no suplementado, S : suplementado.
Adaptado de MENA, 2006.

CUADRO 2
Comportamiento de novillos alimentados con diferentes proporciones de tallo y punta (Ferreiro y Preston, 1976)

	Puntas: Tallo (Base fresca)					
	0:100	20:80	40:50	60:40	80:20	100:00
No. Animales	10	10	10	10	10	10
Ganancia diaria, - g/d	605	614	699	760	789	839
Consumo MS total	4,52	4,66	6,49	6,40	6,76	7,50
[1]Indice de consumo	1,7	2,2	2,1	2,6	2,3	2,6
[2]Conversión	7,47	7,59	9,28	8,35	8,57	8,94

1- Consumo de MS/100 kg de peso vivo.
2- Consumo de MS/ganancia diaria.
Adaptado de Alvarez, 2006

de trabajos realizados con diferentes relaciones de punta de la caña y el tallo sobre la ganancia de peso de novillos.

En el cuadro 3, se presentan los resultados de la ganancia de peso en novillos en desarrollo, usando la caña de azúcar asociada con diferentes tipos de suplementación.

Cuadro 3
Efecto del uso de suplementos para bovinos recebiendo dietas a base de caña + urea, en el consumo de materia seca y ganancia de peso

Suplemento	Ganancia (kg/ani/dia)	Consumo caña (% PV1)	Total ofrecido (kg/dia)
Harina de arroz	1,0	2,20	0,721
Harina de algodón	0,6	1,92	0,500
Maíz molido	1,0	2,18	0,462
Sorgo molido	1,0	-	0,372
Sin suplemento	0,0	1,84	0,131

1PV = peso vivo
Adaptado de Thiago y Vieira, 2002.

El cuadro 4, presenta el resultado obtenido en la ganancia de peso en novillas utilizando diferentes tratamientos con caña.

USO DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN LA PRODUCCIÓN PORCINA

A partir del jugo de caña o con miel rica se logra por esta vía 3,8 veces más energía que con un cereal secundario. Tradicionalmente la caña de azúcar ha estado vinculado a la agroindustria artesanal (trapiche) o tecnificada (ingenio azucarero o fábricas de derivados), siendo su destino principal la producción de sacarosa para el consumo humano; lo anterior ha limitado el desarrollo y la aplicación de tecnologías para el empleo de este cultivo en la alimentación animal (Figueroa 1990).

La mayor experiencia en el uso de jugo de caña en los cerdos es las fases de crecimiento y engorde, que donde se obtienen mejores respuestas y son los animales que saldrán al mercado. Por eso debe tomarse en cuenta, que el consumo de jugo dependerá de factores como variedad de caña, época del año, cantidad de suplemento proteico ofrecido a los animales. El jugo de caña se compone casi en su totalidad de carbohidratos en forma de azúcares. Por lo tanto, se requiere el uso de suplementos proteicos que puedan suplir las necesidades de proteína en las diferentes etapas de producción.

El cuadros 5 presenta los resultados del uso del jugo

CUADRO 4
Comportamiento de vaquillas en pastoreo con de caña de azúcar como forraje complementario

	Pasto	+ caña	+caña +urea	+ Urea +Supl.
GPD/kg/d	0,320	0,327	0,366	0,528
Consumo, kg.				
Caña	0,0	2,7	2,5	2,0
Pasto	8.1	4,2	6,1	5,2
Suplemento	1,0	1,0	1,0	1,0
Total	9,1	7,9	9,6	8,2
Digestibilidad, %				
MS	75	69	72	72
FDN	78	71	75	74

Fuente Mendoza, 2004

de caña y un suplemento proteico, en cerdos de 40, 50 y60 kilos de peso vivo. De acuerdo a los resultados obtenidos, se encontró que no hubo diferencias significativas entre los tres tratamientos con jugo y todos tendieron a ser mejores que el testigo, especialmente con respecto a la conversión alimenticia.

CUADRO 5
Comportamiento de cerdos en finalización, alimentados con jugo de caña fresco y suplemento proteico

	Tratamientos (kg)			Testigo
	40	50	60	
No. de animales	8	8	8	8
Peso vivo (kg)				
Inicial	37,6	49,3	58,9	41,8
Final	90,8	91,2	91,9	90,9
Ganancia (kg/dia)	0,614	0,729	0,776	0,590
Consumo (kg/dia)				
Jugo fresco	10,9	11,5	13,1	-
Suplemento1	0,77	0,81	0,96	-
Balanceado comercial	-	-	-	3,80
Consumo total de MS (kg/dia)	2,25	2,35	2,63	3,24
Conversión	3,55	3,30	3,42	5,49

Fuente: Mena (1981), citado por MENA, 2006
1 Composición del suplemento: torta de soya + minerales + vitaminas

En el cuadro 6 se presenta la respuesta de cerdos en crecimiento con dietas comparando el jugo de caña fresco y conservado.

Según los resultados obtenidos hay una mejor ganancia de peso y conversión alimenticia que suministrar el jugo de caña conservado.

También se han realizados trabajos en cerdas y su respuesta a la sustitución de jugo de caña con las tradicionales fuentes energéticas como el maíz. En el cuadro 7 se presenta resultados comparativos del jugo de caña contra un concentrado comercial. De acuerdo a los resultados obtenidos e notorio el el aumento en el número de servicios, sin embargo se presento una mejor tasa de concepción y un mayor peso al nacer.

CUADRO 6
Comportamiento de cerdos en crecimiento alimentados con una dieta básica de jugo de caña fresco y conservado con benzoato de sodio

	Tratamientos	
	Jugo fresco	Jugo conservado
Peso vivo (kg)		
Inicial	31,9	33,2
Final	61,2	67,8
Ganancia (kg/dia)	0,601	0,707
Consumo (kg/dia)		
Jugo	11,0	10,9
Suplemento	0,678	0,678
Consumo total de MS (kg/dia)	2,70	2,40
Conversión	4,16	3,33

Fuente: Santana y Jiménez (1985) citados por Sarria et al, 1990

Trabajo similar llevado a cabo por González 2002, determinó la factibilidad del uso del jugo de caña como principal fuente de energía en raciones para cerdos durante la etapa de crecimiento y finalización en donde no encontró diferencias significativas entre los cerdos alimentados con dietas a base de jugo de caña y los alimentados con dietas a base de maíz (Cuadro 8).

Ferreira de Paula *et al*. (1994), evaluando la utilización del jugo de caña en la alimentación de cerdas en gestación como fuente energética en reemplazo del maíz, obtuvieron como resultado que las cerdas que recibieron jugo de caña lograron mayores ganancias de peso durante la gestación y por lo tanto presentaron mejores condiciones físicas en el momento del parto y el intervalo destete – celo fue menor en las cerdas alimentadas con jugo de caña. Con este trabajo se demostró que el jugo de caña es una fuente adecuada de energía para cerdas gestantes, en donde se logra sustituir el maíz hasta el 100%. Los datos se presentan en el cuadro 9.

CUADRO 7
Resultados con cerdas preñadas y lactantes alimentadas con diferentes fuentes alimenticias

Alimentos	No. de servicios	Tasa de concepción (%)	No. de crías nacidas	Peso de los lechones al nacer
Jugo de caña	25	92,0	8,28	1,47
Balanceado comercial	14	85,7	10,09	1,38

Fuente: Estrella, Mena y Uen (1984), citados por Gonzalez, 2002.

CUADRO 8
Comparación de dietas con jugo de caña vs dietas a base de maíz para la alimentación de cerdos.

	Dietas a base de maíz	Dietas con Jugo de caña
No. de animales	14	14
Peso inicial (kg)	16 ± 2.35	16.2 ± 2.10
Peso Final (kg)	73 ± 9.63	91 ± 9.97
Ganancia de peso (g/día)	579 ± 92	775 ± 103
Tiempo (días)	98 ± 00	97 ± 2.67

Adaptado de González, 2002

CUADRO 9
Comportamiento productivo de cerdas en gestación alimentadas con jugo de caña como reemplazo del maíz.

	Dieta Convencional*	Jugo de Caña + Supl.
Ganancia Gestación (Kg)	40,4b	46,4a
Lechones Nac. Vivos	8,4	9,4
Peso Lechón. Nacer (Kg)	1,31	1,31
Intervalo destete – celo (días)	9,4 b	6,6 a

a y b P< 0.01
** Maíz como Fuente Energética*
Fuente: Ferreira de Paula et al. (1994)., citado por Gonzalez, 2002.

USO DE LA CAÑA EN AVICULTURA

En varios ensayos realizados con aves, se ha determinado que los patos son más apropiados para utilizar dietas no convencionales que los broiler o las gallinas ponedoras de líneas especializadas ya que se adaptan más fácilmente a las dietas rústicas, líquidas o semilíquidas. En concordancia con lo anterior, se decidió evaluar el efecto del reemplazo parcial del jugo de caña por vinaza como dieta básica para patos de engorde. Como fuentes proteicas se suministró grano de soya cocido en forma restringida y azolla a voluntad.

De acuerdo a los resaltados obtenidos, puede concluirse que la vinaza puede ser utilizada en la alimentación de patos Pekín, hasta un nivel de sustitución de 40% del jugo de caña, con similares resultados bioló-

CUADRO 10
Efecto de los diferentes niveles de reemplazo de jugo de caña por vinaza sobre el crecimiento, consumo y conversión de los patos (ensayo de 41 días)

	Vinaza (% de reemplazo del jugo)*				
	0	20	40	60	ES(Prob)
Peso vivo (g)					
Inicial	638	614	648	655	
Final	1815	1823	1703	1613	
Aumento/día**	31.3a	30.9a	27.2ab	22.1b	1.78(0.03)
Consumo diario					
Jugo (ml)	793a*	481b	340c	202d	180(0.001)
Vinaza (ml)	0.00	26.3a	48b	64c	46(0.001)
Grano soya (g)	40.0	40.0	40.0	40.0	
Azolla (g)	354	355	344	321	87(0.08)
Materia seca (g)	181ª	145b	133bc	118c	51(0.001)
Conversión (MS)	5.76ª	4.82b	4.89b	5.36ab	0.31(0.03)
Peso de la					
canal (g)	1221	1253	1166	1076	
(peso canal/peso en vivo)(%)	67.2	68.7	68.5	66.7	

Reemplazo de acuerdo a los grados Brix
*** Calculado por regresión*
a,b Valores sin letras en común son significativamente diferentes
Fuente: Chará y Suárez, 1993

gicos y mejores resultados económicos que los obtenidos cuando se usa el jugo de caña como única fuente energética.

CONCLUSIÓN

Debido a que resulta cada vez más difícil y oneroso la importación de granos para la alimentación de ganado, principalmente cerdos y aves, por lo que pensamos que se espera un futuro promisorio en el uso de la caña, jugo de caña, melaza y otros subproductos, que podrían desempeñar un papel fundamental como substitutos de los granos, para lo que ya existe la tecnología disponible para aplicarla en nuestros sistemas de producción animal.

REFERENCIAS

1. Álvarez, F.J. Experiencia con la caña de azúcar integral en la alimentación animal en México. Consultado 26 de Mayo de 2006. Disponible en http://www.fao.org/docrep/003/s8850e/S8850E06.htm
2. Chará, J.D. y Suárez, J.C. 1993**.** Utilización de vinaza y jugo de caña como fuente
3. energética en patos Pekín alimentados con grano de soya y azolla como fuente proteica.
4. Livestock Research for Rural Development. Volume 5, Number 1, June 1993.
5. Ferreira de Paula, M.; Donzele, L.; Demelo, V.; Costa, M. e Tafuri, L. 1994.
6. Caldo de cana de açúcar como fonte de energía para marras gestantes. Rev.
7. Sociedade. Brasileira de. Zootecnia. 23: 4.
8. González, D. 2002. La caña de azúcar en la alimentación de cerdos. In: Expoferia. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Venezuela.
9. Mena. A .2006. Utilización del jugo de la caña de azúcar para la alimentación animal: sinopsis. Consultado30 mayo 2006. Disponible en www.fao.org/docrep/003/s8850e/S8850E14.htm
10. Mendoza, G. 2004. Suplementación proteica y producción de rumiantes en pastoreo. Colegio de Posgraduados. Universidad de Chapingo. México. Mimeografiado.
11. Sarria, Patricia; A Solano y T R Preston. 1990. Utilización de jugo de caña y cachaza panelera en la alimentación de cerdos**. Livestock Research for Rural Development. Volume 2, Number 2, July 1990.** Cali, Colombia
12. Thiago,L.R; Mendes, J. 2002, Cana-de-açúcar: uma alternativa de alimento para a seca. Comunicado Técnico No 72, Dezembro. EMBRAPA, Gado de corte. Brasil.

USO DE CAÑA DE AZÚCAR COMO PARTE DE LA RACIÓN PARA ENGORDE DE GANADO BOVINO, ESTABULADO Y SEMIESTABULADO

Ing. Agr. José Alberto Torres Moreira
La Paulina, San Pedro Montes de Oca, Costa Rica
jatormo22@yahoo.com

RESUMEN

En este trabajo se hace referencia a la importancia de la caña de azúcar en la alimentación del ganado bovino en el trópico de América Latina. Se mencionan distintos esfuerzos de investigación llevados a cabo sobre el particular en varios países y a proyectos desarrollados en Costa Rica por el MAG, INTA, CNP con pequeños y medianos productores utilizando sistemas intensivos de estabulación, y semiestabulación. Se presenta como referencia un trabajo realizado por el autor, en una finca propiedad del mismo, situada en el Cantón de Sarapiquí, en la región Huetar Atlántica., en la que se llevaron a cabo varias pruebas con materiales mezclados con caña de azúcar para el engorde de ganado bovino. Se da a conocer el resultado obtenido con raciones compuestas con caña de azúcar, camerún, maní forrajero, pollinaza tratada y minerales. Se lograron aumentos de 975 grs. diarios por animal en estabulación y 775 grs. en semiestabulación con una producción de 2160 y 837 kilos por hectárea por año respectivamente, lo cual significó un aumento muy alto respecto a la producción que se tenía en la finca en pastoreo. Otro beneficio obtenido fue el aprovechamiento del estiércol para abono bajando los costos en fertilizantes y mejoró la relación con el medio ambiente.

INTRODUCCIÓN

En muchos países de América Latina, principalmente en los ubicados en la zona tropical, la cría y el engorde de ganado bovino se ha hecho, por varias décadas en forma "extensiva", aprovechando una frontera agrícola en expansión con disponibilidad de tierras a bajo costo y la facilidad del uso de pastos naturales y algunos introducidos. Esta situación se ha hecho patente en varios trabajos publicados en Centro América, México y Colombia.

En el caso de Costa Rica esta situación a traído como consecuencia, en muchas áreas, un uso irracional de los suelos, con deterioro de los mismos, dado que por sus condiciones naturales, deberían estar en uso forestal o de protección y por el aumento de la degradación de los mismos por sobrepastoreo, compactación y erosión, con una carga animal muy baja, como promedio de 0,73 UA por hectárea (Censo Ganadero, 2000) y en algunos casos menor hasta 0,60 UA, especialmente en zonas de terrenos muy quebrados (Área Piloto del Proyecto MAG-FAO, 1996) con producciones muy bajas de 300 a 500 grs. por día/animal, pero en algunos casos esta puede ser mas baja. La explotación "extensiva" también ha producido un bajo rendimiento económico de la actividad ganadera, que se ha acentuado con el alza del precio de los combustibles y los precios de la carne trayendo como consecuencia la disminución del hato ganadero del país, de 2,3 millones de cabezas de ganado en 1982 a un monto estimado en la actualidad de alrededor de 1,2 millones (Arronis, 2006)

En varios países, con el objeto de aumentar la producción de carne por hectárea y mejorar la relación de la ganadería con el medio ambiente se ha recurrido, de la década de los 80 para acá, a la siembra de pastos mejorados y al desarrollo de sistemas silvopastoriles, así como al uso de complementos alimenticios como la melaza, urea, pollinaza, maíz, banano, cerdaza, pulidura de arroz, pulpa de cítricos, productos que son adquiridos fuera de la finca, cuyo precio ha aumentado con el incremento del valor de los combustibles.

Dentro del esquema anterior la caña de azúcar, por ser una de las plantas más eficientes para la captura de energía solar y transformación de ésta en producción de

biomasa (Conrad, 1990) así como por ser ampliamente cultivada en los trópicos húmedos y secos juega un papel preponderante por lo que desde hace más de treinta años, se han llevado a cabo, en diferentes países, importantes investigaciones en nutrición y alimentación de rumiantes con caña de azúcar picada, con la participación destacada del Dr. T.R. Preston y sus colaboradores, así como otros investigadores. Muchos de los trabajos de investigación han sido orientados a hacer mas aprovechable el uso de la caña de azúcar agregándole urea, harina de semilla de algodón, pulidura de arroz, salvado de trigo, harina de soya y harina de pescado, debido a que la caña de azúcar es alta en azúcares y fibra pero baja en proteína y limitada en el contenido de minerales esenciales. En 1990 Joseph H Conrad, Ph.D, Marta Irene Florito, MSc. y Lee R. McDowell Ph.D. de la Universidad de Florida presentaron un trabajo en el que hacían una revisión de algunos logros importantes en este campo de los últimos 20 años y se establecía que era posible producir 2000 kilos de carne utilizando una hectárea de caña de azúcar.

De esa fecha a esta parte los trabajos de investigación han continuado y aportado nuevos conocimientos para el uso de la caña de azúcar como alimento del ganado bovino.

Siguiendo el mismo orden de ideas en Costa Rica se ha despertado mucho interés por la utilización de sistemas que conduzcan a una mayor producción y productividad de la actividad ganadera de carne y hacerla mas amigable con el ambiente. Es así como varios especialistas han aunado esfuerzos y realizado múltiples experimentos y publicado importantes resultados respecto a sistemas de cultivos y manejo de pastos mejorados con rotación del ganado en apartos, sistemas silvopastoriles donde se destaca la labor del CATIE, EARTH, ECAG, UCR, ITCR, así como en la suplementación estratégica en pastoreo, la estabulación y la semiestabulación (Arronis, 2003) campos en los que han trabajado con mucho interés el MAG, INTA y CNP hasta lograr proyectos rentables con pequeños agricultores en las Regiones del Pacífico Central Sur, Brunca y Chorotega que hoy día alcanzan a unas 7500 cabezas de ganado bajo esos sistemas y con una marcada tendencia a aumentar, sin olvidarse del mejoramiento de los hatos ganaderos con la participación de CORFOGA , BNCR, MAG e INA.

Dentro del mismo concepto de la importancia que tiene el uso de la caña de azúcar para la alimentación del ganado bovino, se presenta en ésta oportunidad, un trabajo realizado por el autor en una finca de su propiedad con la valiosa colaboración del Ing. Jhonny Hernández y que se refiere a los sistemas de estabulación y semiestabulación. El objetivo principal del trabajo mencionado fue el de lograr un incremento en los ingresos de la empresa mediante un aumento en la producción de kilos de carne por hectárea, al más bajo costo posible.

Las pruebas se llevaron acabo en una finca, ubicada en el cantón de Sarapiquí, distrito de Horquetas, en la región Huetar Atlántica de Costa Rica a 30 msm, durante un período de diez años.

OBJETIVOS

Objetivo general

Obtener una dieta, económicamente viable, para el engorde de ganado bovino utilizando la caña de azúcar y otros materiales en sistemas que puedan aumentar los ingresos de la empresa.

Objetivos específicos:

a) Probar distintos materiales vegetales así como otros productos con los que se pudiera configurar una dieta alimenticia para el engorde de ganado bovino, bajo los sistemas de estabulación y semiestabulación.

b) Elaborar y probar distintas dietas y utilizar las fórmulas que dieran mejor resultado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los materiales utilizados en las pruebas fueron: caña de azúcar, urea, urea + melaza + azufre, pulidura de arroz, salvadillo de tigo, banano, pollinaza cruda y pollinaza tratada, pulpa de naranja procesada, pasto ratana (Schemus ciliares) king grass, camerún, maní forrajero (Arachis pintoi) grasa de palma africana y sal con minerales, combinados en distintas formas y en distintos lotes de ganado.

El sistema de explotación utilizado en la finca era el de comprar toretes de 200-250 kilos de peso del ganado que corrientemente se consigue en la zona, Brahama o Nelor en distintos cruces entre ellos o con otras razas. Este ganado se desarrollaba en pastizales de ratana a los cuales se les suplía miel + urea + azufre y sales minerales. Posteriormente se sustituyó este suplemento por pollinaza tratada. Este ganado se sacaba a la venta cuando alcanzaba un peso de 300 a 340 kilos; la ganancia de peso era de aproximadamente 500 gramos por día animal. Para los ensayos realizados y la puesta en práctica del sistema obtenido se utilizaron 50 animales seleccionados de éstos mismos cada 180 ó 190 días para el engorde intensivo y el resto se vendía como usualmente.

Para el trabajo se acondicionó una instalación rústica de lechería, un corral, una romana, una desfibradora de caña, se construyó un galerón para el ganado semiestabulado y se aprovecharon repastos de ratana divididos en apartos de la antigua lechería. Se sembró caña de azúcar, camerún, king grass, maní forrajero y otras plantas en prueba.

Los métodos usados fueron: pruebas de campo, pesa de ganado en distintos períodos, registro de datos, análisis de datos, pesa de los materiales cosechados, formulación de mezclas de alimentos. El trabajo realizado fue lo que pudiéramos denominar de carácter técnico-práctico en vez de una investigación científica, pero tomando en cuenta trabajos científicos llevados acabo en otros lugares. Los trabajos se desarrollaron en tres etapas a saber:

a) Siembra y observación de distintos materiales: caña de azúcar, 5 variedades algunas donadas por DIECA; maní forrajero dos cultivares, CIAT 17434 y CIAT 18744, madero negro, morera, amapola, king grass, camerún y pasto elefante.

b) Preparación y prueba de distintas mezclas, con materiales traídos de fuera de la finca, como banano, pulidura de arroz, salvadillo de trigo, pollinaza, harina de carne, grasa de palma, melaza sola o con urea y azufre, mezcladas con gramíneas y leguminosas producidas en la misma propiedad .

c) Selección y uso de las mezclas que mostraron mejores resultados.

En relación con la caña de azúcar, los mejores resultados se obtuvieron con las variedades

B47-44 y Pindar cosechando la planta completa mediante cortes selectivos, hechos cuando los tallos habían alcanzado una altura apropiada, alrededor de 6 meses de edad. No obstante lo anterior, en la Región Pacifico Central Sur se han probado con éxito otras variedades como SP79-2312 y SP79-2313, H77-4643 (Flores J., 2006) obtenidas de la colección que mantiene DIECA.

En relación a leguminosas se utilizaron dos cultivares de Arachis pintoi CIAT 17434 y CIAT 18744, siendo esta última la de más producción de material verde con cortes cada 30 días. Esta leguminosa se produce muy bien en el trópico húmedo, alcanzando producciones entre 28,8 y 32,1 toneladas de MS por hectárea en cortes de 4 y 12 semanas respectivamente (Villareal, M. *et al* 1999) y aproximadamente100 toneladas de material verde por hectárea, lo cual pudimos comprobar en este trabajo. Su contenido de proteína cruda es de 17 % a 20 % en base seca y 67 % a 71 % de digestibilidad (Argel *et al* 1998).

El pasto camerún es un Penissetum purpureum sp. de color rojo oscuro que alcanza una altura de hasta 4 metros, si se deja desarrollar, pero los cortes se hacen cada 60 días, para lograr un buen contenido de proteína y materia seca con una producción de 200 y más toneladas por hectárea por año de forraje verde (Arronis, 2003)

La pollinaza tratada es pollinaza sometida a temperaturas y a la que se le agregan pequeñas cantidades de maíz amarillo, semolina de arroz, salvadillo de trigo, melaza de caña, cascarilla de soya y otros productos para lograr una especie de concentrado barato que se conseguía en el mercado.

RESULTADOS

Al cabo de varios años de pruebas se obtuvieron algunas fórmulas que dieron buen resultado en sistemas de estabulación y semiestabulación las que aparecen en los cuadros 1 y 2.

Semiestabulación:

CUADRO NO. 1.
Dietas utilizadas en semiestabulación K/D/A*

	Ganado de 300 a 400 kilos	Ganado de 400 a 500 kilos
Caña de Azúcar	10	12
Camerún	10	12
Maní Forrajero	3	6
Pollinaza Tratada	1	2
Minerales	0,040	0,040
	Pasto de piso	Pasto de Piso

**kilos por día animal*

Estas mezclas se suministraron en canoas una vez al día, 30 animales entraban al sistema con un peso promedio de 300 kilos cada uno, comían pastos ratana e ingresaban al confinamiento aproximadamente a las 8 de la mañana y salían al medio día o poco después.

Durante los períodos de mucha lluvia el ganado permanecía voluntariamente más tiempo en las instalaciones y consumían un poco más de las mezclas. Las canoas se revisaban todos los días para ver que no sobrara ni faltara comida. Al comienzo de los ensayos el ganado se pesaba cada mes, pero una vez que se obtuvieron los resultados deseados, sólo se pesaban al inicio y a la salida.

Se contó con 1,5 has de caña de azúcar, 0,75 has de camerún, y 0,75 has de maní forrajero. La caña de azúcar y el camerún se pasaban por una desfibradora, y el producto se recogía directamente en sacos los cuales se pesaban a menudo. El maní forrajero se cosechaba a mano, cortado a ras del suelo, se recogía en sacos directamente del campo y se llevaban a las canoas; varias veces se midió el área cortada y se pesaron los sacos

para obtener la producción por metro cuadrado. A estos materiales se les agregaba la pollinaza tratada y los minerales en las proporciones establecidas.

Se logró un aumento promedio de peso de 775 gramos por día animal, durante 190 días en los años normales, lo cual equivaldría a 441,75 kilos por hectárea, por ese período. Haciendo una proyección a 360 días, el total podría estimarse en 837 kilos por hectárea por año, lo cual contrasta con el promedio obtenido corrientemente en la finca de 216 kilos por hectárea por año en pastoreo. No obstante lo anterior, estos rendimientos pueden aumentarse sustancialmente si se siembra maní forrajero en franjas en los repastos de ratana o se cambia este pasto por pastos mejorados, se utilizan variedades de caña más productivas y se logra conseguir suficiente ganado cruzado con razas europeas. De igual modo se podría eliminar el uso de pollinaza.

Estabulación

CUADRO NO. 2.
Dietas utilizadas en estabulación K/D/A*

	Ganado de 300 a 400 kilos	Ganado de 400 a 500 kilos
Caña de Azúcar	20	20
Camerún	10	15
Maní forrajero	6	12
Pollinaza Tratada	2	3
Minerales	0,040	0,040

**kilos por día animal*

En este sistema los animales no salen a pastorear, por lo que hay que suplirles todo el alimento debidamente balanceado. El número de animales que se mantuvieron en estabulación fue de 20 que entraron al sistema a un promedio de 300 kilos y salieron a un peso promedio de 480 kilos en el término aproximado de 185 días, con un aumento promedio de 975 gramos por día animal.

Se mantuvo un control diario en las canoas de alimentación y se varió la cantidad de alimento de acuerdo con el consumo de manera que no sobrara ni faltara.

Como forraje se contó con 2 hectáreas de caña de azúcar, 0,50 hectáreas de pasto camerún y 0,75 hectáreas de maní forrajero. Se logró una producción de 1110 kilos de peso vivo por hectárea en el período de 185 días con una proyección de 2160 kilos por hectárea por año, lo cual contrasta notablemente con la producción de 216 kilos por hectárea por año que se obtenía en pastoreo.

De acuerdo con lo observado por el autor de este trabajo en varias zonas del país, es posible eliminar el uso de pollinaza aumentando la cantidad de leguminosa suplida por día.

Los sistemas intensivos mencionados en este trabajo se puede decir que tienen ventajas y desventajas respecto a la explotación extensiva en la forma siguiente:

Ventajas:

a) La producción de carne por hectárea es más alta.
b) Se ocupan las tierras más aptas y se pueden liberar áreas para reforestación, protección u otros usos.
c) Permite un control sobre los animales más de cerca y diariamente.
d) El manejo de las excretas de los animales permite utilizarlas como fertilizante y para la producción de biogás.
e) En general la explotación ganadera se vuelve más rentable y amigable con el ambiente.

Desventajas:

a) Requiere inversión en instalaciones y equipo; siembra de caña de azúcar, camerún u otros pastos de corte y leguminosas; además de siembra de pastos mejorados si se trata de semiestabulación.
b) Es necesario cortar y acarrear los materiales y darle de comer diariamente al ganado en canoas.
c) Requiere una atención cuidadosa y diaria del ganadero.
d) Se requiere asistencia técnica especialmente al inicio.

CONCLUSIONES

De acuerdo con la experiencia del autor en Costa Rica, y la información obtenida por él mismo de otros países, así como para los propósitos de este congreso, podemos concluir lo siguiente:

1) La caña de azúcar constituye un excelente material para la alimentación del ganado bovino y de hecho se ha venido utilizando, desde hace muchísimos años en la alimentación bovina durante los períodos de sequía o inundaciones, pero más recientemente se han iniciado esfuerzos para utilizar la caña de azúcar picada y mezclada con camerún, king grass, leguminosas, pollinaza, cerdaza y otros materiales para el engorde intensivo del ganado bovino con buenos resultados. Cada día se hace más palpable la necesidad de utilizar al máximo posible los productos de la misma finca y reducir al mínimo o eliminar la compra de materiales adquiridos fuera de la misma, los cuales aumentan casi continuamente de precio.

2) El trópico cuenta con energía solar y agua suficientes para producir una gran variedad de plantas que se pueden utilizar ventajosamente para el engorde de ganado bovino, lo cual varía de zona a zona y su utilización deberá adaptarse a las características de cada explotación, sin embargo, será de gran utilidad una mayor investigación que venga a apoyar los esfuerzos de proyectos que se están poniendo en práctica especialmente con pequeños y medianos productores.

3) Los sistemas silvopastoriles han demostrado ser de mucha utilidad para hacer más rentable y amigable con el ambiente la explotación ganadera en el trópico.

4) En Costa Rica se ha demostrado que los sistemas de estabulación y semiestabulación con el uso de caña de azúcar, king grass o camerún y una leguminosa apropiada a la zona como craitilia, morera, nacedero o maní forrajero pueden mejorar sustancialmente los ingresos de los pequeños y medianos productores haciendo más amigable con el ambiente la explotación ganadera, especialmente cuando se agrupan en asociaciones. En este campo debe destacarse el trabajo desarrollado por instituciones nacionales como MAG, INTA, CNP, INA y otros.

5) En la puesta en práctica de los sistemas de estabulación, semiestabulación y suplementación en pastoreo se deben tomar en cuenta las condiciones de clima, topografía, suelos y la condición socioeconómica del productor. Por sus costos y requerimiento de experiencia, debería iniciarse en aquellas fincas que ya cuenten con algunas instalaciones y ganado, con el objeto de aumentar los ingresos de la empresa y hacerla más amigable con el ambiente y desde luego, nunca debe iniciarse, sin contar primero con el suficiente alimento y de calidad para todo el ganado y durante todo el período de engorde, porque de otra manera, no se obtienen los resultados que se buscan.

6) La incorporación de los sistemas de estabulación y semiestabulación a que se refiere el trabajo presentado en este documento, mejoró significativamente los ingresos de la empresa y tendía aún a mejorar más cuando se tuvo que suspender los trabajos por razones personales del propietario. Los datos aquí presentados pueden servir de base para su aplicación con éxito en otras fincas de la zona, siempre y cuando se tome en consideración que los mismos no son absolutos ni constituyen una receta, sino que deben ajustarse a las condiciones de cada caso y aún pueden mejorarse.

7) En el trópico hay un menú muy amplio de posibilidades para aumentar sustancialmente la producción de carne por hectárea a un costo competitivo, pero el mismo debe utilizarse inteligentemente tomando en cuenta las condiciones naturales de cada zona y de cada finca así como la situación socioeconómica de los productores para lograr resultados exitosos. Sin embargo hace falta mayor investigación al respecto para obtener aún mejores resultados.

LITERATURA CITADA

1. ARRONIS, V. 2003. Recomendaciones sobre sistemas intensivos de producción de carne: estabulación, semiestabulación y suplementación estratégica en pastoreo. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Instituto Nacional de Innovación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria (INTA) y Sistema Unificado de Información Institucional. Información Agropecuaria. San José, Costa Rica. p: 3-11

2. ARRONIS, V. 2006. Proyecto validación y transferencia de tecnología en alimentación con forrajeras de calidad en sistemas intensivos de producción de carne en la Región Brunca. Costa Rica (sin publicar). p: 1

3. Aspectos de producción y conservación de suelos y aguas en áreas ganaderas. 1996. Informe Técnico No. 16. MAG-FAO, Costa Rica. p: 5

4. CONRAD, J.; FLORITO, M. y Mc. DOWELL, L. 1990. Producción de 2000 kilogramos de carne vacuna utilizando 1 hectárea de caña de azúcar. *In:* Conferencia Internacional de Ganadería en los Trópicos, Gainsville, Florida. Mimeografiado. p: B95-96

5. MAG-CORFOGA-Programa de Erradicación del Gusano Barrenador, 2000. Censo Ganadero 2000, Costa Rica.

6. VILLARREAL, M.; ZÚÑIGA, R. y ZUMBADO, E. 1999. Potencial de producción de biomasa aérea y semilla de tres accesiones de Arachis pintoi sometidos a diferentes frecuencia de corte. *In:* Memoria del Segundo Congreso Internacional Agropecuario y Forestal de la Región Tropical Húmeda. EARTH, Mercedes de Guácimo, Costa Rica. p: 67.

DIVERSIFICACIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR: USO EN LA ALIMENTACIÓN DEL GANADO VACUNO

Dr. Héctor Jorge Suárez (a), M. Sc. Oscar Suárez Benítez(**), Ing. Héctor García Pérez (***), M. Sc. Ibis Jorge Gómez (****), Dr. Jorge Hernández Pérez(*****), Dr. Ignacio Santana Aguilar (*******) MCs. Yumaryz Zambrano Quiñones (********), y MCs. Elia M. Sao Peña(*********)*

* INICA, Ciudad Habana, Cuba, hector@inica.edu.cu, (**) GESA Cienfuegos, INICA, Cuba, gesa@gesa.cf.minaz.cu, (***)GESA Cienfuegos, INICA, Cuba, hectorgp2003@yahoo.es, (****)INICA, Ciudad Habana, Cuba, ibis@inica.edu.cu, (*****) CNH, Sancti Spíritus, Cuba, director@epica.ss.minaz.cu,(******)INICA, Ciudad Habana, Cuba, ignacio@inica.edu.cu; (********)INICA, Ciudad Habana, Cuba, yumarys@inica.edu.cu; (*********) MINAZ, Ciudad Habana, Cuba dirctecnica@ocentral.minaz.cu

RESUMEN

Se presentan los resultados de 26 genotipos de caña de azúcar evaluados con 12 – 14 meses de edad en la cepa de retoño en los suelos Pardos con carbonato (Cambisol eutrico) de la Estación Territorial de la Caña de Azúcar (ETICA) de Villa Clara – Cienfuegos, con vistas a su recomendación para la alimentación animal. Fueron evaluados 15 caracteres (10 agroazucareros, 3 fitosanitarios y 2 relacionados con la digestibilidad (materia seca y su digestibilidad), mediante análisis multivariado (Componentes Principales y Factorial Discriminante). Los resultados reflejaron una relación directa entre el número de hojas activas y el porcentaje de la digestibilidad de la materia seca e inversa entre esta última y el porcentaje de fibra, también se aprecio que las variables, porcentaje del peso fresco del tallo y el porcentaje de digestibilidad de la materia seca fueron las que mayor influencias ejercieron en los componentes, permitiendo caracterizar los grupos formados. El análisis discriminante permitió clasificar los cultivares en tres grupos, estos son: Variedades de alto valor forrajero (digestibilidad de la materia seca > 50 %), Variedades de medio valor forrajero (entre 40 – 49 %) y Variedades de bajo valor forrajero (< 40 %). Los resultados de este trabajo permitieron recomendar 10 nuevos genotipos caracterizados por su resistencia a las principales enfermedades y su alto valor forrajero, donde 7 de ellas se adaptan a las condiciones de estrés ambiental (sequía y mal drenaje) que representan el 70 % del área ganadera del país.

INTRODUCCIÓN

Hoy, un problema presente en el mundo es el incremento de la población, donde se prevén aumentos desde los 5 800 millones de habitantes hasta 8 300 millones en el 2025, frente a una disminución del área de la tierra cultivable cada vez mayor, lo que limita la disponibilidad de alimentos, no solo para la raza humana, sino también para los animales. No obstante el hombre dispone de conocimientos y tecnologías para sobreponerse a estas calamidades, aunque políticas oficiales estrechas y de reparto desigual de la riqueza, han provocado impactos ambientales negativos (FAO, 1996).

La investigación agropecuaria ha desempeñando un papel fundamental en la seguridad alimentaria y en el desarrollo agrícola al elevar la producción de la agricultura para alimentar a una población en rápido crecimiento, los principales proyectos de la ganadería y la piscicultura han sido la contribución básica para el aumento del 80% de la producción mundial de alimentos desde mediado del decenio de 1960. (FAO, 1998).

Lamelas y col., (1993), plantean que la alimentación es el problema más difícil de resolver en los sistemas de producción con bajos insumos, donde los recursos materiales y financieros son deficitarios, lo cual impone como una necesidad el establecimiento de estrategias flexibles capaces de satisfacer los requerimientos de los animales. Por otra parte el potencial de producción de leche de los pastos y forrajes ha variado notablemente en los últimos años con la introducción de las nuevas variedades de Poaceas y leguminosas, al superar de 50 al 100 % la obtenida en los pastos naturales.

Figura 1. Distribución (%) de las áreas ganaderas en el país, según el censo de 1989

La antigua práctica de alimentar el ganado con caña de azúcar se ha extendido en los últimos 10 a 12 años hasta tal punto, que actualmente constituye la base de sistemas de producción pecuaria económicamente viables para rumiantes de gran tamaño (Preston, 1988). Esto se debe fundamentalmente a que las plantaciones de caña de azúcar son una realidad que está íntimamente entrelazada con el legado histórico de numerosas comunidades rurales en el trópico. Las poderosas fuerzas para acelerar la diversificación pueden ser absorbidas e integradas dentro de la infraestructura dedicada a la producción de caña (Alexander, 1988).

Preston (1989) planteó que el sector azucarero de América Latina y del Caribe ha desempeñado un papel predominante en el desarrollo económico y social de la región. En la actualidad hay una serie de factores que coadyuvan a restringir el desarrollo de la agroindustria, existe la convicción de que a través de la diversificación de la caña de azúcar se puede contribuir significativamente a su modernización y convertirla en una actividad de mayor rentabilidad. Países como Colombia, Brasil, y Costa Rica, sostienen que ya existen las bases biológicas para poder confiar en la caña de azúcar como reemplazo de los cereales en sistemas intensivos para las principales especies de animales, lo que permitiría liberar grandes volúmenes de alimentos a la población humana.

Se puede afirmar que la caña de azúcar ofrece grandes posibilidades para ser utilizada como forraje verde en la alimentación del rumiante, y su cosecha corresponde con el período menos lluvioso, además de su gran adaptabilidad a distintas condiciones edafoclimáticas del país y superando a todas las plantas forrajeras conocidas en producción de materia seca por hectárea (MS/ha) y energía metabolizable por hectárea (EM/ha). En resumen es el captador vivo de energía solar más eficiente, y almacena esa energía en una enorme cantidad de biomasa en forma de fibra y azucares fermentables (FAO 1996).

Según el último censo de pastos en Cuba, la ganadería contaba con un área bruta total de 2 675 167 ha de las cuales el 97.4 % correspondía al área agrícola y de estas el 34.6 % estaba ocupado por pastos cultivados (Paretas, 1990). La distribución de estas áreas aparece reflejada en la figura 1,sin embargo es de destacar que alrededor del 40 % del área total se corresponde con suelos con problemas de retención de humedad (sequía) y el 30 % son de deficiente drenaje interno (mal drenaje (Paretas, 1990) (Figura 2).

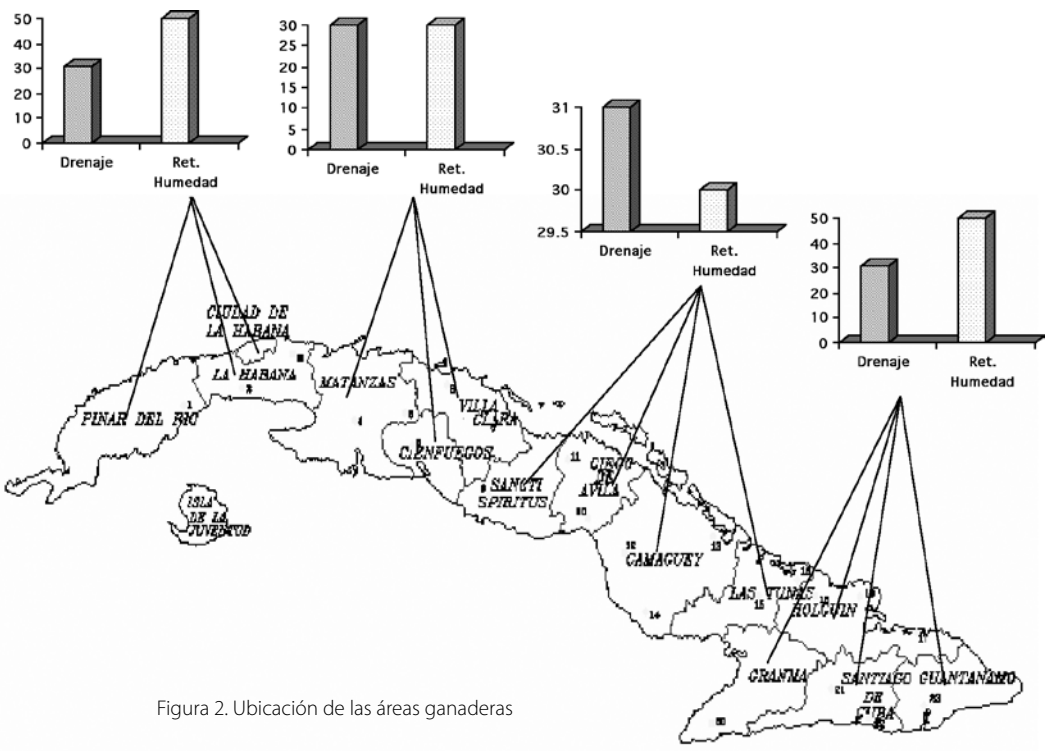


Figura 2. Ubicación de las áreas ganaderas

En Cuba el Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA) fundado en 1964, posee una red de Estaciones Experimentales a lo largo del país y tiene entre sus objetivo fundamentales la obtención de variedades de caña de azúcar y su manejo agronómico, no solo para la producción de azúcar, sino también para la diversificación, y una de sus vertientes son las variedades destinadas para alimento animal. (Santana y col., 2002).

Objetivos

1. Caracterización integral de un grupo de variedades de caña de azúcar con vista a su utilización como alimento animal.
2. Determinar la relación fenológica y el porcentaje de la digestibilidad de la materia seca de un grupo de variedades de caña de azúcar.
3. Estimar las posibles relaciones existentes entre las variables fenológicas y el porcentaje de digestibilidad de la materia seca.
4. Determinar mediante análisis multivariado las variables que mayores influencias ejercen en la caracterización de los cultivares.
5. Recomendaciones de cultivares de caña de azúcar para diferentes condiciones ambientales (suelo y clima) del país.

MATERIALES Y MÉTODOS

Estudio de un grupo de variedades de caña de azúcar para la alimentación del ganado vacuno en la región central de Cuba

El estudio se desarrollo en las áreas de la Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar de Villa Clara, situada en áreas del CAI "Ifraín Alfonso", sobre suelos Pardos con Carbonato (Cambisol Eutrico) según la II clasificación genético de los suelos de Cuba (Hernández y col., 1975) y lo establecido por la FAO, UNESCO (1994).

Fueron estudiados 26 genotipos, 10 comerciales, 9 en etapa de extensión, 6 excomerciales y una variedad energética (tabla 1), con el propósito de incrementar la variabilidad en la población evaluada, cada individuo ocupó un área de 64 m^2 (4 surcos de 10 m lineales) en la cepa de primer retoño con edades entre 12 – 14 meses de edad. El muestreo se realizó utilizando la metodología por Molina y Tuero (1995), mediante la cual se calcularon el porcentaje de peso fresco del tallo, porcentaje de peso fresco del cogollo, porcentaje de peso fresco de la paja y porcentaje de materia seca de cada variedad.

Los valores de resistencia genética a la roya (roy), resistencia genética al carbón (carb), índice de infestación del bórer (Bor), t caña/ha (Rend), habito de crecimiento (hab cre), porcentaje del contenido de fibra (cont fi), brix reproctométrico (brix), porcentaje de pol en caña (pol), presencia de espinas (espinas), número de hojas activas (hojas act) fueron medidos acorde con lo establecido en las Normas y Procedimientos del Programa de Mejoramiento Genético de la Caña de Azúcar en Cuba (INICA, 2002).

Digestibilidad "in situ" de la materia seca

Se utilizaron 3 novillos de 20 a 24 meses de edad y 362 a 384 kg. de peso vivo, con cánulas permanentes en rume, se incubaron 3 submuestras, (una en cada novillo)

TABLA 1.
Relación de variedades estudiadas

No.	VARIEDAD	PROGENITOR FEMENINO	PROGENITOR MASCULINO
1	B63118	B4906	B49119
2	BJ5924	Co421	B4995
3	C607-62	F36-818	NG251
4	C323-68	B4362	C87-51
5	C636-70	B42231	C87-51
6	C1324-74	B45181	C87-51
7	C1989-74	My5465	(PA)
8	C751-75	C389-52	My54129
9	C1616-75	C389-52	C79-54
10	Ja60-5	B42231	Ja55-663
11	C120-78	Co421	C87-51
12	C2180-80	C86-51	Ja60-5
13	C132-81	B7542	B63118
14	C137-81	B73343	Merceditas
15	C128-83	CP52-43	Ja60-5
16	C85-403	C568-75	Ja60-5
17	C86-12	Desconocido	Desconocido
18	C86-503	C568-75	Ja60-5
19	C86-533	CP29-103	Co421
20	C86-536	My53205	B45181
21	C90-501	C266-70	Ja60-5
22	C90-530	My5514	Co421
23	Co997	Co683	P/63/32
24	My5514	CP34-79	B45181
25	M5778	Cristalina	Mandalay
26	PR980	C281	POJ2878

(PA) Polinización abierta (D) Desconocido

de cada fracción por variedad en bolsas de dacrón, conteniendo 3 gramos aproximadamente de materia seca durante 48 horas. Se calculo la digestibilidad mediante la siguiente formula:

$$\% \text{ de digestibilidad} = \frac{\text{Peso de la muestra seca} - \text{peso residuo}}{\text{Peso de la muestra seca}} \times 100$$

Los datos fueron sometidos a análisis multivariado (Componentes Principales y Factorial Discriminante) según Linares y col., (1986). Para el análisis de Componentes Principales se analizaron 15 variables y 390 observaciones. Las 390 observaciones se crearon a partir de los 26 genotipos estudiados y las 15 variables evaluadas. En el análisis de Factorial Discriminante se emplearon 10 variables cuantitativas y una cualitativa (porcentaje de digestibilidad de la materia seca).

La comparación de los individuos con respecto al testigo para el carácter porcentaje de digestibilidad de la materia seca, se realizo mediante el procedimiento del porcentaje de incremento con respecto al testigo, empleado por Jorge y col., (1986).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se procedió a realizar un análisis de Componentes Principales con las 15 variables estudiadas, lo cual permitió conocer las relaciones entre ellas. Al evaluar la matriz de correlación se pudo apreciar que la digestibilidad de la materia seca tuvo una relación inversa con el porcentaje de fibra y positiva con la cantidad de hojas activas (Figura 4) lo que evidenció la necesidad de seleccionar genotipos para la alimentación animal que posean valores de intermedios a bajos del porcentaje de fibra y abundante área foliar. Ghose y King (1963) plantearon que a medida que las plantaciones de caña de azúcar crecen aumentan los carbohidratos estructurales en especial la lignina y la fibra, disminuyendo la digestibilidad. Laredo y Minson (1973) señalaron que la digestibilidad de las hojas es superior a las de otras partes de la planta, aunque señalaron que la edad es un factor a tener presente. Dirven (1977) planteó que los caracteres número de hojas activas y digestibilidad son caracteres de gran importancia.

Análisis de Componentes Principales

Primeramente se realizó un análisis de Componentes Principales con las 15 variables estudiadas, encontrándose que las cinco componentes sólo extrajeron el 68 % de las variaciones estudiadas, las variables índice de infestación del Bórer, porcentaje de Pol en caña, presencia de espinas y el porcentaje de materia seca no tuvieron importancia en ninguno de los componentes por lo que se procedió a su eliminación con el propósito de encontrar una mayor explicación de la variación total Milanés y col. (1986) realizaron un procedimiento similar con variables edafoclimáticas y de manejo y cosecha en el cultivo de la caña de azúcar.

Al evaluar los valores y vectores propios de las 11 variables estudiadas (Tabla 2) se observo que las primeras cuatro componentes extrajeron el 72.1 % lo que indica que estos reflejan el mayor porcentaje de la variación total y que con las mismas se pueden explicar la población estudiada. Resultados similares para el porcentaje de variación extraída en los primeros cuatro componentes fueron reportados por Milanés y col. (1987) y Jorge (1997).

La primera componente confiere una mayor importancia a los porcentajes del peso fresco del tallo y el cogollo así como el Brix refractométrico lo que refleja la importancia de los mismos en la clasificación de los genotipos estudiados. En la segunda componente las variables, digestibilidad de la materia seca, porcentaje de fibra y la cantidad de hojas activas fueron las que mayor influencia ejercieron, lo que nos indica el valor de las mismas en la caracterización de los cultivares para la alimentación animal.

La figura 5 muestra la evaluación de los individuos con respecto a los componentes, en ello se pudo apreciar

Figura. 3. Principales relaciones entre las variables estudiadas en la matriz de correlación.

TABLA 2
Valores y vectores propios.

	C1	C2	C3	C4
Valor Propio	2.95	2.29	1.62	1.05
Contribución (%)	27.00	20.80	14.70	9.60
Suma	27.00	47.80	62.50	72.10
Tallo	0.79762466	-0.17767825	-0.55047709	0.02574729
Cogollo	-0.74373348	0.38291466	0.31971891	0.20457998
Paja	-36684948	-0.28006371	0.56191572	-0.36304002
Dig M	-0.19507598	-0.73429361	0.16709828	0.1582187
Roya	-0.62031206	0.1134339	-0.36523144	-0.26920416
Carbón	-0.26104767	-0.03606118	-0.50831546	-0.72480702
Rendimiento (t cañaha)	-0.549242115	-0.47692402	0.09436446	-0.1457192
Habito Crecimiento	0.40097648	0.54738712	0.37055071	-0.28928738
Contenido Fibra	-0.38114842	0.65739964	-0.27791131	0.2144141
Brix	0.64853788	-0.31287651	0.37017263	-0.1918297
Hojas Activas	-0.32928942	-0.64815644	-0.34501673	0.25761895

la formación de 5 grupos diferentes que se dispusieron a lo largo de la componente 1. Los cinco grupos se caracterizaron por un incremento del porcentaje del peso fresco del tallo, del grupo II al V decreció el porcentaje de digestibilidad de la materia seca, mientras que el grupo I alcanzó el segundo valor más bajo, lo que se corresponde con el porcentaje de digestibilidad de cada grupo.

Análisis Factorial Discriminante

El análisis Factorial Discriminante (Figura 6) reflejó la formación de tres grupos bien diferenciados con más de un 88 % de buena clasificación, agrupándose los individuos por el porcentaje de digestibilidad de la materia seca, el grupo I estuvo integrado por cultivares de me-

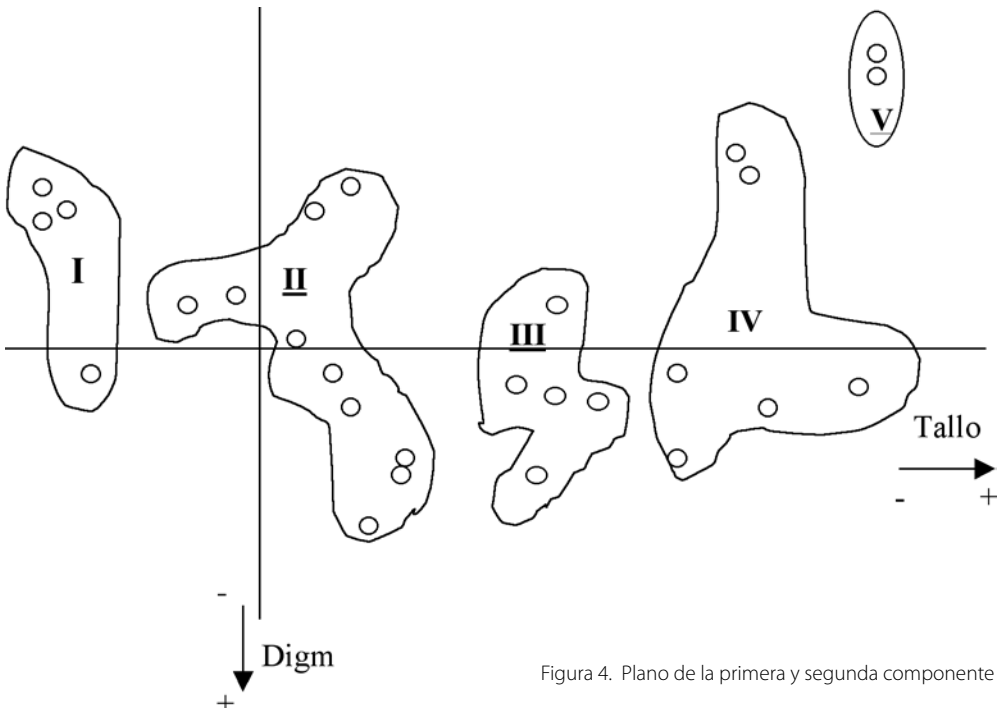
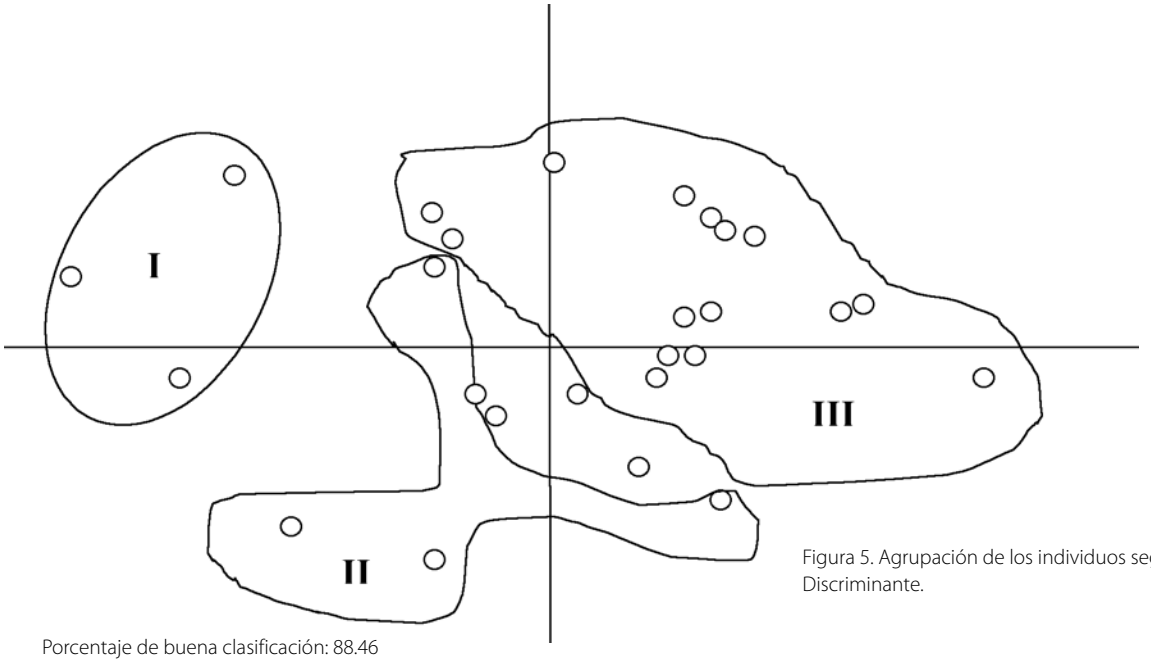


Figura 4. Plano de la primera y segunda componente



Porcentaje de buena clasificación: 88.46

Figura 5. Agrupación de los individuos según el Análisis Discriminante.

TABLA 3.
Características fenológicas y resistencia ante las principales enfermedades de variedades de caña de azúcar

Variedad	Relación Fenológica (%)			Resistencia a Enfermedades		
	Tallo	Cogollo	Paja	VMCA	Roya	Carbón
C128-83	81.3	13.2	5.5	R	R	R
C132-81	76.2	18.5	5.3	R	R	R
C137-81	80.6	14.1	4.9	R	R	R
C86-12	79.8	10.6	9.5	R	R	I
C85-403	80.9	12.2	6.8	R	R	I
C86-503	79.2	14.1	6.7	R	R	R
C86-536	66.6	20.6	12.7	R	I	I
C90-501	68.0	22.9	9.0	R	R	R
C90-530	75.3	20.5	4.1	R	I	R
Co997	60.7	29.0	10.1	R	R	R
My5514	70.8	22.8	6.3	R	S	R

Leyenda: R: Resistente I: Intermedia S: Susceptible

nos de un 40 % de digestibilidad, el grupo II con valores intermedios (40 – 49 %), mientras que el grupo III lo formaron los genotipos con más de un 50 %, Molina y col., (1995), citados por Suárez (2002), aceptaron como de alto valor forrajero los cultivares que poseen una digestibilidad de la materia seca igual o superior al 50 % y rechazaron las que presentaron menos de un 40 %.

La tabla 3 ofrece las relaciones fenológicas y la resistencia a las principales enfermedades de las variedades con más de un 50 % de digestibilidad de la materia seca comparada con el testigo (My5514), en ella se puede apreciar que los 10 nuevos cultivares se caracterizaron por su resistencia al VMCA, a la roya y al carbón, superando al testigo, el cual se muestra susceptible a la roya. Jorge y col., (2002), señalaron la necesidad de hacer un uso

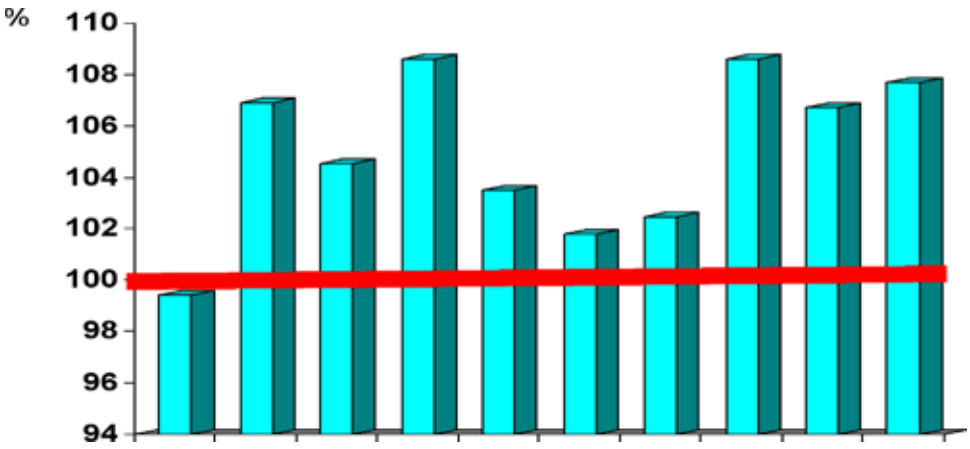


Figura 6. Porcentaje de incremento con respecto al testigo de los cultivares en la variable digestibilidad de la materia seca

diversificado de las variedades de caña de azúcar siempre y cuando cumplan con la proyección fitosanitaria.

En la figura 6 se pudo ver que 9 de los 10 cultivares recomendados superaron al testigo (My5514) entre 1.8 y 8.6 % del porcentaje de digestibilidad de la materia seca, sólo la C128-83 se comportó ligeramente inferior (0.6 %).

La tabla 4 refleja que al cierre del año 2004 tres variedades con más de un 50 % de digestibilidad de la materia seca ocupaban 57 244.5 ha en los suelos pobres y resecantes, las provincias de La Habana, Matanzas, Cienfuegos, Villa Clara, Camagüey, Las Tunas y Holguín son las más afectadas en estas condiciones, estos genotipos según Jorge y col., (2001) son adaptados a estos agrosistemas por lo que pueden dar respuesta a esta limitante en los territorios antes mencionados para satisfacer la alimentación del ganado en estas zonas, las que representan el 40 % del área ganadera cubana.

Los suelos de mal drenaje representan el 30 % del área ganadera del país, al finalizar el 2004, 5 nuevos cultivares ocupaban un área de 48 158.17 ha (tabla 6), las provincias de Pinar del Río, Villa Clara, Sancti Spíritus, Cienfuegos, Ciego de Ávila, Camagüey, Las Tunas y Granma son las más afectadas por este factor limitante, por lo que estos individuos que poseen también más de un 50 % de

TABLA 4.
Variedades para suelos pobres, secantes y zonas de bajo régimen pluviométrico.

VARIEDAD	AREA (ha)		AREA (ha)		AREA (ha)		% DIGEST.
	2002	%	2003	%	2004	%	
C86-503	25160.6	93.9	33573.2	95.0	51534.1	89.9	51.8
C90-501	1520.4	5.7	1166.1	3.3	1673.6	2.9	55.3
C90-530	123.0	0.5	616.3	1.7	4083.8	7.1	54.3
TOTAL	26804.0		35355.6		57294.5		

TABLA 5.
Variedades para condiciones de Sobrehumedecimiento

VARIEDAD	AREA (ha)		AREA (ha)		AREA (ha)		% DIGEST.
	2002	%	2003	%	2004	%	
C86-12	318.7	1.8	946.6	4.7	2189.64	2.3	55.3
C86-503	9561.0	55.5	5954.6	29.3	25402.64	26.4	51.8
Co997	1517.9	8.8	3748.4	18.5	8001.52	8.3	54.8
C137-81	4564.7	26.5	8002.0	39.4	9004.27	9.3	53.2
C132-81	1265.4	7.3	1647.6	8.1	3560.10	3.7	54.4
TOTAL	17227.7		20299.2		48158.17		

digestibilidad y acorde con lo planteado por Jorge y col., (2001), quienes han señalado que los mismos muestran aceptable adaptabilidad en los suelos de alta hidromorfía, constituyendo una solución para la carencia de alimentación en el período de diciembre a mayo.

CONCLUSIONES

- El análisis de correlación entre las diferentes variables mostró una relación directa entre el número de hojas activas y la digestibilidad de la materia seca, e inversa entre esta última y el porcentaje de fibra.
- En el análisis de Componentes Principales, las variables porcentaje del peso fresco del tallo (componente 1) y el porcentaje de digestibilidad de la materia seca (componente 2) fueron las que permitieron caracterizar los 5 grupos formados.
- El análisis Factorial Discriminante permitió clasificar (88.46 % de buena clasificación) los cultivares en tres grandes grupos:

    1. Variedades de alto valor forrajero (Digestibilidad de la materia seca > del 50 %).
    2. Variedades de medio valor forrajero (Digestibilidad de la materia seca entre 40 y 49 %).
    3. Variedades de bajo valor forrajero (Digestibilidad de la materia seca < del 40%).

RECOMENDACIONES

- Corroborar en futuras investigaciones con distintas poblaciones los caracteres número de hojas activas y porcentaje de fibra como criterio de selección relacionado con el porcentaje de digestibilidad de la materia seca.
- Explotar en las diferentes zonas ganaderas del país los 10 genotipos recomendados caracterizados por su resistente a las principales enfermedades y poseer alto valor forrajero además 7 de ellos se adaptan a las condiciones de estrés ambiental (sequía y mal drenaje) que representan el 70 % del área ganadera cubana.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Alexander, A. G. (1988): La caña de azúcar como fuente de Biomasa. Sugar Cane as fiel. p.46.
2. Dirven, J.G. P. (1977): Stikstof, Dutch Nitronous fertiliser. Review. Los Pastos de Cuba. Tomo 2. Utilización p 59-109.
3. FAO (1996): Producción de Alimento e Impacto Ambiental. Cumbre Mundial sobre la alimentación. Vol. II. p 67.
4. FAO (1998): Agricultura y sus retos. Producción de Alimento e Impacto Ambiental. Vol. I p. 52.
5. FAO-UNESCO (1994): Mapa Mundial de Suelo. Leyenda revisada.
6. Ghose, S. N y King, K.W. (1963): Tex. Res. Los Pastos de Cuba. Tomo 2. Utilización p 194.
7. Hernández, A.; Pérez, J.; Ortega, O.; Ávila, L.; Cárdenas, A.; Marrero, A. y Companioni, N. (1975): Clasificación genética de los Suelos de Cuba. Revista Agricultura VIII (1) p 47-69.
8. INICA. (2002): Normas y Procedimientos del Programa de Mejoramiento Genético de la Caña de Azúcar. Boletín especial Cuba-Caña INICA p 1-397.
9. Jorge, H. (1997): Estudio genético de los componentes agroazucareros en las etapas clonales del esquema de selección partiendo de posturas aviveradas de caña de azúcar. Tesis para optar por el grado de Dr. en Ciencias Agrícolas. INICA, MINAZ p 29.
10. Jorge, H.; Jorge, Ibis; Bernal, N.; Cabrera, L.; González, F.; González, R; Santana, R; Santana I; Castro, Sergio y Tuero, Susana (2002): Avances del programa de Fitomejoramiento en Cuba. Impacto en la Agroindustria Azucarera. Diversificación 2002. Memorias Tomo III. Congreso Internacional sobre Azúcar y Derivados de la caña p 448.
11. Jorge, H.; Jorge, Ibis; González, R. y Bernal, N. (2001): Impacto del Programa de Fitomejoramiento de la Producción Azucarera Cubana. Conferencia impartida de la Universidad Veracruzana. México p1-19. Inédito.
12. Jorge, H.; Soao, A; Jiménez, N. y Rodríguez, E. (1986): Comportamiento de dos variedades de caña de azúcar en la provincia de Cienfuegos. Boletín INICA No. 2 p 2-8.
13. Lamelas, L.; Cáceres, O.; Pereira, E.; Hernández, D.; Senia, A; Muñoz, E; García-López, R; y Ojeda, F. (1993): Sistema de producción de base de pastos. Resúmenes Taller Internacional, Papel de los Pastos y los Forrajes en la Ganadería de bajos insumos 9-12, Marzo EEPF "Indio Hatuey", Matanzas, Cuba, p.38.
14. Laredo, M, A. y Minson, D. J. (1973): Aust. J. Agric. Res. 24:285. Los pastos de Cuba. Tomo 2. Utilización p 59-109.
15. Linares, F. G; Acosta, L. y Sistachas V. (1986): Estadística Multivariada. La Habana p 320.
16. Milanés, N. y Cabrera, A. (1986): Clasificación de nutrientes y genotipos en la 3ra etapa del esquema de selección con el uso de variables de manejo y cosecha y edafoclimáticas. Boletín INICA 2. p 6-9.
17. Milanés, N. y Cabrera, L. (1987): Esquema, criterios y red experimental para la selección de caña de azúcar en Cuba. I Evento de Investigación-Producción XL Aniversario de la EPICA Matanzas p 6-14.
18. Molina, A. y Tuero, O. (1995): Selección de variedades de caña de azúcar para el ganado vacuno. Revista ACNA 2 p 21.
19. Paretas, J. J. (1990): Ecosistemas y regionalización de los pastos en Cuba. Instituto de Investigaciones de pastos y Forrajes MINAGRI p 27-39.
20. Preston, R. T. (1988): Utilización de la caña de azúcar en la alimentación animal. La caña de azúcar como pienso. No. 72. p 71-80
21. Preston, R. T. (1989): La caña de azúcar como base en la producción pecuaria en el trópico. Sistema de alimentación animal en el trópico, basado en caña de azúcar. Con colección GEPLACEA, serie Diversificación PNVD, p.79.
22. Santana, I; Vega, A. y Cecilia M. (2002): La capacitación y la extensión agrícola. Segmentos de contacto con el productor. Conferencia. Diversificación 2002. Inédito.
23. Suárez, O. (2002): Variedades de caña de azúcar para la alimentación del ganado vacuno. Tesis en opción a Master en Ciencias de la Producción con Rumiantes 46 pp.