

**Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar
(DIECA)
Hacienda Juan Viñas, S.A.**



**Determinación de los Contenidos de Materia Extraña en las
Entregas Comerciales de Caña de Azúcar (*Saccharum spp*)
en Hacienda Juan Viñas S.A., Costa Rica.**

**Danny Rivera Alfaro
Marco A. Chaves Solera**

**Cartago, Costa Rica
Setiembre 2003**

CONTENIDO

	Página
Contenido	2
Introducción	3
Objetivos	5
Revisión de Literatura	
– Cosecha de plantaciones	5
– Materia extraña	9
– Factores que inciden en el contenido de materia extraña	13
– Efectos de la materia extraña	16
– Efecto de la materia extraña sobre la calidad	17
– Pérdidas de azúcar por causa de la materia extraña	18
– Determinación de la materia extraña	19
– Importancia económica de la materia extraña	20
– Situación de la materia extraña en Costa Rica	21
Materiales y Métodos	
– Localización	22
– Condiciones climáticas	22
– Variedades	23
– Tratamientos	23
– Diseño experimental	24
– Muestreo	25
– Variables evaluadas	25
– Calificación de la materia extraña	27
– Análisis estadístico	29
– Análisis económico	29
Resultados y Discusión	
– Condiciones climáticas	30
– Componentes de la materia extraña	32
– Contenidos de materia extraña	33
– Efecto sobre las variables industriales	38
– Brix (%)	38
– Pol (%) Caña	39
– Pureza (%) del Jugo	41
– Fibra (%) Caña	42
– Contenido Torta Residual (g)	44
– Rendimiento Industrial (kg/tmc)	45
– Consecuencias económicas	46
Conclusiones	48
Recomendaciones	50
Resumen	52
Literatura Citada	53
Anexos	58

INTRODUCCIÓN

La agroindustria de la caña de azúcar constituye una actividad empresarial de gran importancia para Costa Rica, en razón de la amplitud del área cultivada que posee, y principalmente, de su significativa participación e implicaciones en los sectores económicos y sociales, fundamentales y vitales para el desarrollo nacional.

Este cultivo significa la principal fuente de empleo y sustento para muchas familias de varias regiones agrícolas del país; un ejemplo de ello lo representa la Hacienda Juan Viñas, ubicada en el cantón de Jiménez, provincia de Cartago, la cual se ha dedicado durante muchos años a la agroindustria de la caña de azúcar y el café, promoviendo con ello estabilidad socioeconómica a esa localidad. Es por ello que más que un cultivo, la agroindustria azucarera constituye y representa para el país toda una cultura; lo cual se ratifica cuando asociamos y vinculamos todo su herencia y aporte a través de la historia nacional.

Sin embargo, ante la apertura de los mercados a la libre competencia de los precios, criterio sugerido como norma operativa por las nuevas corrientes económicas, la Hacienda Juan Viñas y el sector azucarero nacional en general, requieren ser aún más eficientes y competitivos, para poder fortalecer y consolidar su permanencia en la actividad empresarial (**CHAVES Y JARAMILLO 1999**).

Los esfuerzos tecnológicos se dirigen en la actualidad primordialmente hacia la fitosanidad, la producción sostenida de altos grados de concentración de sacarosa en los tallos, reducción de las pérdidas de sacarosa a grados aceptables; y en general, a la optimización de la calidad de la materia prima de caña que se emplea en el proceso industrial de fabricación del azúcar.

Resulta por todo esto fundamental en primera instancia para lograr satisfacer estos principios, incorporar controles de campo que repercutan en un significativo incremento del rendimiento industrial.

Dichos controles tienen como finalidad básica, asegurar que el corte y el alce de la caña en el campo sean realizados de la forma más eficiente, en la cual la materia prima permanezca el menor tiempo posible en el campo entre el momento de realizar la quema de la plantación, la corta y la molienda para evitar pérdidas de sacarosa; además de disminuir los contenidos de basura o materia extraña presentes en la misma.

Un indicador importante de calidad de la materia prima industrializable lo constituye el contenido de materia extraña, basura o “*trash*”, que llega con las entregas de caña procedentes del campo a los patios del ingenio para su procesamiento luego de efectuada la cosecha.

Las implicaciones negativas que la materia extraña tiene sobre las actividades básicas de producción son significativas, en virtud de que afectan la calidad e incrementan significativamente los costos de producción, tanto agrícola como industrial, de la materia prima (**CHAVES 1984; OVIEDO 2002**).

Moler materia extraña sin sacarosa en lugar de caña significa dejar de producir volúmenes importantes de azúcar, aún después de haber realizado el proceso de extracción; motivo por el cual mientras más limpia llegue la caña al ingenio, mejores serán los resultados de producción en términos técnicos y también económicos.

Se considera y califica como materia extraña, todo aquel material vegetal y no vegetal que acompaña a la caña de azúcar en su ingreso al ingenio para su procesamiento fabril, la cual esta compuesta de varios elementos como: hojas secas y verdes, cogollos, mamones, raíces, tallos deteriorados, caña seca y podrida, restos de cepas, tierra, malezas y otros materiales de origen orgánico e inorgánico, que generan las siguientes consecuencias:

- 1) Elevan sustancialmente los costos de cosecha (corta y carga) y transporte.
- 2) Disminuyen la eficiencia técnica de fabricación del azúcar en el ingenio, ya que incrementan los contenidos de fibra que se traducen en un exceso de bagazo.
- 3) Reduce además la eficiencia de extracción del jugo, la sacarosa y la pureza de la miel final; de igual forma, se da un incremento importante en el volumen de cachaza producido, todo lo cual influye negativamente sobre el rendimiento industrial.
- 4) El aumento del contenido de tejido verde foliar modifica el color de los cristales de azúcar, lo que violenta la normativa de calidad vigente y conduce a la penalización por parte de las refinerías que compran el azúcar crudo.

La materia extraña causa además problemas y favorece el deterioro de los equipos mecánicos del ingenio, como son: cuchillas, molinos, etc., y también interviene en la operación general del ingenio. El tiempo empleado por los molinos en procesar la basura implica una reducción importante en la capacidad de molienda, que varía desde un 7% hasta casos muy extremos del 49%; lo que expresado en tiempo de molienda varía de 15 a 75 días de zafra; asimismo, implica mayores gastos por concepto de salarios, lubricantes, mantenimiento, reparaciones, limpieza, etc., que representan un porcentaje elevado de los costos de extracción y fabricación del azúcar.

Por estas y otras razones, se considera que uno de los aspectos que requiere revisar y desarrollar con carácter prioritario la industria azucarera costarricense, es el establecimiento y operación de una metodología que permita medir rápida y confiablemente los contenidos de materia extraña presentes en las entregas comerciales de materia prima.

Resulta igualmente prioritario, evaluar y medir además el impacto de la misma en las pérdidas de sacarosa, lo cual permitirá establecer y operar los programas necesarios para favorecer e inducir su minimización.

Con el objeto de contribuir con esta imperiosa necesidad, se realizó el presente estudio de campo y laboratorio en la Hacienda Juan Viñas S.A., cuyos objetivos fundamentales fueron los siguientes:

A. Objetivo General:

Determinar el contenido y calidades de la materia extraña presente en las entregas comerciales de caña que se hacen al ingenio Juan Viñas, y medir su impacto en la recuperación y en las pérdidas de sacarosa que se generan durante la fase de fabricación del azúcar. A partir de ello, cuantificar su impacto sobre los rendimientos industriales y económicos.

B. Objetivos Específicos:

- Valorar el efecto que inducen sobre el contenido de materia extraña, factores como: el tipo de carga empleado (mecánica y manual), la modalidad de cosecha utilizada (caña verde y quemada), el clon cultivado (H 60-8521 y H 61-1721) y el tipo de muestreo empleado para valorar el contenido de materia prima presente en las entregas (mecánico y sonda mecánica).
- Identificar los tipos y cuantificar la cantidad de materia extraña presente en las entregas comerciales de caña dirigidas para su industrialización en el ingenio.
- Determinar el efecto que induce la quema de la materia prima cosechada sobre los contenidos de materia extraña.
- Comparar y valorar la eficiencia de diagnóstico industrial, empleando para ello el método de muestreo por sonda mecánica sobre la caña limpia y la sucia.
- Cuantificar los contenidos de materia extraña presentes en las entregas de materia prima de dos reconocidas variedades de caña de azúcar de amplio uso comercial en el país.
- Valorar el impacto económico que implica la presencia de materia extraña sobre el rendimiento industrial obtenido (kg de azúcar / tmc) y el precio pagado al productor por la entrega de su materia prima.

REVISIÓN DE LITERATURA

A. COSECHA DE PLANTACIONES

La calidad de la caña de azúcar como materia prima y las características químicas de sus jugos después del corte, dependen como lo anotaran **LARRAHONDO y DOMINGUEZ (1988)**, de diversos factores como son: la variedad, el grado de maduración, la época de corte, el sistema de cosecha utilizado, el contenido de materia extraña y la duración del tiempo transcurrido entre los procesos de corte y molienda.

Es fácil muchas veces verificar en el campo, como el enorme esfuerzo realizado durante el desarrollo vegetativo del cultivo se ve severamente afectado y disminuido debido a un mal manejo de la caña durante el proceso de cosecha; ya que esta es tratada y manipulada sin

respetar los cuidados necesarios, afectando con ello negativamente sus cualidades industriales (**RIGGIONI 1988**).

Por su parte, **BORJA (1992)** recuerda que las actividades incluidas en esta etapa final de la producción de la caña, son tan importantes, que se deben realizar bajo una adecuada organización y empleando normas precisas, que permitan conservar y aprovechar toda la cantidad y la calidad del producto, que garanticen los beneficios potencialmente esperados.

En Costa Rica se utilizan básicamente tres tipos de cosecha: a) una de operación completamente manual, otra b) parcialmente mecanizada, y c) una mecanizada en su totalidad. La utilización de cada una de esas modalidades depende básicamente de las características del productor, de las condiciones climáticas de la región y de la topografía del terreno (**SUBIRÓS 1995**).

A.1. CORTA DE LA CAÑA

La corta de la caña de azúcar durante el proceso de cosecha es una labor de suma importancia, según sea la forma y la eficiencia con que se realice. Para **SUBIRÓS (1995)**, durante la corta y la limpia de la caña se debe eliminar la mayor cantidad posible de materia extraña, ya que ésta dificulta la extracción posterior de sacarosa en la fábrica.

El corte debe realizarse según ese mismo autor a ras del suelo, porque la sección inferior del tallo es la más rica en sacarosa. Constituye además una práctica adecuada para obtener buenos retoños y evitar el ataque posterior de plagas y enfermedades dañinas. En el caso de la sección superior del tallo, el despunte o descogollo debe hacerse a una altura adecuada, con el objeto de eliminar la porción del tallo con menor contenido de sacarosa.

Las secciones del tallo que se acorchan generalmente como consecuencia de la floración, deben removerse debido a que este material pasa a formar parte de la materia extraña.

CHAVES y AGUILAR (1991) mencionan, que la corta de la planta durante la cosecha de la caña puede realizarse en forma tanto manual como mecanizada; la mecanizada a su vez puede ser realizada en forma parcial o integral.

SUBIRÓS (1995) por su parte agrega, que la corta manual se puede efectuar usando el machete tradicional o utilizando oportunamente el machete australiano; el cual por su forma y peso, favorece un mayor rendimiento del cortador, el cual hace su corte a ras del suelo lo que genera a su vez un menor índice de accidentes laborales.

Sin embargo, debido a factores de carácter social y económico, motivados principalmente por la sentida escasez de mano de obra que existe para estas labores, la agroindustria azucarera en muchos países entre los que se incluye Costa Rica, está promoviendo actualmente en forma creciente y sostenida la cosecha de la caña en forma mecánica o semimecánica; esto obviamente en las zonas que lo permiten.

La corta de la caña en forma mecánica se realiza utilizando, como señalan **CHAVES y AGUILAR (1991)**, cosechadoras de varios tipos y con capacidades y especificaciones diferentes; un ejemplo de ello lo constituyen las cosechadoras combinadas, las cuales cortan en trozos los tallos de caña y los cargan en carretas diseñadas especialmente para ese fin.

Una de las grandes desventajas con este tipo de corta, es que se genera un aumento importante en la cantidad de materia extraña que contiene la materia prima que se lleva al ingenio. **CENICAÑA (1995)** menciona, que en estudios de campo realizados en Colombia, se encontró que el contenido de materia extraña utilizando la corta mecánica fue elevado (17%), un 6% más alto que el reportado para la opción de cortar la caña manualmente.

A.2. CARGA MANUAL

La carga manual se realiza luego que la caña se ha cortado, principalmente en lugares con topografía muy quebrada donde el empleo potencial de maquinaria es muy limitado. Los tallos se acomodan en este caso de la mejor manera posible, sostenidos con cadenas bien ajustadas en sus extremos (**SUBIRÓS 1995**).

Por su parte, **DOMINGUEZ y CARDENAS (1981)** señalan que en países donde la mano de obra es aún suficiente, el sistema de carga manual permite entregar a la fábrica una materia prima de muy buena calidad, ya que el contenido de materia extraña es relativamente bajo, pues está normalmente limitado a hojas verdes o secas, cogollos y mamones.

MONTEIRO y COLABORADORES (1982) encontraron por su parte, que con el uso del sistema de carga manual se obtuvo contenidos del 0,405% de materia extraña; mientras que en el caso de la carga mecánica el valor fue de 2,023% sobre el peso total de la muestra de caña cargada que llega a la fábrica. Como desventaja anotan complementariamente, la demora que acontece en el proceso de alce, lo cual incide directamente en la entrega rápida de la caña a la fábrica, más aún si la misma fue quemada.

A.3. CARGA MECÁNICA

La carga de la caña en Colombia se realiza mayoritariamente en forma mecánica. Este tipo de alce exige necesariamente una mejor labor de limpieza de los tallos por parte del cortador, ya que la máquina al alzar la misma no discrimina entre la materia prima y la materia extraña (**DOMINGUEZ y CARDENAS 1981**).

BORJA (1992) indica que cuando el operador de la maquinaria no es cuidadoso, se pueden recolectar e introducir a la fábrica cantidades apreciables de tierra, arena y piedras. Estas cantidades de material pueden variar con el ancho del surco de siembra, la presencia de conductos de riego y las condiciones de humedad prevalecientes en el suelo.

Un buen “*aporque*” de la caña favorece el alce de la caña, ya que los “*camellones*” que se forman sobre el surco con esta labor, permiten que el patín de la alzadora penetre por debajo de la caña cortada sin arrastrar la materia extraña contenida en el suelo, especialmente tierra; o

provocar el corte de la cepa de caña, la cual se puede arrancar con facilidad cuando la colocación de la caña cortada en el suelo no es el adecuado (**CARDENAS 1985**).

Por otro lado, **FORS (1983)** menciona que la carga mecánica trae consigo un aumento en la cantidad de hojas, paja y tierra; aunque normalmente no se presentan cogollos, lo que depende de que el método de corte sea el apropiado. La notoriedad de este sistema se presenta en los suelos pedregosos, ya que los rollos hechos por el apilador pueden esconder piedras, algunas inclusive de gran tamaño.

Pese a ello, este sistema presenta varias ventajas con respecto al manual, entre las que están como más importantes las siguientes: existe una reducción del costo involucrado en la labor de alce, rapidez en la entrega de la caña a la fábrica, mejor utilización del equipo de transporte y suministro de la caña durante las 24 horas del día (**DOMINGUEZ y CARDENAS 1981**).

Para el empleo de este sistema se utilizan varios tipos de cargadoras mecánicas, cuyo modelo y capacidad dependen de las necesidades; así como también de la capacidad y disponibilidad de capital. En la década de los años cincuenta comenzaron a utilizarse en gran escala, alzadoras hidráulicas en muchas regiones cañeras del mundo, y desde entonces se incrementaron y agudizaron los problemas relacionados con el ingreso de materia extraña al proceso industrial (**FORS 1983**).

En materia de desarrollo tecnológico en el campo de la mecanización, se vienen generando diferentes prototipos ajustados a condiciones y necesidades particulares. Es así como otro tipo de alzadoras mecánicas lo constituye la denominada “*cargadora continua*”, diseñada especialmente para suelos profundos y orgánicos. También pueden ser del tipo “*apilador*” por empuje, que amontona la caña en pilas según avanza la alzadora por medio de un dispositivo colocado en la parte delantera y en el centro de la máquina denominado apilador. Las alzadoras del tipo “*mesa frontal*”, constan de un aguilón apoyado en la parte trasera de la cabina, permitiendo una mayor altura y alcance en la operación de carga y descarga (**BORJA 1992**).

Se utilizan también en este sistema las cosechadoras “*combinadas*”, las cuales realizan las funciones de corta, troceo o picado, limpieza y alce en una sola operación integral. Una vez que los tallos han sido cortados en trozos pequeños, estos son pasados a un conductor elevado con perforaciones. Antes de la salida se encuentra un potente ventilador de succión que contribuye a extraer parte de la basura presente; por último, la caña se deposita en la carreta (**SUBIRÓS 1995**).

FORS (1983) señala que, con la utilización de las cosechadoras combinadas se produce una mayor entrada de residuos vegetales y trozos de caña completamente descompuestos; además de que este tipo de materia extraña trae consigo tierra adherida, especialmente en condiciones húmedas.

A.4. INFLUENCIA DE LOS FACTORES AMBIENTALES

Entre las particularidades del entorno en que se desenvuelve la agroindustria de la caña de azúcar en el mundo y en el país, las condiciones climáticas tienen una importancia e influencia determinante en la calidad del azúcar que se produce.

El cultivo requiere como indica **CHAVES (1982)**, la presencia de altas temperaturas durante su fase de crecimiento y desarrollo vegetativo, y de bajas temperaturas durante el período de maduración. Entre mayor sea la diferencia (rango) existente entre las temperaturas máximas y mínimas durante el proceso de maduración, mayores serán las posibilidades de obtener jugos de alta pureza y con ello un mayor rendimiento de azúcar obtenido en saco.

En cuanto a la lluvia, la caña requiere contar con la mayor disponibilidad de agua durante su fase de crecimiento y desarrollo vegetativo; contrariamente, en el período de maduración esta debe reducirse significativamente, preferiblemente suspenderse para restringir el crecimiento y lograr el acumulo de sacarosa en los tallos (**CHAVES 1982; CHAVES y AGUILAR 1991**).

Existe como anotaran **OLIVEIRA y colaboradores (1987)**, una relación directa entre la lluvia y el aumento en el contenido de materia extraña. En sus investigaciones encontraron la existencia de una correlación lineal positiva entre el contenido de materia extraña mineral y las lluvias. Al mismo tiempo expresaron esos investigadores que la materia extraña orgánica por no presentar correlación con las lluvias, puede ser reducida con una buena conducción en los procesos de corte y alce de la materia prima.

Según **CENICAÑA (1995)**, el régimen de lluvias puede influir directamente en los contenidos de basura, ya que se espera una mayor cantidad de suelo adherido a la caña durante la época de lluvias. En el Ingenio Riopaila de Colombia, se encontró que por cada unidad (en porcentaje) de materia extraña presente, el rendimiento industrial se redujo en promedio en un 0,14%.

Asimismo, **CALDERÓN (1980)** afirma que en estudios realizados en el Ingenio del Cauca en Colombia en épocas de alta precipitación, obtuvo un promedio del 12,41% de materia extraña, siendo las hojas, la tierra y los cogollos las fracciones que mostraron porcentajes más altos con 5,16%, 2,90% y 2,83%, respectivamente. Esto se debe a que las hojas no se queman completa y satisfactoriamente por las condiciones de humedad existentes, la tierra se adhiere al tallo de la caña durante el alce mecanizado y las cepas son desenterradas fácilmente por las alzadoras mecánicas. En época de baja precipitación obtuvo un promedio de 5,77% de materia extraña, siendo en este caso las hojas, los cogollos y la tierra las fracciones con porcentajes más altos al mostrar una presencia del 2,12%, 1,72% y 1,42%, respectivamente.

B. MATERIA EXTRAÑA

B.1. TIPOS DE MATERIA EXTRAÑA

De acuerdo con **CENICAÑA (1995)**, la materia extraña constituye uno de los factores de mayor incidencia en los índices de calidad de la caña, mostrando una relación directa con las pérdidas de sacarosa en el procesamiento fabril.

BOUZA y colaboradores (1988) definen por su parte la materia extraña, como desechos improductivos que vienen incorporados a la caña que se envía a la fábrica para procesarse.

La materia extraña puede individualizarse, separarse y fraccionarse en materias de origen vegetal: cogollos, hojas secas y verdes, raíces, tallos secos, restos de cepas, mamones y malezas; y también de origen mineral: tierra, piedras y arena (**CHAVES¹; OVIEDO 2002; OVIEDO Y CHAVES 2003**).

B.1.1. MATERIA EXTRAÑA DE ORIGEN VEGETAL

- COGOLLOS

Según **PALACIO (1986), FORS y ARIAS (1997)**, el cogollo o despunte es la porción superior no molible del tallo de la caña de azúcar, que tiene un desarrollo vegetativo muy activo, el cual puede contener jugo con sacarosa pero en concentraciones no extraíbles por la fábrica desde un punto de vista estrictamente económico.

De acuerdo con **CHAVES SOLERA²**, el cogollo corresponde a la sección superior del tallo carente de sacarosa en concentraciones con interés comercial y, que en la práctica de campo se determina doblando el último tercio hasta su punto de quiebre natural. Por esta razón, la fracción superior es por tanto fabrilmente poco deseable y no industrializable.

Los cogollos son los componentes vegetales por lo general más abundantes (aproximadamente 60%) entre las diferentes fracciones que acompañan a la caña; favorecen además el ingreso de microorganismos a la fábrica, así como también agua, cenizas y no azúcares melasigénicos, los cuales provocan que el azúcar recuperable sea menor, aumentando por el contrario los contenidos de melazas y reduciendo la cristalización (**VALDÉS y colaboradores 1988; DOMINGUEZ y CARDENAS 1981**).

FORS y ARIAS (1997) observaron que por cada 1% de cogollo que ingresa con las cañas al ingenio, la pureza se disminuyó en un 0,1524 por ciento.

- HOJAS SECAS Y VERDES

El principal problema que ocasiona este tipo de material extraño, como lo anotara **PALACIO (1986)**, es el volumen que ocupa en las carretas que transportan la materia prima de caña al ingenio, sobretodo cuando se presentan excesos.

Es importante mencionar como lo señalara **BARRETO (1991)**, que entre las dos clases de hojas verdes y secas, la más dañina es la seca, ya que induce una mayor caída de azúcar (1,5 Kg) por unidad porcentual de basura.

Asimismo, **ARTAVIA (1982)** anota que las hojas secas en comparación con las hojas verdes, producen un aumento considerable en el contenido de bagazo % caña; así como también,

^{1 y 2} Chaves Solera, M.A. Comunicación Personal, 2003.

inducen un incremento mucho mayor en los contenidos de la fibra y una mayor disminución en la pureza del jugo con respecto a la materia verde, ocasionando mayores pérdidas en la fábrica.

Para **DOMINGUEZ y CARDENAS (1981)**, las hojas secas aumentan el contenido de fibra y actúan como verdaderas esponjas que absorben el azúcar, trasladando y aumentando la cantidad presente en el bagazo. Por su parte, las hojas verdes tienen efectos similares a los causados por los cogollos; por ejemplo, un alto contenido de cenizas y una baja pureza de los jugos. **FORS y ARIAS (1997)** señalan al respecto, que el contenido de fibra aumenta en 0,3604% por cada por ciento de hojas que ingresa con la caña al ingenio.

- **RAICES**

Las raíces ya sean aéreas (adventicias) o pertenecientes a la base de la cepa, son materiales con alto contenido de fibra que prácticamente no contiene azúcar, razón por la cual ocasionan serios problemas durante la molienda y el procesamiento de la caña (**FORS 1983**).

Estudios realizados en El Salvador con el objeto de implementar un método justo de pago de la caña a sus cañicultores, de acuerdo con su calidad, **FORS y ARIAS (1997)** demostraron que por cada un por ciento de raíces que ingresa con las cañas al ingenio, hay asociado un incremento de 0,54 unidades en el contenido de fibra.

- **TALLOS SECOS**

La presencia de este tipo de material al igual que las hojas que acompañan naturalmente a la caña, es desde todo punto de vista indeseable, por el volumen que ocupa en las carretas que transportan la materia prima de caña al ingenio. Representa un costo neto importante que no genera ningún beneficio complementario.

Como problema para manipular esta clase de basura dentro del ingenio, **PALACIO (1986)** menciona que estas impurezas presentan dificultades en el agarre para la alimentación de los molinos; además de que son difíciles de moler por su relativo bajo contenido de fibra. Por el hecho de no contener azúcar, al mezclarse con la caña y su jugo, atrapan sacarosa que consecuentemente se pierde en el bagazo sin recuperación alguna.

Los tallos secos tienen fibras cortas, las cuales no se deslizan fácilmente en los molinos y producen tacos o atascamientos en los mismos, lo cual de acuerdo con **PALACIO (1986)**, reduce la eficiencia de molienda, aumenta la cantidad de bagazo y por ende, incrementa las pérdidas de azúcar en el proceso.

- **RESTOS DE CEPAS**

Una cepa se define como el conjunto de tallos perteneciente a una misma planta de caña, que poseen su propio sistema radicular. La cepa está constituida por tallos tanto industrializables como no industrializables y por tanto sin valor económico.

Luego de efectuada en el campo la corta de la caña, se procede a cargar los tallos en los vehículos que los transportan al ingenio. Cuando ésta labor se realiza en forma mecánica, es factible introducir restos de cepas que afectan la pureza de los jugos de caña y reducen el contenido de azúcar extraído en el proceso fabril.

- MAMONES

Son retoños o renuevos de la cepa que surgen después de que la mayoría de los tallos han alcanzado su desarrollo normal; generan una caña gruesa, succulenta, por lo general no mayor de un metro de altura y muy pobre en concentración de azúcar y limitado interés comercial, por lo que no son industrializables ni deseables.

Para algunos investigadores los mamones deben normalmente clasificarse y ubicarse conjuntamente con los cogollos. **BARRETO (1991)** afirma por su parte al respecto, que debido a que los mamones son caña tierna y contienen alguna cantidad de azúcar, la caída del rendimiento (kg de azúcar por tonelada de caña) es menor que la provocada por los cogollos que, a diferencia de los mamones, son puras hojas verdes que no contienen azúcar.

Para **FORS (1983)**, se pueden producir mamones en exceso inducidos por factores como: la variedad de caña sembrada, la distancia de siembra utilizada, los métodos de cultivo empleados o por la cantidad de humedad existente en el medio. También afirma que la introducción de mamones a la fábrica, no se atribuye únicamente al proceso de mecanización que se está implementando actualmente en la mayoría de las regiones cañeras del mundo; sino que también, a los cortadores de caña que suelen introducir muchos mamones cuando no tienen en el campo una eficiente supervisión del encargado de controlar y auditar la cosecha.

B.1.2. MATERIA EXTRAÑA DE NATURALEZA MINERAL

- TIERRA, PIEDRAS Y ARENA

Esta clase de impurezas se presentan por lo general cuando la caña es cosechada y cargada mecánicamente.

Para **FORS (1983)**, estos materiales son los más indeseables que pueden acompañar a la caña, esto desde el punto de vista físico y mecánico.

Según **PALACIO (1986)**, al moler caña que contiene tierra se producen desde el punto de vista químico jugos turbios de baja calidad para la clarificación. También anota este autor desde una perspectiva biológica, que con la incorporación de tierra en la caña que va a la molienda, se introduce al proceso gran cantidad de microorganismos, los que actúan sobre los jugos de la caña y producen compuestos como manitol y dextranas, los cuales pasan por los clarificadores sin ser precipitados, a partir de lo cual aumentan la viscosidad de la meladura, reducen la transmisión de calor y disminuyen la capacidad de cocimiento de los tachos, afectando con ello la eficiencia general de toda la fábrica.

FORS (1983) señala que los problemas que puede causar la tierra en las fábricas de azúcar, dependen no sólo de la cantidad que ingresa al proceso, sino también de su composición física, ya que suelos con humedad excesiva y arenosos dificultan más la labor de cosecha mecánica, por lo que se incorpora mayor cantidad de tierra a la fábrica y con esto se producen daños, desgastes o trastornos significativos en los ejes de las mesas alimentadoras, cadenas principales del conductor de caña, masas de los molinos, bombas de sacarosa, clarificador y calderas, entre otros. **ARTAVIA (1982)** afirma por su parte, que la tierra influye básicamente en la extracción de sacarosa, al aumentar considerablemente el contenido de bagazo % caña y la fibra % caña.

Otro aspecto por considerar como lo señalan **FORS y ARIAS (1997)**, es que por cada un por ciento de tierra que ingresa con la caña al ingenio, la fibra se incrementa en 0,3044%, lo que provoca mayor dificultad para extraer y recuperar la sacarosa que está contenida en los tallos de la caña.

B.2. FACTORES QUE INCIDEN EN EL CONTENIDO DE MATERIA EXTRAÑA

B.2.1 COSECHA DE CAÑA CRUDA

La práctica de cosechar la caña en crudo (sin quemar) se realiza opcionalmente en algunos casos, en razón de que las condiciones climáticas (lluvia) no favorecen ni permiten la quema; en otros casos, debido básicamente a que las plantaciones se encuentran muy próximas a las áreas urbanas, o en su caso, por decisión estrictamente de carácter ambiental. También previendo que no se quede caña quemada sin cortar por razones incontrolables donde acontezca algún contratiempo fuera de control, como es la insuficiencia de mano de obra, la carencia de transporte para el acarreo de la caña o la paralización del ingenio, con el consecuente deterioro de la caña.

Sin embargo para **CENICAÑA (1996)**, la cantidad de materia extraña que acompaña la caña verde (sin quemar) constituye en la actualidad una de las principales preocupaciones de la agroindustria azucarera colombiana, ya que su presencia en altos niveles aumenta sustancialmente las pérdidas de azúcar en el ingenio.

Según **ROZEFF (1995a)**, cuando la caña se corta cruda la cantidad de paja que se produce depende del despunte y de la efectividad limpiadora del equipo de cosecha. En las condiciones de Texas (USA), donde los residuos de caña quemada son del orden del 4,98%, el corte de la caña en verde puede duplicar esa cifra. Un campo de 32 toneladas netas de caña por acre (80 tm/ha) puede producir unas 8,8 toneladas de basura o 2,6 toneladas de materia seca al inicio de la operación, y llegar hasta 19,5 tm y 5,8 tm, respectivamente.

Es importante anotar como lo señalan algunos connotados investigadores, que la tecnología de cosecha de la caña en verde (cruda), implica la presencia e introducción de grandes cantidades de materia extraña a la fábrica, lo que conlleva consecuencias de carácter económico y de eficiencia muy negativas (**SALAS y CHAVES 1993**).

Observaciones hechas en Texas (USA), indican que los contenidos de materia extraña de la caña cruda se encuentran alrededor del 12%, lo que representa un 2,62% más con respecto a la caña quemada. Otros estudios similares señalan contenidos de materia extraña de 12,2% para la caña cruda y de 7,4% para la caña quemada (**ROZEFF 1995a**).

En general, estas condiciones generan disminuciones en los contenidos de Brix, Pol y Pureza; además, reducen la eficiencia de los procesos de molienda y extracción en la fábrica. En Sudáfrica se han determinado reducciones hasta del 15% en la molienda y de 0,47 unidades menos de extracción, en comparación con la modalidad de caña quemada (**SUBIRÓS 1995**).

B.2.2 QUEMA DE LA CAÑA

Durante el proceso de cosecha de la materia prima, la quema constituye una práctica agrícola muy común y de adopción casi generalizada en la mayoría de los países productores de caña de azúcar; bien sea que se coseche mecánica o manualmente. La quema tiene el propósito fundamental e inmediato de facilitar y agilizar la cosecha en condiciones difíciles, abaratar los costos de producción, compensar de alguna manera la carencia de mano de obra, reducir o eliminar la cantidad de follaje y paja no industrializable adherida al tallo, o sea, el contenido de materia extraña (**BORJA 1992; CHAVES y ALFARO 1996**).

En la zona semi tropical del sur de Texas (USA), la caña se quema para su cosecha, ya que la cosecha en verde genera pérdidas importantes en la producción de caña por unidad de área. En un estudio comparativo que recoge un período de evaluación de dos cosechas, **ROZEFF (1995a)** observó que los campos cosechados en verde produjeron un 15,2% menos de caña y un 15,3% menos de azúcar, con respecto a aquellas secciones de los mismos campos cosechados después de efectuar la quema.

De acuerdo con **CENICANA (1996)**, en estudios realizados en Colombia en los ingenios Mayagüez y Central Castilla se encontraron en el caso de la caña quemada, valores de 4,1% de materia extraña; mientras que la modalidad de caña sin quemar (cruda) presentó apenas un 5,1% de la misma, obteniéndose una diferencia del 1%.

Para **ROZEFF (1995a)**, el objetivo básico de la quema es por regla general eliminar la mayor cantidad posible de materia extraña. Un fuego intenso que no consuma completamente el cogollo, producirá una gran marchitez en el conjunto de hojas verdes, lo que ayuda a la densidad de transporte (carga económica) y a la concentración de azúcares.

Otro aspecto a considerar como señala **RODRIGUEZ (1983)**, es que la caña quemada es más limpia que la caña verde en igualdad de condiciones, pero se deteriora con mayor rapidez, lo que exige que sea molida en un término de tiempo no mayor de 48 horas de quemada y de ser posible con 24 horas.

Asimismo, **VILLALOBOS (1997)** encontró en un estudio realizado en Costa Rica un incremento significativo en el grado de deterioro de la caña quemada, cuando ésta no fue procesada luego de dos días (48 horas) en el caso de la caña cortada y, de cuatro días (96 horas) para la dejada en pie.

B.2.3 VARIEDAD SEMBRADA

Aunque la estructura y disposición vegetativa de la caña de azúcar en el campo no constituye un factor determinante de carácter agroindustrial, su composición influirá significativamente en la limpieza de la caña, que sí representa un factor agroindustrial relevante. La estructura vegetativa se define, como la composición porcentual de cada uno de los elementos que conforman la caña de azúcar como materia prima agroindustrial.

El comportamiento de una variedad respecto a los diferentes métodos de cosecha empleados, está dado en un alto grado por la estructura vegetativa presente en el momento de realizar el corte de la planta (CASANOVA 1996).

ROZEFF (1995b) anota como aspecto primordial, que aunque la mayoría de las variedades de caña se deshojan naturalmente luego de la décima hoja; aquellos clones que poseen mal despaje retienen las vainas aún cuando las láminas fenecen. Estas variedades no arden (queman) bien y producen caña sucia, incrementando con ello los contenidos de materia extraña. Menciona asimismo el autor, que la altura de la caña moledera influye en el porcentaje final de basura presente.

A pesar de que las cañas de tallos gruesos tienen por lo general hojas más anchas y vainas más grandes, el peso de la materia extraña es proporcionalmente menor con respecto a las cañas más delgadas y de gran población de tallos. Estas últimas tendrán por lo general más basura. Las cañas pequeñas también tienen un alto y desproporcional contenido de basura, debido a la relación cogollo / tallo moledero. Lo ideal entonces es producir cañas de alto porte, erectas, buenas descogolladoras, gruesas y de baja población de tallos.

Por su parte **DIECA (1997)** señala con base en su experiencia que, existen diferencias importantes en los contenidos de materia extraña entre clones diferentes, las cuales se incrementan más al diferenciar la procedencia de la materia prima; así por ejemplo, comparando las variedades: NCo 310, CP 72-1210 y Ja 60-5, se encontró que la variedad NCo 310 es la que en promedio más basura produce, al reportar un 13,70%, seguida por CP 72-1210 con 12,43% y Ja 60-5 con un 9,80%, respectivamente. El hecho de que NCo 310 presente mayores contenidos de basura, se atribuye a la elevada presencia de hojas, cogollo y caña seca, lo cual en mucho se debe a su bajo despaje natural.

Otros estudios realizados en el Ingenio Riopaila de Colombia con variedades comerciales, mostraron que la variedad CP 57-603 presentó el mayor contenido de materia extraña (9,62%), mientras que la Mex 52-29 es la que menor porcentaje exhibió (7,32%); siendo los cogollos, mamones y caña seca los principales componentes de la materia extraña para estas variedades (**LUNA y colaboradores 1991**).

B 2.4 UTILIZACIÓN DE MADURANTES

Durante los últimos quince años, el uso de maduradores artificiales ha sido adoptado como una práctica tecnológica común y casi generalizada, destinada a promover y asegurar altas concentraciones de azúcar en los tallos.

Según **CENICAÑA (1996)**, los maduradores actúan directamente sobre el meristemo apical, deteniendo el crecimiento vegetativo del tallo. La planta mantiene sin embargo activo el proceso de síntesis de azúcar, la que se acumula en mayor proporción en el tercio superior del mismo. Cuando las lluvias caen luego de transcurrir un período seco, el contenido de azúcar de la caña no tratada con maduradores se reduce drásticamente; mientras que en el caso de la caña tratada, el descenso es menor o en su caso no existente.

Como consecuencia del uso de estos productos, no sólo se eleva el contenido de sacarosa en los tallos, sino que existe además la oportunidad de disminuir su variabilidad debido a las grandes fluctuaciones existentes en las variables del clima que la determinan.

ROZEFF (1995b) señala, que la aplicación de los maduradores tiende a desecar algo la caña y reducir el tamaño del cogollo. Cuando se usa el madurador en combinación con el Paraquat (herbicida quemante), se produce un efecto sinérgico fuerte y definido. Los cogollos son prácticamente destruidos por la quema del tejido provocada por el herbicida, reduciendo con esto la cantidad de materia extraña presente.

Por otro lado, **MORENO (1993)** afirma, que mediante la utilización de modelos matemáticos lineales, se encontró que el rendimiento real, como es usual, es significativamente mayor cuando se aplica madurante respecto a cuando no hay aplicación del mismo. Igualmente, el contenido de materia extraña es significativamente menor con la aplicación del madurante; así por ejemplo, se obtuvo un 11,23% de materia extraña con el uso de madurante y un 12,30% sin su aplicación.

De la misma forma, **LUNA y colaboradores (1991)** mencionan, que los frentes de corte que tuvieron aplicaciones de madurantes mostraron diferencias estadísticas altamente significativas con relación a los frentes donde estos no se aplicaron. El promedio de materia extraña verificada con uso de madurantes fue del 7,12%, y el promedio sin madurantes fue del 8,14%.

B. 3. EFECTOS DE LA MATERIA EXTRAÑA

Los efectos dañinos causados por la presencia de las materias extrañas que acompañan a la caña que llega como materia prima a la fábrica, afectan la extracción, prolongan la zafra, incrementan los costos de manipulación, compra y transporte de la caña molible; generan además un significativo incremento en el valor de la materia prima, al tener que pagar a los proveedores y los cortadores, así como también por su transporte. Los efectos nocivos que producen en el proceso industrial de fabricación del azúcar son realmente importantes (**GONZÁLEZ y GARCÍA 1997; BARRETO 1991**).

Asimismo, la materia extraña en la caña produce pérdidas importantes de azúcar, deterioro de equipos y maquinaria, incremento en el porcentaje de fibra en la caña; aumenta además el contenido de bagazo, disminuye la extracción y la concentración de sacarosa en la caña. Influye a su vez negativamente en la calidad de los jugos disminuyendo la pureza, elevando el contenido de sólidos solubles no deseados e incrementando el volumen de cachaza, todo lo cual incide negativamente sobre la recuperación del azúcar (**BORJA 1992**).

RODRIGUEZ (1983) señala al respecto, que la materia extraña ocasiona problemas en los equipos mecánicos del ingenio, afectando elementos como: cuchillas picadoras, molinos, ventiladores de calderas, bombas de proceso y en toda la operación general del ingenio, ocasionando paradas que disminuyen la capacidad y aumentan innecesariamente los días de zafra efectiva. Lo anterior debido a la disminución de las capacidades reales de operación de los equipos en el proceso de fabricación, al disminuir la calidad del material (necesidad de mayor capacidad en clarificación en centrífugas y tachos, lo cual ocasiona mayor gasto de vapor, etc.), lo que hace necesario una molienda menor respecto a la máxima posible, un mayor gasto de productos químicos (cal, azufre, tensoactivos) y otros efectos de menor cuantía, tales como: deterioro de las masas cañeras y cuchillas por causa de las piedras, etc.

Para **VARELA (1992)**, de los componentes de la basura (trash), la tierra es el que más inconvenientes ocasiona, tanto por la erosión que provoca a su paso en los equipos, como por causa de su incidencia en el balance energético, ya que afecta las características del bagazo como fuente básica de producción de energía. La consecuencia directa del primero de los efectos señalados, es el mayor desgaste físico que ocasiona a los trapiches, calderas y bombas, con el consiguiente aumento de los costos de mantenimiento.

Señala por otra parte ese mismo autor, que el bagazo procedente de caña sucia propia de los sistemas de cosecha mecanizada, tiene un contenido de cenizas de alrededor del 10% en relación al 2,5 ó 3% que contiene el de la caña limpia. Por tal motivo, la capacidad calorífica se reduce en aproximadamente en un 20%, lo que origina mayores gastos al tener que emplear combustible adicional.

En diversas áreas azucareras del mundo se reportan incrementos notorios y costosos en el deterioro de las cuchillas picadoras de caña, y también en el desgaste de las masas de los molinos por acción de las piedras, arenas y el suelo en general. Cuando los contenidos de basura son mayores al 3%, hay un incremento significativo en los costos de mantenimiento del equipo, lo que requiere de períodos más largos o más frecuentes de reparación y reposición de partes, mejor abastecimiento de estos y mayores costos de mano de obra.

Aumenta además el tiempo perdido para efectuar la molienda por causa de los daños mecánicos provocados y, muy probablemente, disminuye la capacidad de extracción del jugo en los molinos, la capacidad de molienda / hora y la generación de vapor en las calderas por tonelada de bagazo; la humedad de este aumenta a su vez a causa de los atascamientos que con mayor frecuencia sufre el molino (**PALACIO 1986**).

E. EFECTO DE LA MATERIA EXTRAÑA SOBRE LA CALIDAD

La calidad tecnológica de la caña está definida entre otras cosas, como lo anota **CASANOVA (1996)**, por el contenido de materia extraña que acompaña al tallo industrialmente aprovechable; por tanto, cualquier operación que altere la proporción de caña limpia / materia extraña, contribuirá en un sentido u otro la calidad de la caña. Así por ejemplo, el material extraño, especialmente el constituido por retoños (mamones), cogollos, hojas verdes y cualquier material que posea clorofila tiene una alta incidencia sobre los niveles de color y de impurezas, expresado como: polisacáridos solubles, fenoles y amino-nitrógenos. Estos constituyentes

químicos afectan el proceso de cristalización y con ello la calidad final del azúcar en relación con su color.

El cogollo de la caña de azúcar contribuye también al aumento de los niveles de color, encontrándose en algunas ocasiones, de cinco a ocho veces más precursores de color como los fenoles en esta sección de la planta, con respecto a la caña limpia. Adicionalmente, es posible encontrar en ellos incrementos hasta del 60% en el nivel de polisacáridos solubles, lo que afecta principalmente la evaporación y la cristalización del azúcar comercial (**CENICAÑA 1995**).

Para **LARRAHONDO (1983)**, además de las pérdidas de sacarosa, la materia extraña causa aumentos importantes en los niveles de fibra, siendo estos incrementos del orden de 2 a 3% por cada 10% de materia extraña presente.

LEGENDRE (1990) indica por su parte, que una materia prima que contiene un 10% de “trash” compuesto por 60% de despunte y 40% de hojas secas, ocasiona un incremento en la fibra del 1,8%, una disminución en la materia extraña del 3,7%, una reducción del 0,9% del azúcar en el jugo y por último, una disminución del 2,8% de la pureza.

VALDÉS y compañeros (1989) señalan al respecto, que con la introducción de basura al ingenio acontece una disminución de la pureza del jugo. La basura incorpora cierta proporción de sólidos solubles (no azúcar), agua, microorganismos, etc., que reducen la pureza del jugo; como consecuencia, ocurre una disminución en la cantidad de azúcar recuperable y un aumento en la producción de melaza (azúcares no cristalizables).

Por su parte, **SALAS y NUÑES (1992)** mencionan que la pureza y el pol (%) del jugo disminuyen significativamente con el incremento del contenido de materia extraña. Cada unidad porcentual de ésta produce una disminución en la pureza del jugo de 1,02 por ciento, mientras que el pol del jugo se disminuye en 0,183%. El pol (%) caña también disminuye con el aumento de la materia extraña: por cada unidad de ésta, se produce una disminución de 0,249 por ciento en el pol % caña.

1. PÉRDIDAS DE AZÚCAR POR CAUSA DE LA MATERIA EXTRAÑA.

En diversos estudios realizados en los principales centros de producción de azúcar en el mundo, especialmente en Colombia, se coincide en el sentido de señalar concluyentemente que toda materia extraña que ingrese al ingenio junto con la caña, genera inconvenientes en la molienda y, principalmente, influye en las pérdidas de azúcar, tal como lo han expresado y demostrado varios investigadores (**RODRIGUEZ 1983; BARRETO 1991; CENICAÑA 1996**), quienes mencionan y aseguran que en términos generales por cada unidad porcentual de basura presente, se pierde en promedio aproximadamente un kilogramo de azúcar en relación con la caña limpia.

SALAS y NUÑES (1992) señalan respecto al resultado de varios experimentos hechos en diferentes partes del mundo, que la cantidad de extracción de sacarosa se disminuyó en 0,67 unidades por cada valor porcentual de incremento verificado en la basura.

CENICAÑA (1995) indica que en estudios realizados en Colombia, incorporando adiciones crecientes de materia extraña constituida por hojas (20% a 40%), cogollos (45% a 50%) y suelo

(10% a 15%); se encontró que la presencia del 1% en el contenido de la materia extraña (en peso), ocasionó descensos entre 0,13% y 0,17% en el pol (% caña), y entre 0,16 y 0,21 unidades en el azúcar recuperable. Además de las pérdidas en sacarosa que provoca la adición de 1% de materia extraña, la misma ocasionó un aumento entre 0,20% y 0,35% en la fibra (%) caña.

Por su parte, **CENICAÑA (1992)** señala que en investigaciones realizadas en el Valle del Cauca, Colombia, se encontró una reducción en el rendimiento de 0,12 unidades por cada unidad de incremento aplicada en el contenido de impurezas.

Para **LARRAHONDO y DOMINGUEZ (1988)**, con la introducción de un 10% de materia extraña (hojas, cogollos y suelo) al ingenio, se pueden ocasionar descensos de 1,3 a 1,5 unidades en el azúcar recuperable, esto determinado a nivel de laboratorio; asimismo, se observaron incrementos significativos en el contenido de fibra, y por ende, un aumento del bagazo y el contenido de pol en el bagazo, reduciéndose con ello la extracción y el pol contenido en la caña.

PALMA y compañeros (1995) señalan que en un estudio comparativo realizado en el Ingenio Risaralda de Colombia, se analizó el contenido de materia extraña y se concluyó que por cada 1% de aumento en el porcentaje de estos materiales, ocurre complementariamente una disminución de 0,133 unidades en el rendimiento real.

En otras investigaciones realizadas también en Colombia, **BORJA (1992)** midió la influencia que ejerce la materia extraña sobre el rendimiento industrial, observando que por cada unidad de incremento que se verifique en las impurezas, el porcentaje en la disminución del rendimiento se eleva en 1,4 unidades.

YATES (1996) señala complementariamente, que en Inglaterra se encontró que dependiendo en un alto grado de la composición de la materia extraña que acompaña a la caña, se pierden entre 0,125 y 0,25 unidades de rendimiento por cada 1% de materia extraña presente.

F. DETERMINACIÓN DE LA MATERIA EXTRAÑA

Como lo mencionan **PALMA y colaboradores (1995)**, un indicador importante de la calidad de la caña, lo constituye el porcentaje de materia extraña que llega con la misma a los patios de la fábrica luego de realizada la cosecha; ahí la importancia que la caña llegue limpia, con el objetivo de reducir las pérdidas económicas ocasionadas por este concepto.

Por ésta razón, se hace notoria la imperiosa necesidad de establecer y consolidar en Costa Rica, como se ha hecho en muchos otros países cañeros del mundo, métodos analíticos de rutina adecuados y económicos que permitan determinar con la máxima exactitud posible los contenidos de materia extraña presentes en las entregas comerciales de caña, ya que en la actualidad se desconoce y tienen grandes dudas entre muchos de los productores de caña y los industriales, quienes son paradójicamente los más perjudicados con la introducción de la materia extraña al ingenio. Es fundamental investigar sobre las diferencias observadas y procurar alcanzar las explicaciones pertinentes a las mismas.

PRICE (1987) indica al respecto, que en Australia se determina el contenido de materia extraña utilizando dos métodos básicos: a) inspecciones visuales y b) análisis físico de la caña que ingresa a la fábrica. La inspección visual la efectúa en dicho caso un funcionario del ingenio acompañado por un técnico evaluador de caña, los que se basan en un sistema de evaluación y valoración por asignación de puntaje para cogollos, basura y tierra; esto se realiza generalmente de manera directa en los vehículos que transportan la caña comercial al ingenio.

Por otra parte, para realizar el análisis físico se recolectan diariamente muestras de caña directamente de las carretas provenientes del campo, para lo cual se emplea una alzadora de uña. Cada muestra se coloca sobre un recolector plástico con el fin de facilitar la separación de los diferentes componentes que conforman la materia extraña (hojas, cogollos, mamones, caña seca y podrida, cepas y tierra).

Por último, se procede a identificar y pesar cada componente específico determinando su respectivo porcentaje; este trabajo se realiza en algunos ingenios, principalmente de Colombia, generalmente cada hora tomando como base el total de caña molida (**PALMA et al 1995**).

G. IMPORTANCIA ECONÓMICA DE LA MATERIA EXTRAÑA

El impacto que la materia extraña provoca sobre el proceso industrial de fabricación de azúcar es muy elevado, y contribuye a incrementar los costos de fabricación de una manera muy significativa. El solo hecho de que una fábrica sea capaz de moler hipotéticamente en una zafra 600.000 toneladas de caña, y bajo el supuesto de contener un “*trash*” promedio del 6%, implica que está procesando 36.000 toneladas de un material que no sólo no le aporta azúcar, sino que hace que la elaboración del producto decrezca y que los costos operativos y de mantenimiento vinculados consecuentemente se incrementen de manera directa y significativa (**PALMA y compañeros 1995**).

Las pérdidas que ocurren en el campo según **ARTAVIA (1982)**, son debidas básicamente a los procesos de corte, carga y acarreo (transporte); así como también, al aumento de las toneladas de caña requerido para transportar las mismas toneladas de sacarosa al ingenio. Este aumento en los costos de transporte es directamente proporcionales al contenido de materia extraña que posean las entregas.

En el Ingenio Riopaila de Colombia, se estima que durante los años 1989 y 1990, con la introducción de más de un 4% de materia extraña en las entregas, se dejó de recibir 841 y 620 millones de pesos, respectivamente, dado que se dejaron de producir 5.702 y 4.205 toneladas de azúcar (**LUNA y colaboradores 1991**).

DIECA (1997) informa por su parte sobre el mismo tópico, que en estudios realizados en Costa Rica durante la zafra 96-97, se determinó en el Ingenio Taboga el total teórico (tm) de basura generada en ese período con base en el Rendimiento Industrial (kg de azúcar 96° pol/tmc), con el objo de estimar el costo económico que implicaba el procesamiento de esa materia extraña.

Una vez conocido el azúcar que pudo alternativamente fabricarse y tomando como referencia un precio tentativo de liquidación (en cuota) de ¢53/kg (us\$0,169), se determinó que el ingreso potencial que se pudo haber generado para ese ingenio en esa oportunidad fue de aproximadamente 319,38 millones de colones (us\$1,02 millones). Sin embargo, considerando que el contenido de basura debe castigarse, se fijó una base de aceptación teórica del 5% de basura sin castigo, por lo que el cálculo económico se estableció entonces sobre el excedente a ese valor. Dicho excedente fue en dicho caso del 5,3%, lo que implicó una pérdida de ¢164,34 millones (us\$525.048,00), suma bastante significativa para la agroindustria nacional. El valor de cambio es 1 us\$ = ¢313,00.

Manteniendo esos mismos criterios de cálculo, se estima que a nivel nacional se perdieron ¢619,69 millones (us\$1,98 millones) durante la zafra 96-97 por la entrega promedio de un 3,5% de basura y consecuentemente la no elaboración de azúcar.

A las estimaciones anteriores hay que agregar además el costo involucrado por concepto de corte, alce y transporte de ese material. Considerando un valor promedio de ¢1.700 por la ejecución de esas actividades, el costo generado por la basura sería entonces de ¢5.049.000 (us\$5,43) para el caso de Taboga, lo que generaría pérdidas totales reales por ¢169,39 millones (us\$541.182,00). Al estimar y proyectar esos resultados para el país, las pérdidas fueron calculadas entonces en ¢807,08 millones de colones (us\$2,58 millones).

F. SITUACIÓN DE LA MATERIA EXTRAÑA EN COSTA RICA

Según **SALAS y NUÑES (1982)**, en Costa Rica poco se ha investigado sobre la presencia de los diferentes tipos de materia extraña presentes en las entregas de caña, así como en las pérdidas que éstas inducen y provocan por arrastre de sacarosa al bagazo, lo que ha incidido de manera diferencial pero significativa junto con otros factores adicionales, en los bajos rendimientos obtenidos en algunas zonas productoras. Si bien es cierto que en algunos ingenios del país se hacen deducciones porcentuales por exceso de materia extraña en las entregas, no se sabe a ciencia cierta aún, si estas deducciones compensan las pérdidas ocasionadas por el arrastre y pérdida de sacarosa que producen.

Estudios realizados por **BARRETO (1991)** en Guanacaste, demostraron que con las introducciones de materia extraña (mamones, cogollos, hojas y suelo) al proceso fabril, se presentan reducciones importantes en el rendimiento industrial; así por ejemplo, en los casos donde se introdujo tierra (dos órdenes taxonómicos diferentes de suelos), estos provocaron una pérdida de azúcar de casi 2,0 kg por unidad de “trash” presente.

Por otro lado, con la sustitución parcial y adaptación de la cosecha manual por la cosecha semimecánica en la mayoría de las zonas cañeras del país, se incrementaron los problemas por aumento de los contenidos de materia extraña favorecidos ese método de cosecha. **SUBIRÓS (1995)** señala al respecto, que con la cosecha mecánica hay un aumento en la cantidad de materia extraña del orden del 10 al 15%.

Durante la zafra 1996-1997, **DIECA (1997)** realizó evaluaciones de campo para determinar los contenidos de basura en tres regiones cañeras representativas del país, encontrando que para la localidad de Cañas (Guanacaste), el promedio general de la zona en introducción de materia extraña a la fábrica fue del 10,30%. Según esa fuente de información, el mayor contenido de basura en las entregas corresponde a hojas más cogollos (7,9%), seguido por hoja seca (1,76%), tierra (0,46%) y raíces más tronco de la cepa (0,13%). En el caso del Cantón de San Ramón de Alajuela, las muestras de caña cruda y caña quemada fueron bastante bajas en sus contenidos de basura, al obtener un promedio de 2,9% y 3,9% en cada modalidad de cosecha, respectivamente, con valores máximos de basura de 9,8% y 10,0% para cada uno.

En el caso de la materia prima comercial que recibió el Ingenio El General para su procesamiento fabril en la zona Sur del país, acontece algo semejante a lo observado en Guanacaste, al mostrar contenidos promedio de materia extraña del 12,28%; donde el aporte del cogollo fue del 83,3% y el de las hojas y otros componentes del 16,7%, respectivamente. Asimismo, a estas estimaciones se le agrega además el costo involucrado por concepto del corte, alce y transporte de ese material, generando pérdidas para el ingenio Taboga por ¢169,39 millones y de ¢98,33 millones en el caso de El General.

MATERIALES Y MÉTODOS

A. LOCALIZACIÓN

El estudio se efectuó durante un período continuo de evaluación diaria de diez días, entre los meses de marzo y abril del 1998, en los patios del Ingenio propiedad de la Hacienda Juan Viñas S.A., ubicada en el distrito de Juan Viñas, cantón de Jiménez, provincia de Cartago. Dicha Hacienda se sitúa entre las coordenadas 9°53'38" de Latitud Norte y 83°44' 51" de Longitud Oeste, a una altura promedio de 1.200 msnm.

B. CONDICIONES CLIMÁTICAS

La información que se utilizó en el estudio se recolectó a partir de los controles internos que mantiene la Hacienda Juan Viñas, durante un período de evaluación de diez días. En este lapso de tiempo la precipitación registrada alcanzó un promedio de 2,89 mm, y una temperatura media de 19,9 °C.

La temperatura máxima promedio anual del lugar según su historial se encuentra entre los 24 y 25°C; la temperatura media se sitúa aproximadamente en 22°C y la mínima se ubica entre los 16 y 19°C.

La precipitación pluvial total anual de la localidad varía entre 2.200 y 4.500 mm, distribuida durante todo el año, presentando aumentos entre los meses de junio - agosto y noviembre - enero, y disminuciones en los meses de febrero - abril.

La distribución de la precipitación y la temperatura durante el período en que se desarrolló el presente experimento, se presentan en el Cuadro 1A y las Figuras 1A y 2A, respectivamente.

C. VARIEDADES

En el estudio se emplearon los clones H 60-8521 y H 61-1721 ya que ocuparon en el año 1999, un área comercialmente importante en la Hacienda (10,0% y 57,5%, respectivamente). De acuerdo con el Censo Nacional de Variedades realizado por CHAVES *et al* (2004), en el año 2003 esas variedades representaron en el Cantón de Jiménez el 2,2% y el 19,2% del área sembrada con caña en el lugar. Su siembra es técnicamente recomendada para la región por parte de DIECA por presentar características agroindustriales favorables, razón por la cual, dichas variedades se seleccionaron sobre otros clones también cultivados en la Hacienda.

D. TRATAMIENTOS

Se estudió los contenidos de materia extraña en dos clones comerciales de caña de azúcar, para lo cual se evaluaron individualmente e interaccionaron entre sí, cuatro factores con dos niveles (4x2) cada uno, los cuales se especifican a continuación:

- A. Modalidad de Cosecha:
 - Caña Quemada
 - Caña Verde (Cruda)

- B. Tipo de Carga:
 - Carga Manual
 - Carga Mecánica

- C. Variedades:
 - H 60-8521
 - H 61-1721

- D. Forma de Muestreo:
 - Mecánico (uña de cargadora)
 - Sonda Mecánica

Las fincas experimentales cultivadas con caña de azúcar en donde se tomaron las muestras vegetales, recibieron los tratamientos de la siguiente forma: la caña de algunos lotes fue quemada y otras no, efectuando a su vez la cosecha de la materia prima en cada una de esas condiciones particulares, de acuerdo a la modalidad de carga en dos formas: la caña de algunos lotes fue cargada manualmente y otros en forma mecánica, respectivamente.

Las muestras de materia prima para realizar los análisis de laboratorio se obtuvieron a partir de la caña que ingresó al Ingenio, tomando unas con sonda y otras en forma mecánica (uña de cargadora). Esta labor se efectuó sistemáticamente por un período continuo de diez días consecutivos comprendidos entre el 17-21, 23-25, 31 de marzo y el 01 de abril de 1998, respectivamente.

Los 16 tratamientos propuestos y evaluados en el experimento se detallan y describen seguidamente en el Cuadro 1.

Cuadro 1.
Detalle de los tratamientos estudiados (16) según factores evaluados en prueba de contenidos de materia extraña. Hacienda Juan Viñas.

Nº Tratamiento	Modalidad Cosecha	Variedad	Tipo de Carga	Forma de Muestreo
1	Quemada	H 60-8521	Manual	Mecánica
2	Quemada	H 60-8521	Manual	Sonda
3	Quemada	H 60-8521	Mecánica	Mecánica
4	Quemada	H 60-8521	Mecánica	Sonda
5	Quemada	H 61-1721	Manual	Mecánica
6	Quemada	H 61-1721	Manual	Sonda
7	Quemada	H 61-1721	Mecánica	Mecánica
8	Quemada	H 61-1721	Mecánica	Sonda
9	Cruda	H 60-8521	Manual	Mecánica
10	Cruda	H 60-8521	Manual	Sonda
11	Cruda	H 60-8521	Mecánica	Mecánica
12	Cruda	H 60-8521	Mecánica	Sonda
13	Cruda	H 61-1721	Manual	Mecánica
14	Cruda	H 61-1721	Manual	Sonda
15	Cruda	H 61-1721	Mecánica	Mecánica
16	Cruda	H 61-1721	Mecánica	Sonda

E. DISEÑO EXPERIMENTAL

El experimento se dispuso y evaluó en el patio del ingenio utilizando un Diseño Experimental **Irrestricto al Azar** (DIA), con cinco repeticiones y ordenado en un **Arreglo Factorial**.

La Modalidad de Cosecha estuvo representada como se indicó, por la caña verde y la caña quemada; el Tipo de Carga por la carga manual y la carga realizada en forma mecánica; la Variedad como variable fue valorada en los clones H 60-8521 y H 61-1721, y el Tipo de Muestreo, por medio del muestreo mecánico (uña) de cargador y el realizado por medio de la sonda mecánica, respectivamente. El experimento constó de un total de 16 tratamientos ordenados de acuerdo con el arreglo factorial utilizado para ese fin.

La unidad experimental estuvo conformada a su vez por cada una de las carretas (entregas comerciales) cargadas con caña de azúcar. De cada unidad experimental (carreta) se tomaron al azar dos muestras: a) una utilizando la cargadora mecánica de uñas, que en promedio tuvo un peso de carga de la muestra de 280 kg con una variación aproximada de ± 20 kg de materia prima; la otra muestra b), se tomó haciendo uso de la sonda mecánica, cuyo peso promedio fue de 3,5 kg. Se emplearon cinco repeticiones para cada uno de los tratamientos evaluados.

H. MUESTREO

Para valorar la condición individual de los tratamientos estudiados, se realizó un muestreo aleatorio por un período consecutivo de diez días durante los meses de marzo y abril; procurando con esto, alcanzar la mayor representatividad posible del material vegetal que comercialmente ingresa al ingenio durante el período de zafra.

Se recolectaron y evaluaron un total de ochenta muestras de caña (16 tratamientos x 5 repeticiones) durante todo el experimento. En cada tratamiento se tomaron en el campo al azar cinco muestras, compuestas por aproximadamente 280 kg de caña (± 20 kg) usando la cargadora mecánica de uñas; además, se utilizó la sonda mecánica cuyo peso promedio de muestra fue de 3,5 kg de caña, esto para cada carreta a partir de donde se tomó la muestra.

I. VARIABLES EVALUADAS

Durante cada día de evaluación, se tomaron en forma consecutiva muestras de la materia prima (caña) propia de la Hacienda y que ingresó al ingenio para su procesamiento; las cuales se ubicaron en un lugar techado y sobre una lona colocada y extendida en el suelo para favorecer y facilitar la desagregación y selección de sus componentes vegetales e inorgánicos (tierra).

Para determinar el contenido de materia extraña presente en cada muestra evaluada, se procedió a limpiar la caña, separando y diferenciando de cada tallo sus componentes tipificados y calificados como basura; los cuales fueron pesados por separado (valor % absoluto) y procedió por cálculo a determinar su valor % relativo (respecto al total de basura presente) correspondientes a cada tipo (fracción) de basura.

Para la realización del estudio se contó con la participación de una cuadrilla de experimentación propia de la Hacienda, compuesta por siete personas debidamente capacitadas y adiestradas en estas materias.

Tanto a la muestra tomada siguiendo el procedimiento de la uñada de cargadora, como a la tomada con el método de la sonda mecánica; se les separó una pequeña sección para analizar por aparte en el laboratorio, y de ésta forma obtener a partir de una misma muestra, los valores correspondientes a caña limpia y caña sucia luego de realizarle los análisis químicos respectivos a la caña. De esta forma fue posible obtener a partir de una misma muestra, dos submuestras que permitieron en forma representativa, determinar las características industriales de la caña limpia y con basura.

Se siguieron para realizar la evaluación industrial de la caña, los criterios técnicos contenidos en el método convencional de análisis de la prensa hidráulica, empleado por la Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar y definido por su Reglamento (LAICA sf) para efectuar el pago de la caña al productor, con base en su calidad (concentración de sacarosa contenida y extraída del tallo), como se detalla en LAICA (1998).

Por medio de dicho método se obtienen las concentraciones porcentuales de sólidos totales (Brix), sacarosa aparente (Pol) y pureza del jugo; así como también el porcentaje de Fibra, la Sacarosa en caña y el valor de la Torta Residual. Además, permite determinar por cálculo matemático el Rendimiento Industrial o Rendimiento Teórico de azúcar blanco recuperable por tonelada métrica de caña molida (kg de azúcar/tmc).

A continuación se describe brevemente la metodología utilizada para realizar el cálculo de las variables industriales valoradas en el estudio:

G.1. CONTENIDO DE SÓLIDOS SOLUBLES (% BRUX) EN EL JUGO

Se refiere al porcentaje en peso de los sólidos disueltos en una solución. Para su determinación se empleó el refractómetro tipo ABBE MARK II, al cual se le agregó una gota de jugo y se tomó su respectiva lectura.

G.2. CONTENIDO DE SACAROSA APARENTE (% POL) EN EL JUGO

Es el contenido aparente de sacarosa de un producto expresado como porcentaje en masa. Se determinó utilizando un polarímetro modelo Bauchand Lomb Opt. Co., en un volumen aproximado de 15 ml de jugo de caña, con adición de SubAcetato seco de Plomo (Hidroxiacetato de Plomo II) por cada 100 ml de filtrado, para mejorar el clarificado del jugo.

G.3. GRADO (%) DE PUREZA DEL JUGO

Corresponde a la razón porcentual de sacarosa (o Pol) respecto al total de sólidos solubles (Brix) contenidos en un producto azucarado.

El porcentaje de pureza se obtuvo usando la fórmula:

$JP / BP \times 100$, donde:

BP = Brix existente en el jugo extraído.

JP = Pol contenido en el jugo extraído (sacarosa aparente).

G.4. CONTENIDO (%) DE FIBRA EN CAÑA

Es la razón porcentual del peso de la fibra respecto al peso total de la caña.

La fibra se determinó por medio de la siguiente fórmula:

$F (\%) C = T.R \times F.F$, donde T.R es el peso (g) de la Torta de Bagazo obtenida en la prensa a partir de una muestra de 500 gramos de caña, y F.F es el Factor de Fibra representado por un

valor de 0,10 para el Ingenio Juan Viñas, el cual constituye un factor de corrección obtenido para las condiciones particulares y específicas de ese ingenio.

G.5. CONTENIDO (%) DE SACAROSA EN CAÑA

Es la razón porcentual del contenido de sacarosa o pol de la caña, respecto al peso total de la misma.

Su determinación se realizó por cálculo directo utilizando la fórmula: $P (\%) C = JA \times JA (\%) C \times 0,10$, en donde:

JA = Pol (%) contenido en el jugo absoluto.

JA (%) C = contenido de pol (%) presente en el jugo absoluto considerando también la fibra (%) de la caña.

G.6. RENDIMIENTO INDUSTRIAL (kg de azúcar / tmc)

Es la razón del peso del azúcar empacado, respecto al peso de la caña molida en porcentaje.

Se determinó utilizando la fórmula empleada por LAICA denominada “*Rendimiento Calculado*”, descrito por: $RC = Pol (\%) Caña \times Factor \text{ de Extracción} \times Factor \text{ de Retención} \times 10 \times Factor \text{ de Conversión de Polarización}$, en donde:

$$\text{- Factor de Extracción} = \frac{100 - 45,00 \times \% \text{ Fibra}}{(100 - \% \text{ Fibra})}$$

$$\text{- Factor de Retención} = SJM \times 0,95$$

S = Pureza del azúcar comercial.

M = Pureza de la miel final.

J = Pureza del jugo extraído por medio de la prensa.

$$\text{- Factor de Conversión de Polarización} = 100 / 91,5.$$

H. CALIFICACIÓN DE LA MATERIA EXTRAÑA

Se determinó en el estudio el contenido de materia extraña identificando, separando, calificando y pesando sus diferentes componentes bajo los siguientes criterios:

HOJAS:

Para efectos metodológicos del presente estudio se consideran tanto las hojas verdes como también las secas como un único tipo de material, motivo por el cual se separaron y cuantificaron juntas. Se califica como la materia verde o la paja que ingresa al ingenio incorporada (adherida) con los tallos de la caña.

COGOLLOS:

Este componente de la materia extraña está presente en la sección del tercio superior del tallo de la caña, el cual se identifica en la práctica de campo, doblando el último tercio del tallo hasta su punto de quiebre natural. Normalmente ésta sección del tallo carece de suficiente contenido de sacarosa de interés económico en virtud de estar constituida básicamente por tejidos nuevos.

MAMONES:

Son retoños o renuevos de la cepa con una altura por lo general no mayor de un metro y, que aparecen en la plantación después de que los tallos han alcanzado su desarrollo normal. Se constituye de cañas gruesas y succulentas principalmente en su sección inferior; en la parte superior son más delgadas. Su valor comercial es poco pues su contenido de sacarosa es bajo.

CAÑA SECA PODRIDA:

Este tipo de material lo representan las cañas que han sufrido ataques principalmente de plagas, hongos y bacterias, y que presentan un aspecto seco y con algún grado de pudrición y fermentación. Han perdido la mayor parte de su jugo y en lugar de este presentan altos contenidos de fibra en los tallos. Muchas veces exhiben coloraciones rojizas, verdes o negras en sus tallos.

CAÑA NO MOLEDERA:

En el estudio se separaron las cañas que presentaban daño causado por el Taladrador del Tallo inducido por *Diatraea* spp (perforaciones en los tallos), lo que provoca posterior infección por bacterias y pérdida de buena parte de su tejido. A diferencia de la caña seca podrida, la caña no moledera no presenta un aspecto seco ni pierde la mayoría de su jugo.

También se consideró como caña no moledera aquellas cañas majadas por las llantas de las carretas o los equipos de cosecha, las cuales quedan expuestas con mayor facilidad para ser infectadas y atacadas por diferentes patógenos presentes dentro del patio del ingenio.

TIERRA:

La fracción la representa el suelo que se adhiere a la materia prima de caña, principalmente cuando las condiciones climáticas no han sido favorables durante la cosecha y hay presencia de humedad en el medio. Para su evaluación, la tierra contenida se separó de los tallos molederos y pesó aparte para estimar el efecto perjudicial que causa este tipo de material mineral, principalmente sobre la extracción de la sacarosa.

RAÍCES:

Se define como el material fibroso que se presenta en la base de la cepa y que dependiendo de la variedad de caña cosechada, también puede formar parte de los tallos (raíces aéreas o adventicias). Es un material difícil de separar de los tallos molederos, principalmente por su reducido tamaño y por sus grandes cantidades.

OTRAS MATERIAS:

Para efectos del estudio se definió como otras materias, cualquier tipo de material que ingresa al ingenio junto con la caña y que no se describió anteriormente; como ejemplo de ello se

menciona la presencia de piedras, malezas (bejucos, zacates, hojas), bolsas plásticas, caña brava, restos de cepa y gránulos de fertilizante, entre otras.

I. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis de varianza se realizó utilizando el Sistema Analítico SAS, empleado para determinar el grado de significancia estadística entre los tratamientos y para cada variable evaluada. Al valor respectivo de cada componente de materia extraña, se le aplicó la Transformación Angular expresada en radianes; donde la transformación angular es igual al Arcoseno de la Raíz Cuadrada del porcentaje, para de ésta manera obtener valores porcento que se pudieran analizar mediante la estadística convencional.

Cuando se obtuvo variaciones probabilísticamente significativas se practicaron pruebas de Rango Múltiple, así como Regresiones y Correlaciones a las variables más importantes; de manera que permitieran individualizar y describir en forma particular el tipo de variación observada. Se evaluaron para ello, diez Modelos de Regresión: Lineal, Cuadrático, Cúbico, Raíz Cuadrada, Logarítmico, Semi Logarítmico, Geométrico, Gamma, Inverso y Logístico, seleccionando el de mejor ajuste de acuerdo con el valor de su Coeficiente de Determinación (R^2) y facilidad de representación.

I. ANÁLISIS ECONÓMICO

Con el objeto de valorar y cuantificar el impacto económico que se genera con el empleo de cada uno de los tratamientos evaluados en el estudio, se determinó el valor que se deja de percibir (costo de oportunidad) y la consecuente pérdida económica ocurrida por la presencia de la materia extraña en las entregas comerciales de caña que se hacen al ingenio.

Se utilizaron para su determinación, los precios de liquidación final pagados en condición de Cuota durante la Zafra 1997-1998 para el azúcar, considerando el valor tanto agrícola como industrial (conjunto) percibido integralmente por la Hacienda Juan Viñas.

La determinación de pérdidas económicas se efectuó tomando como referencia para el cálculo, únicamente la materia prima procesada en el ingenio perteneciente a la Hacienda, que fue para esa Zafra de 117.024 toneladas métricas de caña.

Los precios pagados por el azúcar en condición de Cuota durante la Zafra 1997/1998, fueron de ¢92,76 /kg de azúcar y de ¢9,986 /kg de miel final. Tal como se indicó en la sección de metodología, en el caso del azúcar, se asumió la totalidad del ingreso, dado por el 62,5% para el productor (¢57,98) y el 37,5% para el industrial (¢34,78), para un monto total integral de ¢92,76 (100%).

La metodología de cálculo consistió en determinar la cantidad total (toneladas) de materia extraña correspondiente a cada tratamiento, en función de su contenido porcentual relativo, como se indica en el Cuadro 5A.

Con base en el total de caña procesada por el ingenio (117.024 toneladas métricas) en esa Zafra, se procedió a estimar la cantidad (toneladas) de basura contenida en ese total para cada uno de los tratamientos evaluados. A ese tonelaje generado por la materia extraña se le determinó tal como si fuera caña, el costo incurrido por concepto de corta, carga y transporte de la misma, lo cual representó el Costo Agrícola de la basura. Dichos costos utilizaron valores correspondientes a la Zafra 1999-2000.

Complementariamente se valoró el Costo Industrial, representado en este caso por el valor económico de oportunidad que dejó de percibirse por causa de procesar una materia prima sin azúcar. Para el cálculo de este valor se utilizó la diferencia de Rendimiento Industrial (kg azúcar/tmc) existente entre la caña limpia y la caña sucia con basura, indicada en el Cuadro 19A; además del valor no percibido por concepto de miel final.

Es importante hacer notar que en la valoración indicada se consideró el total de la materia extraña presente, lo cual en la realidad resulta comercialmente difícil eliminar y antieconómico ejecutar; motivo por el cual, existe una corrección conveniente realizar caso se interpreten los resultados de acuerdo a nuestra realidad comercial actual. Existen referentes internacionales que permiten el ajuste a valores comerciales.

El impacto económico provocado por la presencia de la materia extraña en las entregas comerciales de caña en la Hacienda Juan Viñas, fue determinado a través de la integración del costo agrícola incurrido por su presencia y el valor industrial no percibido.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. CONDICIONES CLIMÁTICAS

Las condiciones climatológicas prevalecientes influyen incuestionablemente de manera determinante y significativa sobre el desarrollo normal del ciclo vegetativo natural de la caña de azúcar, y principalmente, sobre los contenidos de materia extraña que acompañan a la materia prima (caña) que ingresa al ingenio para su procesamiento fabril. Esto eleva sustancialmente las pérdidas que se generan cuando la caña procesada contiene altos porcentajes de basura, lo cual se favorece en el campo cuando se realiza la cosecha en condiciones inadecuadas de corte, alce y fundamentalmente bajo la presencia de lluvia.

Diversos investigadores entre los que destacan **BORJA (1992)**, **CALDERÓN (1980)** citado por **BORJA (1992)**, **CENICAÑA (1992)**, así como **PALMA y colaboradores (1995)**, coinciden en afirmar que la calidad de la caña se afecta cuando hay aumento en el contenido de materia extraña; aseguran además, que ésta se incrementa con la presencia de altos niveles de precipitación en el momentos de la cosecha.

En la Figura 1A y el Cuadro 1A se expone la información sobre lluvias y su distribución durante el periodo de estudio (marzo-abril de 1998), donde se aprecia una tendencia generalizada hacia los días secos sin precipitación. Este comportamiento se nota durante los

diez días en que se desarrolló el estudio, donde se observa que los días 17 al 23 fueron secos (0 mm); mientras que los días 24 y 25 presentaron lluvias con 1,60 mm y 11,80 mm, respectivamente, siendo estos días únicamente donde hubo precipitación; los días número nueve y diez (31 y 1) registraron cero milímetros.

Refiriendo la información climatológica obtenida durante el periodo en que se realizó el estudio, del efecto ocasionado por la presencia de materia extraña sobre el rendimiento industrial de la caña, con la existente de años anteriores según los registros de la Hacienda, se encontró que actualmente hubo una disminución promedio en la precipitación total en el oreen de 83,40 mm.

Por tal motivo, se puede presumir que los contenidos de materia extraña presentes en las entregas comerciales de materia prima que ingresan a la fábrica, no son influencias de manera determinante por la precipitación, y en lugar de esto, la presencia de impurezas es debida a otros factores que posteriormente se analizarán.

CHAVES SOLERA (1999)¹, confirma en este sentido, la importancia que tiene realizar la cosecha de la caña bajo condiciones adecuadas de corte, alce y acarreo, lo que se da principalmente durante la época seca, para con ello aumentar la cantidad de sacarosa extraída de los tallos y la cantidad general de los jugos; la presencia de alta humedad aumenta además el contenido de materia extraña que se adhiere a la caña, lo cual afecta severamente la eficiencia del procesamiento fabril. Esta por otra parte bien determinado la grave afección que sufre la planta por el paso de maquinaria durante la cosecha.

Por otra parte, se registraron durante el periodo experimental temperaturas máximas que variaron entre 22,4 y 26,4 °C, mientras que la temperatura media tuvo un promedio de 19,9 °C y las mínimas fluctuaron entre 15,0 y 17,9 °C, respectivamente (Cuadro 1A), lo cual es bastante aceptable para el proceso de inducción de madurez, como lo indicara **CHAVES SOLERA (1982)**.

Observando la diferencia existente entre las temperaturas máximas y mínimas durante el periodo de realización del estudio (Figura 2), se nota como disminuyó el ámbito de variación entre ambas temperaturas de acuerdo con el historial que posee la hacienda, alcanzando valores de 11,0 °C con un promedio de 8,8 °C. Si se comparan la época de ejecución del estudio respecto a otros años, tomando en cuenta la influencia que pudo ejercer el “*Fenómeno del Niño*” elevando las temperaturas en los cañales, principalmente la mínima, se nota como disminuye el margen de diferencia entre ambas temperaturas, lo cual según **CHAVES (1982)**, **ROJAS y ELDIN (1983)**, **AGUILAR (1982)**, **CHAVES Y AGUILAR (1991)**, no favorece la acumulación de sacarosa en los tallos, ya que no se inhibe el proceso de crecimiento de la planta de caña y por tanto, no se obtienen los rendimientos de sacarosa esperados.

Hay sin embargo que reconocer, que la duración de ese comportamiento fue corto, lo que sugiere efectos pocos significativos que más bien pudieron verse poco atenuados por el período seco prevaleciente.

B. COMPONENTES DE LA MATERIA EXTRAÑA

BORJA (1992) encontró en estudios realizados en Colombia, que las hojas y la tierra son los componentes que ingresan en mayor proporción a la fábrica, durante la época seca como en la lluviosa; estos resultados difieren con los obtenidos en el estudio efectuado en Hacienda Juan Viñas. Ya que, de acuerdo con la Figura 3A, el mayor contenido de basura en las entregas comerciales de caña determinadas en el estudio, está representado y corresponde a la caña no moledera, con un valor promedio de 3,28%, seguido por la caña seca podrida (1,52%), hojas (1,46%), cogollos (0,67%) y en menor grado mamones, raíces, tierra y otras materias.

Coincidiendo con ese mismo investigador, al señalar que los componentes menos frecuentes de materia extraña encontrados en sus estudios, son los clasificados como otras materias (malezas y piedras), como se aprecia en la Figura 1A. Al traducir y considera el total de basura como un 100% (Cuadro 4A), esos mismos componentes adquieren una representación relativa del 36,22%, 18,85%, 19,34% y 12,70%, respectivamente.

Los Cuadros 2A y 3A presentan en valores reales y referidos a porcentaje para efectos de comparación, los contenidos fraccionales verificados en las evaluaciones realizadas, lo que destaca el peso relativo de cada componente calificado como Materia Extraña.

ANGULO Y CHAVES (1999) encontraron en un estudio efectuado en el Ingenio Taboga en la localidad de Cañas, Guanacaste, que las hojas + cogollo fue el componente de materia extraña de mayor presencia en las entregas de caña (7,9%), seguido por la caña seca (1,76%), tierra (0,46%) y raíces + cepa (0,13%), lo cual es coincidente con el presente estudio principalmente por el alto contenido de caña no moledera que se presentó.

El hecho de que la caña no moledera signifique el mayor porcentaje de basura entre los diferentes componentes de materia extraña evaluados, se atribuye al manejo deficiente de la caña durante su cosecha; como por ejemplo con el método de cosecha empleado.

CLARKE (1985) señala al respecto, que la cosecha mecánica de los tallos tiende a golpear y dañar el tallo más que la manual, incrementando con ello la contaminación cuando la cosecha mecánica es introducida en el sistema productivo. Sin embargo, la corta manual por su parte, es asociada con una lenta entrega y largo tiempo de corta y molienda, factores que también incrementan la producción de microorganismos que infectan las cañas que luego serán transportadas al ingenio.

CHAVES Y AGUILAR (1991) señalan y recomiendan, que la caña no debe quedar cortada en el campo por periodos de tiempo superiores a veinticuatro horas y máximo treinta y seis horas, ya que si superan ese tiempo, pierde peso y su calidad industrial se deteriora al aumentar los azúcares reductores y disminuir el contenido real de azúcar. Estas labores pueden mejorarse significativamente si se implementan manejos adecuados desde el momento en que se corta la caña hasta que se efectúa su molienda, programando la duración de la cosecha y la capacidad disponible de transporte.

Es fundamental por tanto mejorar el alce y el transporte de la materia prima, lo cual permite disminuir el tiempo de permanencia de la misma en el campo, y con ello su deterioro, como lo verifica **VILLALOBOS (1997)** en ese mismo lugar.

C. CONTENIDOS DE MATERIA EXTRAÑA

El contenido de materia extraña que acompaña a los tallos molederos e industrializables de caña a su ingreso a la fábrica, representa actualmente una seria preocupación, ya que afecta significativamente la calidad general de la materia prima, lo cual disminuye el rendimiento industrial (kg/azúcar/tmc) y con ello el azúcar potencialmente recuperable; a la vez que eleva los costos de corta, alce y transporte de materia prima al ingenio, induciendo con ello pérdidas económicas elevadas.

El contenido de materia extraña mostró valores muy variables de acuerdo con las particularidades de cada tratamiento evaluado, evidenciándose con esto el efecto que induce cada uno de ellos sobre el porcentaje de materia extraña presente en la materia prima, siendo el promedio general de la zona de 9,77%, con valores mínimos de 4,50% y máximos de 23,30% para una diferencia entre ambos de 18,80% (Cuadro 5A). Resulta importante recordar que toda la caña valorada en el estudio es propiedad de Hacienda Juan Viñas.

Comparando el valor promedio de materia extraña obtenida en la Hacienda Juan Viñas (9,77%) con el perteneciente a otras zonas del país se verifica, (DIECA 1997) que en la localidad de San Ramón de Alajuela se identificó el menor contenido de basura con un promedio para la zona de 3,4% seguido por Juan Viñas 9,77%, Guanacaste (Ingenio Taboga) con 10,30% y para la Zona Sur (Ingenio El General), con el mayor contenido de basura con 12,28%).

Debe mencionarse el hecho de que los valores de materia extraña obtenidos en la evaluación por DIECA, toman en cuenta tanto la caña propia de los ingenios de cada lugar, como también la entregada por los productores independientes, lo que introduce mayor variabilidad aunque también, mayor representatividad.

C.1 MODALIDAD DE COSECHA

Los resultados experimentales obtenidos en el estudio y valorados estadísticamente en el ANDEVA (Cuadros 8A y 9A), correspondiente a las diferentes fracciones de materia extraña, indican que existen diferencias estadísticas significativas (1%) en la modalidad de cosecha (caña quemada y cruda) para las hojas y cogollos; así como la interacción modalidad y forma de muestreo, esto para las hojas. Por su parte, la caña seca podrida, la caña no moledera y las raíces, presentaron diferencias estadísticas al nivel del 5%, como también la interacción modalidad y tipo de carga, para la caña seca podrida.

De acuerdo con los resultados expuestos en la Figura 4A, la caña verde mostró en promedio, contenidos de materia extraña muy superiores en relación con la caña quemada en la mayoría de los tratamientos, alcanzando al final un promedio de 11,81%, en tanto que en la caña quemada fue de 7,43%. El Tratamiento No. 12 de caña sin quemar de Variedad H60-8521, carga mecánica y muestreo con sonda, presentó en promedio el contenido más alto de materia extraña (23,30%), lo cual ratifica los resultados obtenidos por diversos investigadores CENICAÑA (1995); DIECA (1997); RODRÍGUEZ (1983); ROZEFF (1995a) y SUBIRÓS (1995), en cuanto a que la caña verde cargada mecánicamente, introduce el mayor porcentaje de basura a la fábrica.

ROZEFF (1995b), señala que cuando la caña se corta cruda la cantidad de paja que se produce depende del grado de despunte y de la efectividad limpiadora del equipo de cosecha en las condiciones de Texas, donde los residuos de caña quemada están en el orden de un 4 a 8%, y el corte crudo puede duplicar esta cifra.

Para **CENICAÑA (1995)** la tecnología de cosechar la caña en verde implica la presencia de grandes cantidades de materia extraña, especialmente si las variedades que se utilizan no son buenas despajadoras, lo que traduce en pérdidas de azúcar.

Por su parte el Tratamiento No. 12 de caña quemada, Variedad H 60-8521, carga manual y muestreo con sonda, es el que mejor calidad de materia prima exhibe al introducir menos basura a la fábrica (4,50%), logrando con esto siempre y cuando las condiciones ambientales sean adecuadas y permitan su ingreso, favorecer una mayor extracción y fabricación de azúcar, con lo cual se puede evaluar la eficiencia industrial del proceso fabril.

El objetivo de la quema es por regla general eliminar la mayor cantidad posible de materia extraña y facilitar la corta, tanto manual como mecánica. Las investigaciones realizadas por **RUÍZ (1981)** citado por **VILLALOBOS (1997)**, demuestran que la quema durante la cosecha elimina gran parte de las hojas y basuras que serían eventualmente enviadas al ingenio junto con los tallos molederos, favoreciendo así el proceso industrial al introducir menos basura.

Para **ROZEFF (1995b)**, programar una quema es una operación que requiere cuidado y conocimiento. Se debe planificar, disponer además el equipo indicado de encendido, las condiciones climáticas apropiadas, y la cantidad de malezas presentes dentro del campo.

En la Hacienda Juan Viñas se acostumbra por lo general, realizar la práctica de la quema apropiadamente doce horas antes de cortas la caña, preferiblemente en horas de la tarde.

De acuerdo con **SUBIRÓS (1995)**, la quema es una labor de mucho cuidado que debe estar en manos de personas muy capaces y responsables. Es necesario realizar algunas labores previas, tales como hacer las rondas y eliminar el material seco alrededor de la sección que se va a quemar. Conviene siempre contar con una “*tanqueta*” con agua para ir apagando las llamas de los bordes, una vez que el fuego se ha establecido y se ha eliminado el material seco.

La quema del cañal debe iniciarse en el lugar opuesto a la dirección del viento, realizando el encendido por puntos de caña 8 ó 10 metros de largo y avanzando en forma lenta. Luego cuando el fuego del lado opuesto del viento ha ingresado lo suficiente, se hace lo mismo por los bordes y por último en el lado donde se tiene el viento a favor.

La condición ideal para hacer la quema es cuando el viento se encuentra calmado, para que esta sea lenta. Se acostumbra realizarla en las primeras horas de la noche.

El tiempo transcurrido entre la quema y el ingreso del personal de corta manual, debe ser lo suficientemente amplio para que este pueda laborar sin dificultada por las brasas, pero sólo el

necesario para evitar que la caña se deteriore. Si la cosecha se va a realizar en forma mecánica, la quema del cañal puede hacerse poco tiempo antes del ingreso de las cosechadoras.

Sin embargo, la quema de la caña induce efectos negativos sobre la materia prima como son la pérdida de peso por evaporación del agua; así como una reducción en el contenido de azúcar por inversión de la sacarosa en glucosa y fructuosa. Ambos efectos se inician desde el momento mismo en que la caña es quemada, y aumenta progresivamente a medida que transcurre el tiempo de acuerdo con la variedad cultivada, el clima prevaleciente y el tratamiento que reciba la caña (**CHAVES 1984**).

C.2 VARIEDAD CULTIVADA

Como se aprecia en el Cuadro 9A, solamente la interacción de variedades y tipo de carga, en las hojas presentó diferencias estadísticas significativas (1%). Siendo las interacciones modalidad de cosecha y variedades en las hojas y otras materias y variedades y tipo de carga en las raíces, las que presentaron diferencias estadísticas al nivel del 5%.

La caña completa en su estado natural contiene de un 30 a un 45% de materia extraña que no conviene al proceso de fabricación (**RODRÍGUEZ 1983**). Esta materia extraña está relacionada directamente con la variedad, unas tienen follaje más denso que otras y éste se desprende con mayor o menor facilidad.

ROZEFF (1995) indica, que aunque la mayoría de las variedades de caña se deshojan continuamente después de la décima hoja, aquellas que son malas despajadoras retienen las vainas aun cuando las láminas fenecen. Estas variedades no queman bien y producen caña sucia. En este sentido la variedad H 61-1721 es la que mayor porcentaje de materia extraña introdujo (Figura 5A), presentando al final del estudio un promedio de 10,41%. La variedad H 60-8521 presentó por su parte un promedio menor con respecto al anterior (8,82%).

Estos resultados demuestran que la variedad H 61-1721 posee menos despaje natural y por lo tanto es más difícil de limpiar en el campo, al atribuírsele una mayor presencia de hojas, cogollo y caña seca podrida.

Lo anterior se confirma al conocer las características que tipifican a las variedades evaluadas:

- ❖ La H 61-1721 presenta entrenudos de buen tamaño, la vaina se desprende fácilmente cuando ha adquirido su estado de madurez, posee tallos largos, ligeramente retorcidos, buen cierre, despaje y rebrotamiento bueno. Es tolerable al herbicida Diurón, presenta crecimiento continuo y con tendencia a la floración.
- ❖ La H 60-8521 tiene por su parte un excelente despaje, cierre regular, rebrotamiento bueno, con susceptibilidad al Diurón. Crecimiento continuo (24 meses), entrenudos largos, la vaina se desprende fácil y tempranamente, tallos largos y ligeramente retorcidos (**SALAZAR 1999**).

Es importante resaltar que el Tratamiento No. 2 caña quemada, variedad H 60-8521, carga manual, muestreo con sonda; fue el que menor cantidad de materia extraña presentó (4,50%), contrario al Tratamiento No. 12 que fue el que mayor cantidad obtuvo (23,30%), siendo ambos de la misma variedad (H 60-8521), como se aprecia en la Figura 5A. Por lo que se infiere que este factor no es el que influye de forma más determinante sobre el contenido de basura que acompaña a las entregas comerciales de materia prima.

D. TIPO DE CARGA

De acuerdo con el análisis estadístico (Cuadro 9A) solamente las hojas presentaron diferencias estadísticas 1%. También hubo diferencia estadística significativa (5%) para las raíces y otras materias; así como para las interacciones tipo de carga y modalidad de cosecha en la caña seca podrida, y la interacción con las variedades y las raíces.

El tipo de carga (manual o mecánica) utilizada durante la cosecha de la caña es muy importante, ya que dependiendo del tipo que se emplee, así será la introducción de basura a la fábrica.

DOMÍNGUEZ Y CARDENAS (1981) señalan al respecto, que la utilización del alce manual permite entregar a la fábrica una materia prima de muy buena calidad, esto porque el porcentaje de materia extraña es relativamente bajo; por el contrario, con la carga mecánica esta materia extraña aumenta, ya que la máquina no discrimina entre materia prima y materia extraña.

BORJA (1992) por su parte indica, que cuando el operador de la máquina no es cuidadoso, se pueden recolectar e introducir a la fábrica cantidades apreciables de tierra, arena y piedras. Para **FORS (1983)**, con esta modalidad de cosecha se produce una mayor entrada de residuos vegetales y trozos de caña completamente descompuestos; además de tierra adherida.

Lo anterior se confirma en el estudio, ya que como se nota en la Figura 6A, la carga manual presentó valores inferiores de materia extraña con respecto a la caña que se cargó mecánicamente, obteniendo al final del estudio un promedio de 7,78% contra 11,45% de la carga mecánica, presentándose una diferencia entre ambos del 3,67%.

MONTEIRO y Colaboradores (1982) encontraron, que con el uso de la carga manual se obtuvieron contenidos de 0,405% de materia extraña, mientras que el caso de la carga mecánica el valor fue de 2,023% sobre el peso total de la muestra de caña cargada que llega a la fábrica.

Según la Figura 6, el Tratamiento No. 12 presentó el mayor contenido de materia extraña (23,30%), siendo el Tratamiento No.2 de carga manual el que menor cantidad introdujo (4,5%).

E. FORMA DE MUESTREO

Se presentan diferencias estadísticas al nivel del 1% de probabilidad en este factor para las hojas, cogollos, mamones, caña no moledera y raíces; también para la interacción de este factor con la modalidad de cosecha y el tipo de carga en las hojas al 5% solamente la caña seca podrida presentó diferencias estadísticas significativas.

El contenido de materia extraña mostró valores muy variables de acuerdo con las particularidades de cada tratamiento evaluado por el estudio, evidenciándose con esto el efecto que induce cada uno de ellos, principalmente la forma de muestreo (mecánica y sonda) sobre el porcentaje de materia extraña presente en la materia prima.

Sobresale los resultados, el alto contenido de materia extraña que presentan los tratamientos en los cuales se determinó la basura mediante el uso de sonda mecánica (Figura 7A), cuyo valor promedio fue del 11,12%. Los tratamientos en que se determinó por medio del muestreo mecánico (uñada), presentan un valor promedio de materia extraña de 8,11%, existiendo por tanto una diferencia (3,01%) importante entre ambas formas de muestreo.

Los resultados anteriores demuestran una mayor sensibilidad y efectividad con el uso de la sonda mecánica, en la determinación del contenido de materia extraña que ingresa con las entregas comerciales de caña a la fábrica, ya que se obtiene en promedio más basura con el empleo de ese método que es además el que se aplica actualmente de acuerdo con la reglamentación vigente en Costa Rica en esta materia.

Los resultados obtenidos por **RODRÍGUEZ (1983)** demuestran que los productores de caña son lo más afectados económicamente por tonelada de caña entregada, al perder cinco libras por cada por ciento de materia extraña que acompaña sus entregas.

A pesar de esta situación, algunos productores piensan que hacen un buen negocio al introducir más materia extraña con su caña pues inducen un mayor tonelaje, lo que no es cierto pues no toman en cuenta el costo que implica la cosecha, el alce y el transporte de la basura al ingenio; además de la afección sobre los jugos. Los ingenios también se afectan significativamente con el ingreso de la materia extraña a la fábrica, ya que la pagan como materia prima azucarada, aumentando con ello sus costos de operación, dejando de producir azúcar ya que la expectativa en ese sentido no se cumple.

Se concluye por tanto, que con la introducción de basura a la fábrica ambos participantes (productor – ingenio) y en consecuencia el país, se afectan, pues se fabrica menos cantidad de azúcar y encarecen los costos.

Con el objetivo de minimizar los efectos negativos provocados por la presencia de los altos contenidos de materia extraña, y fijar criterios de control de calidad para la materia prima de caña, **BORJA (1992)** propuso el uso de una fórmula de cálculo en la cual se determina el límite máximo de tolerancia de impurezas, la cual se define en forma general como sigue: $IP = \bar{x} + t \cdot s / \sqrt{n}$ donde: la Impureza Permisible (IP) es igual al promedio general de materia extraña (\bar{x}), más el producto de la relación del tabular calculado (“t” de students con n-1 grados de libertad y un nivel de seguridad del 95%), multiplicado por la desviación estándar (s), la cual se divide a su vez entre la raíz cuadrada del número de observaciones (n) consideradas, la interacción que sobre el índice de Impureza Permisible (IP) se realice; no se debe desconocer que la valoración ocurre sobre una realidad dada (alta o baja basura), lo cual de ninguna forma proporciona un valor ideal.

El valor de Impureza Permisible (IP) en Hacienda Juan Viñas, calculado a partir de los datos experimentales determinados por el estudio, demuestran que el valor de materia extraña no debe en teoría sobrepasar en esa condición el 9,66%, la cual proporciona una idea de los controles y límites que deben establecerse cuando ingresa al ingenio caña con niveles de impurezas superiores al valor de tolerancia determinado por ese índice.

En el presente estudio se encontró un porcentaje real de impurezas de 9,77%, que si lo comparamos contra el porcentaje de impurezas permisible calculado (9,66%), se nota como a este ingenio ingresa un contenido de materia extraña considerado alto, generado a partir de su caña propia, sin estimar el resto de entregas comerciales de caña que se hacen al ingenio por parte de los productores independientes, lo que ocasiona pérdidas significativas en el procesamiento general de la fábrica.

También se destaca y concluye de la información suministrada por la Hacienda respecto a los datos de basura de la caña obtenidos en la Zafra 1992-1993, que existió en ese momento un 13% de basura en las entregas comerciales, lo cual verifica que con el transcurso de los años se ha realizado un importante esfuerzo que ha permitido disminuir el ingreso de materia extraña a la fábrica, ya que pasó del 13% al 9,77% en la actualidad (3,23% menos).

Debe sin embargo tenerse prudencia en estas interpretaciones, de asegurarse que las valoraciones se realicen en la misma época, pues esta suficientemente demostrada la alta variabilidad que ese factor introduce. Igual recomendación es valedera para el clima, aunque en este caso sus efectos son incontrolables.

D. EFECTO SOBRE LAS VARIABLES INDUSTRIALES

En el Anexo (Cuadros 10A al 21A y Figuras 8A a 18A), se exponen los resultados promedio obtenidos en el laboratorio para las diferentes variables industriales evaluadas en el estudio para cada tratamiento, así como el análisis de significancia estadística (Cuadros 22A y 23 A). Los Cuadros 6A y 7A presentan los promedios de las variables industriales de los tratamientos al ser evaluados Con y Sin Basura.

D.1 BRIX (%)

Del análisis estadístico expuesto en el Cuadro 22A, correspondiente a la lectura de sólidos solubles totales contenidos en el jugo, se verifica que existe diferencia estadística significativa al 1% en la caña limpia para la modalidad de cosecha (caña quemada y cruda) y la forma de muestreo (mecánica y sonda); así como también, para las interacciones modalidad de cosecha y tipo de carga, y modalidad, variedades y tipo de carga. En el caso de la caña sucia, la diferencia estadística (5%) la presentaron: la forma de muestreo, las interacciones modalidad de cosecha y tipo de carga, y tipo de carga y forma de muestreo. Siendo del 1% para la interacción modalidad de cosecha, variedades y tipo de carga.

Es importante recordar que la caña limpia corresponde metodológicamente a aquella caña que al ingresar al ingenio y una vez tomada la muestra, se colocó en una lona y se limpió manualmente por medio de una cuadrilla de experimentación. Estos procedieron a separar y diferenciar de cada tallo sus componentes tipificados como basura: hojas, tierra, cogollos, raíces, piedras, caña seca, y caña podrida, entre otros; dejando limpio el tallo movable e industrializable.

Por su parte, la caña sucia está representada por aquella caña tomada directamente de las carretas que ingresaron al ingenio para su procesamiento, sin que se le hiciera ningún tipo de limpieza. Como se observa en la Figura 8A, la caña limpia mantiene valores promedio de Brix (%) superiores respecto a la sucia, obteniendo el mayor Brix la limpia y cruda con un promedio de 20,05%. Seguido de la caña quemada limpia (19,08%); la caña sucia y quemada presenta por su parte el menor Brix con un valor promedio de 18,36%.

Esta disminución en el % de Brix en la caña sucia es debido según **GONZÁLEZ y GARCÍA (1997) y ARTAVIA (1982)**, a que la materia extraña principalmente la seca está compuesta básicamente de fibra y muy pocos sólidos solubles; además de los sólidos insolubles que también ocasionan trastornos en los cálculos de Brix y como consecuencia en la eficiencia de la fábrica. Encontraron además diferencias de hasta 3,21% entre la caña limpia y la sucia.

Se indica que la quema de la caña ocasiona disminuciones en el Brix debido a la presencia de un proceso fisiológico de ósmosis normal de la planta, al sufrir esta un cambio de su estado natural, lo cual provoca una disolución de los sólidos totales a una concentración más baja (**CENICAÑA 1995**).

Sin embargo, los valores promedio de Brix para los factores evaluados en el estudio (Cuadro 18A): modalidad de cosecha, variedad, tipo de carga y forma de muestreo fueron aceptables, ya que se ubicaron entre 18 y 22% en todos los tratamientos, y que como señala **PALACIO (1986)**, el Brix en condiciones normales varía entre 18 y 22% siendo valores aceptables o buenos los de 19%.

El Tratamiento No. 12 (Figura 8A) correspondiente a la caña cruda, carga mecánica y muestreo con sonda, es el tratamiento que muestra el menor valor promedio de Brix, siendo para la caña limpia de 16,825 y para la sucia de 15,86%.

El porcentaje más alto lo presentó contrariamente el Tratamiento No. 9 (caña cruda, carga manual y muestreo mecánico) con un valor de 22,0% para la caña limpia y 21,18% para la caña sucia; valores bastante superiores respecto a los anteriores y con una diferencia entre el promedio más basura que influye directamente sobre los porcentajes de Brix.

D.2 POL (%) CAÑA

Del análisis estadístico expuesto en el Cuadro 23A, correspondiente a la concentración de sacarosa contenida en la caña, se verifica que existe diferencia significativa al (1%) en la caña sucia para algunos tratamientos, representados por la interacción entre el tipo de carga y la

forma de muestreo; además de la interacción de factores entre la modalidad de cosecha, la variedad evaluada y el tipo de carga. También hubo significancia estadística (5%) para la caña sucia cuando se evaluaron individualmente el tipo de carga y la forma de realizar el muestreo.

Para la caña limpia la diferencia estadística (5%) corresponde a la interacción entre modalidad de cosecha y tipo de carga; además de la interacción entre variedad y tipo de carga y, entre variedad y forma de muestreo. Se presentaron además, diferencias estadísticas altamente significativas (1%) para el tipo de carga y la forma de muestreo la materia prima; como también para la interacción entre la modalidad de cosecha, la variedad y el tipo de carga utilizada.

La tendencia general verificada por esta importante variable industrial durante el periodo evaluado, fue la disminución en el contenido de sacarosa observado para la caña sucia, independientemente de su modalidad de cosecha, presentando diferencias de hasta 5,84% con respecto a la caña limpia, lo cual es desde cualquier perspectiva muy significativo. Como lo indican **SALAS Y NÚÑEZ (1992)**, por cada unidad de incremento en el contenido de materia extraña, se produce una disminución de 0,249 en el Pol % caña.

Es importante agregar que esta disminución obedece según **RODRÍGUEZ (1983)**, a que al ser molida y procesada la materia extraña conjuntamente con la caña, esta resulta embebida del jugo extraído, reteniendo al final la misma cantidad de el bagazo de la caña, motivo por el cual presenta pérdida de sacarosa de hasta un 2,12%.

Diversos investigadores, entre ellos **LARRAHONDO y DOMÍNGUEZ (1988)** y **CENICAÑA (1995)**, coinciden en asegurar que se observan disminuciones en los contenidos de sacarosa en la caña cuando esta se quema, debido al deterioro que esta sufre, presentando pérdidas diarias de hasta un 2,7% en su concentración de sacarosa.

Dicho efecto fue también corroborado en la presente investigación, de manera que la modalidad de cosecha de la materia prima (Figura 9A), indica que la caña quemada disminuyó sus contenidos de sacarosa (%) caña, tanto para la caña sucia como también para la limpia, obteniéndose valores promedio de 13,03% para caña limpia y 12,05% para la sucia, lo que marcó una diferencia promedio de 0,98%.

Para la caña cruda el contenido de sacarosa fue similar a la caña quemada, alcanzando valores de 13,46% y 12,15% para la caña limpia y sucia, respectivamente (Cuadro 18A), y una diferencia entre ambos de 1,31%, lo que es en términos productivos y económicos muy importante y significativo.

Asimismo, el Tratamiento No. 12 (Figura 9A) correspondiente a la caña cruda, variedad H60-8521, carga mecánica y muestreo en sonda, es el tratamiento que presentó el menor valor promedio de sacarosa en la caña (10,49) y 9,50%, respectivamente para la caña limpia y la sucia). Según **SUBIRÓS (1995)**, al no reducir con la cosecha de la caña cruda al máximo el follaje verde, disminuye considerablemente la extracción de sacarosa en la fábrica.

Los valores anteriores coinciden con el tratamiento que presentó la mayor cantidad de materia extraña 23,30% (Figura 4A), el cual es bastante alto, máxime si se considera que incrementos del 10% en el contenido de materia extraña causan descensos del orden de 1,7 y 1,4 unidades de sacarosa (%) caña, para algunas variedades como CP 57-603 y POJ 2878 cortadas mecánica o manualmente, tal como lo indicaran **LARRAHONDO y DOMÍNGUEZ (1998)**.

De acuerdo con los resultados obtenidos, es evidente que la tecnología de cosecha de la planta con basura perjudica el contenido de sacarosa en caña, comparada con la que se cosecha limpia, al presentar la caña sucia valores menores de 13% (Cuadro 11A) y que según **PALACIO (1986)**, valores de 13% son buenos y aquellos inferiores al 12% son muy bajos.

El Ingenio Central Castilla de Colombia por su parte analizó el contenido de materia extraña y su impacto sobre la recuperación y las pérdidas de sacarosa ocurridas después del corte y la molienda; obteniéndose una relación lineal entre la extracción del jugo normal de la caña sucia y limpia, y el porcentaje de materia extraña, el cual fue altamente significativo ($r^2 = 0,83$).

Esto indica que un incremento de materia extraña en la caña comercial, como consecuencia de la cosecha o la presencia de condiciones inadecuadas de corte y alce, inducen descensos en los porcentajes de extracción de los jugos primarios, verificándose que por cada unidad porcentual de materia extraña presente, ocurre una pérdida de sacarosa en caña del 1% en relación con la caña limpia (**CENICAÑA 1996**).

D.3 PUREZA (%) DEL JUGO

De acuerdo con el análisis estadístico (Cuadro 22A), tan solo el tipo de carga (manual y mecánico), marco significancia estadística al nivel del 5% de probabilidad para la caña sucia. Se encontró asimismo, efectos significativos (5%) para variedad y el tipo de carga (1%) en la caña limpia. Por su parte, las interacciones entre factores para ésta variable no evidenciaron la presencia de diferencias estadísticas significativas.

La Figura 10A describe el comportamiento de los tratamientos en todos sus componentes, evidenciándose una disminución de la pureza en la caña sucia respecto a la limpia. La reducción observada cuando esta se procesó cruda fue superior respecto a la caña quemada. **SALAS Y NÚÑEZ (1992)** indican que la pureza disminuye significativamente con el incremento de la materia extraña; encontrando disminuciones de 80,2% a 76,6% cuando la basura aumentó de 3% a 17%.

La pureza mostró sin embargo en el estudio, valores promedios muy semejantes entre las cañas limpias en ambas modalidades de cosecha (Cuadro 18A), siendo ligeramente mayor para la caña quemada respecto a la cruda, con promedios de 84,74% y 83,92%, respectivamente. Como se nota en la Figura 10A, el Tratamiento que alcanzó la mayor pureza (88,98%) fue el No. 6, correspondiente a la caña quemada – limpia.

Seguidamente se encuentra el No. 5 con un contenido promedio de 87,23% para la caña limpia y 85,98% para la caña sucia. El porcentaje más bajo lo presentó contrariamente la caña cruda

sucia del Tratamiento No. 16 (76,72%), seguido por el No. 12 con un promedio de 78,09%, tanto para la caña limpia como para la sucia.

Estos valores son bastante inferiores respecto a los anteriores y que coinciden a su vez, con los menores valores de sacarosa en la caña (Figura 9A) y con los mayores valores de materia extraña verificados, puesto que estas variables están estrechamente vinculadas.

Al existir materia extraña en la fase de extracción del azúcar, esta adiciona al jugo una proporción variable de sólidos solubles como: no azúcares, agua, microorganismos, etc., que reducen su pureza; en consecuencia, ocurre una disminución en la cantidad de azúcar recuperable en el ingenio y problemas con la calidad general del azúcar, como lo expresaran **VALDÉZ y Compañeros (1989)** y **RODRÍGUEZ (1983)**.

En un estudio de laboratorio realizado por **BARRETO (1991)** en Guanacaste, demostró que los cogollos por consistir netamente de hojas verdes y no contener nada de sacarosa, hacen que la pureza disminuya; igual acontece con la introducción de hojas secas, mamones y suelo, concluyendo que por cada 1% de basura se pierde 1,0 kg de azúcar.

Por otro lado, **LARRAHONDO y DOMÍNGUEZ (1988)** y **VARELA (1992)** indican que por cada incremento del 10% en el contenido de materia extraña, ocurre una disminución de la extracción del 3,7%, con descensos de 0,9% en la sacarosa del jugo normal y de 2,8% en la pureza del mismo jugo.

D.4 FIBRA (%) CAÑA

Estadísticamente esta variable alcanzó diferencias significativas en varios tratamientos, como ocurrió con la modalidad de cosecha y con la forma de muestreo (1%) para la caña sucia. Asimismo, hubo significancia estadística en el contenido de fibra (%) para las interacciones entre el tipo de carga y la forma de muestreo (1%) y, también para la interacción modalidad x variedad y tipo de carga (5%), como lo evidencia el Cuadro 23A.

Por su parte, la caña limpia presentó diferencias estadísticas significativas (1%) para el tipo de carga y la forma de muestreo; así como al 5% para la modalidad de cosecha y la variedad. También ocurrió para la interacción modalidad de cosecha, variedad de caña y tipo de carga.

Contrariamente a lo observado en el caso del pol, la tendencia verificada en esta variable fue de aumento en el contenido de fibra para la caña sucia (Figura 11A), presentando diferencias de hasta 1,45% con respecto a la cosecha limpia, como se nota en el Cuadro 18A. Este comportamiento ya había sido corroborado anteriormente por **SALAS Y CHAVES (1993)**, en un estudio realizado en la Región de San Carlos, cuando al evaluar siete variedades de caña de uso comercial, determinaron importantes diferencias en las entregas de materia prima en relación con la presencia de basura. En este caso, la fibra mostró una diferencia de 1,2% entre caña limpia y sucia.

La caña verde por su parte, y debido a que la cosecha en crudo implica la introducción de importantes cantidades de basura (principalmente hojas), presentó promedios de fibra mayores

(Figura 11A) respecto a la caña quemada, alcanzando valores en promedio de 15,58% para la caña limpia y 17,03% para la sucia. La quema de la caña elimina o al menos reduce de manera significativa muchos de los componentes de la materia extraña, principalmente las hojas secas que pueden incinerarse con mayor facilidad.

Como se nota en la Figura 11A, la caña cruda mostró contenidos elevados de materia extraña, siendo el Tratamiento No. 12 el de mayor valor (23,30%). **LARRAHONDO y DOMÍNGUEZ (1988)** y **CENICAÑA (1995)** encontraron en estudios de laboratorio realizados en Colombia, en los cuales adicionaron fracciones es de materia extraña formadas por hojas (20% a 40%), cogollos (45% a 50%), suelo (10% a 15%) y mamones (5%), que la presencia de un 1% de materia extraña (en peso) ocasionó descensos entre 0,13% y 0,17% en el pol y aumentos entre 0,2% y 0,3% en la fibra (% caña).

LEGENDRE (1990) por su parte, indica que una materia prima que posea un 10% de materia extraña compuesta por 60% de cogollo y 40% de hojas secas, ocasiona un incremento de fibra del 1,8%.

La mayor cantidad promedio de fibra (18,93%) se produjo en la caña quemada sucia (Figura 11A), seguida por la caña cruda sucia (18,70%); correspondiendo esta última al tratamiento que mayor cantidad de materia extraña presentó (Figura 13A), valores bastante altos y de acuerdo a lo que señalara **PALACIO (1986)**, contenidos superiores al 15% empiezan a considerarse altos.

De igual forma, fueron los tratamientos muestreados con sonda los que mostraron mayores contenidos de fibra (Figura 12A), comparados con los realizados con el método mecánico; ya que este método como se indicara anteriormente, es más sensible y determina con mayor eficiencia los contenidos de materia extraña.

Por su parte, el Tratamiento No. 1 correspondiente al la caña quemada, limpia y con muestreo mecánico, mostró el menor valor de fibra (13,69%). Esto porque la caña quemada es por lo general más limpia que la caña cruda, puesto que la quema de la caña elimina y reduce en gran parte la cantidad de hojas; el muestreo mecánico determina a su vez con menor eficiencia el contenido de materia extraña presente.

La quema constituye una práctica casi generalizada que conduce a eliminar parcialmente la materia vegetal de poco interés para el proceso industrial, motivo por el cual es de esperar menores contenidos de fibra (industrial) cuando la caña se quema eficientemente. Sin embargo asegura **CHAVES SOLERA (1999)**, que la eficiencia de la quema en una plantación de caña es variable y dependiente en un alto grado de factores del entorno, como; humedad ambiental, grado de rocío, presencia de viento, hora del día, humedad de la planta, grado natural de despaje de la planta, época del año, pendiente del terreno, deposición y presencia de material vegetal en la base de las plantas, entre otros.

BARRETO (1991) señala que en estudios realizados en el Ingenio Taboga en Guanacaste, utilizando caña limpia y aplicando adiciones de cinco tipos de basura: hojas verdes, hojas secas,

cogollos, mamones y dos tipos de suelo (Vertisol – Inceptisol), que la hojas principalmente seca, aumentó el contenido de fibra de manera sorprendente al punto de incrementar hasta 10 unidades con un 20% de estas hojas.

Hay que tomar en cuenta como lo señalara CHAVES (1996) citado por VILLALOBOS (1997), que al hablar de fibra en caña deben considerarse en su interpretación la fibra genética, que constituye un componente estructural natural y específico de la variedad cultivada, y por tanto muy poco variable; así como también la fibra industrial, la cual esta conformada por la presencia de otros materiales vegetales adicionales (materia extraña) y también de carácter inorgánico (piedras, etc.), que van contenidos en una entrega comercial de caña y que por su naturaleza es factible eliminar o reducir mediante la adopción de medidas específicas de limpieza en las fases de cosecha y procesamiento de la materia prima en el ingenio.

D.5 CONTENIO DE TORTA RESIDUAL (g)

En relación con esta variable, se encontró que la interacción entre modalidad de cosecha, variedad sembrada y tipo de carga, hubo diferencias estadísticas significativas al (5%) tanto en la caña limpia como en la sucia, como lo indica el Cuadro 23A. Así como también, la interacción tipo de carga y forma de muestreo al 1% para la caña sucia.

Además cuando se evaluaron individualmente los tratamientos, se identificaron diferencias estadísticas significativas, excepto para la variedad en la caña sucia.

El peso de la Torta Residual mostró valores promedios más altos en la caña cruda respecto a la quemada (Cuadro 14A); la cual fue a su vez mayor para la caña sucia respecto de la limpia, presentando una diferencia de 13,83 g entre ambas. Para CENICAÑA (1995) esto resulta lógico, puesto que la tecnología de cosecha de caña cruda (verde) implica la presencia de grandes cantidades de materia extraña, especialmente si no se utilizan variedades aptas y si estas no se orientan a producir más azúcar que toneladas de caña.

La Figura 12A muestra que el Tratamiento No.4 donde se alcanzó el mayor peso de torta fue en el correspondiente a la caña quemada, clon H 60-8521, carga mecánica, muestreo con sonda y sucia, llegando a alcanzar al final del estudio un promedio de 190,12 g. Seguidamente se encuentra el Tratamiento No. 12 de caña cruda, clon H 60-8521, carga manual, muestreada con sonda, con un peso promedio de 184,98 g.

El peso más bajo lo alcanzó el Tratamiento No.1 de la caña quemada y limpia (136,88 g), seguido por el Tratamiento No 2 (caña quemada limpia) con un peso de 142,70 g. En promedio, la diferencia entre el peso mayor y el menor fue de 53,84 g, lo cual es bastante significativo. La utilización del muestreo con Sonda parece ser el factor más determinante en esta variable, al verificar un mayor contenido de torta (g) con su empleo.

La Figura 13A muestra que los Tratamientos No. 4 y No. 12 presentaron los valores de materia extraña promedio más altos, lo que fue coincidente con los mayores pesos de torta para la modalidad de cosecha, con promedios de 157,14 g y 170,18 g para la caña limpia y la sucia,

respectivamente. Estos tratamientos presentan diferencias de 9,02 g y 11,05 g con respecto a la caña muestreada mecánicamente, concordando también con los mayores valores de fibra, puesto que estas variables están directamente relacionadas.

Para **LARRAHONDO y DOMÍNGUEZ (1988)**, con la introducción de materia extraña a la fábrica podrían darse incrementos significativos en el peso de la torta y por ende, en el contenido de fibra, induciendo a su vez un aumento del bagazo y disminuyendo con ello la extracción de sacarosa (Pol %).

D.6 RENDIMIENTO INDUSTRIAL (kg/tmc)

La información recabada por la presente investigación, demostró la presencia de diferencias estadísticas al nivel de 1% de probabilidad en la caña limpia, así como para el tipo de carga y la forma de realizar el muestreo; como también para la interacción modalidad de cosecha, variedades y tipo de carga (Cuadro 22A).

Por su parte, la caña sucia presentó diferencias estadísticas (1%) solamente para la interacción tipo de carga que forma de muestreo; siendo al 5% para el tipo de carga y la forma de muestreo, así como para su interacción.

De acuerdo con los resultados expuestos en el Cuadro 19A, la caña sucia mostró en promedio valores de rendimiento industrial muy inferiores en relación con la caña limpia, alcanzando al final del estudio 12,06 kg (12,16%) menos de azúcar por tonelada de caña procesada, lo cual es muy significativo desde las perspectivas técnica y económica.

Por su parte, **CENICAÑA (1992)** en estudios realizados en Colombia con caña sucia y alce mecanizado, cuyos contenidos promedio de materia extraña fueron de 10,9%, fraccionados entre hojas (7,5%), cepas, raíces y tierra (2,2%), cogollos y mamones (1%) y tallos secos (0,2%); encontró que la caña limpia alcanzó un promedio en el rendimiento industrial de 12,87% y 11,70% con caña sucia, marcando una diferencia de 1,17%.

En lo que respecta a las modalidades de cosecha, la Figura 16A muestra un comportamiento de rendimiento muy similar entre la caña quemada y la cruda; siendo la caña cruda y limpia la que presentó una mayor concentración de azúcar teóricamente recuperable en la fábrica (112,48 kg), seguida de la quemada y limpia (109,99 kg), la caña cruda y sucia fue inferior, marcando en promedio al final del estudio una diferencia de 13,66 kg de azúcar /t.

Siendo objetivos y con fundamento en esos resultados, es evidente que bajo las condiciones en que se desarrolló el experimento, la práctica de quemar la caña para su cosecha no parece ser perjudicial para el rendimiento industrial; sino que más bien, el perjuicio lo generaría por el contrario, el procesar la caña sucia.

Se comenta en **CENICAÑA (1995)**, que en el Ingenio Providencia de Colombia se observó que el promedio del rendimiento corregido para la materia extraña, de un lote cosechado en estado

crudo fue entre 0,5 y 1,0 punto mayor que el alcanzando en la caña que había sido quemada. Esto sugiere que el aumento en rendimiento lo indujo la caña fresca.

El contenido de materia extraña cumple un papel importante sobre el rendimiento industrial, teniendo en el presente caso un efecto determinante sobre ésta variable. Como se aprecia en la Figura 17A, la tendencia verificada fue una disminución de los kilogramos de azúcar conforme se incrementaba el porcentaje de materia extraña.

El Tratamiento No. 12 (caña verde, H 60-8521, cargada mecánicamente y muestreada con sonda) fue el que presentó el menor rendimiento industrial (74,40 kg) y también el mayor contenido de materia extraña (23,30%). A su vez, como lo muestra la Figura 17A, fue el más bajo cuando se muestreó con sonda, en comparación con el que se muestreó mecánicamente.

Seguidamente se ubica el Tratamiento No. 16, el cual presentó una diferencia al final del estudio de 40,09 kg (49,87%) con respecto al tratamiento que mayor rendimiento industrial mostró, y que lo representó el Tratamiento No. 15 (caña verde, H 61-1721, con carga mecánica y muestreo mecánico).

Diversos investigadores entre ellos **MORENO (1993)**, **VARELA (1992)**, **CENICAÑA (1995)** y **YATES (1996)**, coinciden en asegurar que por cada 1% de incremento en el porcentaje de impurezas (materia extraña), se encuentra asociada una disminución entre 0,133 y 0,25 unidades de rendimiento industrial.

Asimismo, **LARRAHONDO y DOMÍNGUEZ (1988)** verificaron en un experimento empleando las variedades CP 57-603 y POJ 2878 a nivel de laboratorio, que con la introducción de un 10% en el contenido de materia extraña (hojas, cogollo, suelo), podrían ocurrir descensos de 1,3 a 1,5 unidades en el azúcar recuperable.

Investigaciones realizadas en el Ingenio Taboga de Guanacaste, demostraron que las hojas verdes y los cogollos ocasionan una disminución cercana a 1 kg de sacarosa por cada 1% de materia extraña. También se analizó la adición de dos tipos de suelo (Inceptisol y Vertisol), material que comúnmente se traslada a la fábrica, sobre todo cuando el suelo está húmedo y el alce es mecánico. El suelo de orden Inceptisol produjo en este caso reducciones de sacarosa cercanas a los 2,0 kg y el Vertisol de 1,0 kg por cada 1% de materia extraña (**SUBIRÓS 1995**).

Referencialmente del Cuadro 24A al 31A se exponen los resultados de los índices de Correlación (r) y Regresión (R^2) obtenidos, así como la ecuación de la curva de ajuste lineal entre el Rendimiento Industrial respecto al contenido de materia extraña (%) para la caña sucia y limpia (con y sin basura), según tratamiento y variable (variedad, forma de carga y muestreo).

E. CONSECUENCIAS ECONÓMICAS

Al valorar el efecto que la presencia de basura tiene sobre el valor de las entregas comerciales de materia prima al ingenio, se encontró como era de esperar, una disminución variable según fuera su contenido, en el grado de rentabilidad final que el productor percibe.

La valoración del impacto provocado por la presencia de Materia Extraña en los 16 Tratamientos evaluados, se fundamenta en la estimación inicial del Costo generado por cada una de las modalidades de cosecha estudiadas (Cuadro 32A); lo cual fue complementada posteriormente con el Ingreso Percibido por los mismos (Cuadro 33A). Ambos componentes fueron cotejados identificando donde se alcanzó la mayor Utilidad y Rentabilidad expresada por una pérdida por reducción del Rendimiento Industrial y recursos económicos no percibidos, como se resume y anota en el Cuadro 34A. Las estimaciones fueron realizadas para toda la caña propiedad de la Hacienda.

E.1 COSTOS

Un detalle de los resultados alcanzados en materia de Costos vinculados (Cuadro 32A) revela que fue el Tratamiento N° 12 correspondiente a Cosecha en Crudo de la Variedad H 60-8521, con recolección Mecánica y Muestreo con Sonda, el que verifico el valor total más alto (¢59.987.400,00), seguido por los Tratamientos N° 15 y N° 14, respectivamente.

La Corta sin quemar pareciera ser el factor que más interviene sobre el costo al elevar los valores de Corta, Carga y Transporte de la materia prima, la cual en el caso de la Materia Extraña no contiene azúcar extraíble, por lo que representa un costo neto. Es por tanto notoria la reducción que induce la Quema de la plantación para su cosecha sobre el contenido y cantidad de basura adherida y acompañante de las entregas de caña al ingenio.

E.2 INGRESOS

Por el contrario, en lo concerniente a Ingresos generados el mejor Tratamiento fue el N° 9 (H 60-8521 cortada Cruda, con Carga Manual y Muestreo Mecánico), modalidad que aportó un Ingreso total de ¢280.529.946,00 por concepto de azúcar y melaza. Le siguieron los Tratamientos N° 8 y N° 13, respectivamente.

E.3 PÉRDIDA TOTAL

Este indicador se determinó comparando tratamientos a partir de los cuales se estimó por diferencia el monto no percibido por causa de la presencia de basura en las entregas. De acuerdo con ese criterio, fue el Tratamiento N° 16 (H 61-1721 cortada Cruda, con Carga Mecánica y Muestreo con Sonda) el que más pérdida indujo al generar un monto de ¢301.729.211, seguido por los Tratamientos N° 9 (¢295.487.746), N° 8 (¢279.449.790) y N° 13 (¢268.473.428), respectivamente.

En sentido inverso, el Tratamiento N° 15 (H 61-1721, corte en crudo, carga mecánica y muestreo mecánico), fue el tratamiento que menos impacto negativo evidenció, con una pérdida de apenas ¢82.055.683,00, lo que representa un -72,80% respecto al Tratamiento N° 16 (más alto), lo que fue equivalente a un significativo -¢219.673.528,00.

No queda por tanto duda que realizar acciones preventivas y administrativas orientadas a reducir al máximo la presencia de basura en las entregas comerciales de caña al Ingenio, redundan en un muy significativo beneficio económico, que justifica plenamente su implementación.

CONCLUSIONES

Con fundamento en las observaciones y resultados obtenidos en la presente investigación se concluye lo siguiente:

1. Durante el periodo de estudio predominaron los días secos de baja humedad, lo que posiblemente influyó en la reducción de los contenidos de materia extraña presentes en las entregas comerciales de caña al ingenio para su procesamiento fabril.
2. Hubo diferencia estadística (5%) entre quemar y no quemar la caña durante la cosecha, referida a los componentes de la materia extraña: hojas y cogollos, y del 1% de probabilidad para la caña seca podrida, la caña no moledera y la fracción de raíces. Se infiere que para fines comerciales resulta más beneficioso quemar, que cosechar la plantación en verde.
3. El tipo de carga utilizada (manual – mecánica), indujo diferencias con carácter estadístico (1%) en los contenidos de hojas presentes y del 5% para la tierra. Por su parte, la forma de muestreo (mecánico-sonda), fue el factor que marcó importantes estadísticas en casi todos los componentes (1%) evaluados: hojas, cogollos, mamones y caña no moledera; así como la caña seca podrida pero al nivel del 5%.
4. La caña no moledera fue la fracción de la materia extraña que en mayor grado se observó, con un promedio de 36,22%, al considerar el total de basura como un 100%; siendo a su vez los mamones, las raíces y la tierra las que en menor cantidad se presentaron.
5. Los contenidos de materia extraña mostraron valores muy variables de acuerdo con las particularidades propias de cada tratamiento evaluado, obteniéndose de acuerdo con los resultados un promedio general de 9,77% para la zona de Juan Viñas.
6. La caña no quemada (cruda) mostró contenidos muy superiores de materia extraña en relación con la caña que fue quemada, presentando comparativamente entre ambos un promedio de 11,81% y 7,43%, respectivamente.
7. La variedad H 60-1721 presentó un mayor porcentaje de basura, mostrando al final del estudio un promedio de 10,41%. La H60-8521 presentó por su parte, una cantidad inferior (8,82%), lo que ratifica su condición de excelente despajadora.

8. El cargar la caña de azúcar manualmente introduce una menor cantidad de materia extraña a la fábrica (7,45%). En el caso de la caña cargada mecánicamente sus contenidos aumentaron significativamente, obteniendo al final un promedio de 11,45% para esa modalidad.
9. La materia prima que fue muestreada con Sonda Mecánica mostró contenidos de materia extraña superiores (11,12%), respecto a los que se muestrearon mecánicamente (uña de cargadora) (8,11%), existiendo una diferencia de 3,01% entre ambas formas de muestreo.
10. El anterior resultado demuestra una mayor sensibilidad y eficiencia con el uso de la Sonda Mecánica, al determinar una mayor cantidad de basura presente en las entregas comerciales de caña.
11. Hubo diferencias con significancia estadística (1%), entre quemar y no quemar la caña durante la cosecha para las variables: brix, fibra y peso de torta, en el caso de la caña limpia; mientras que en la caña sucia solamente la fibra mostró diferencia. Además del 5% de probabilidad para el pol y la fibra en la caña limpia.
12. Solamente la caña limpia sufrió modificaciones (5%), al valorar estadísticamente el efecto de las variedades utilizada respecto a las variables: pol, pureza, fibra y peso de torta.
13. La materia prima que fue cargada manualmente o en su caso cargada mecánicamente, afectó algunas variables con significancia estadística, tal como aconteció con el brix, el pol, la fibra, el peso de torta y el rendimiento industrial al nivel del 5% en la caña limpia; y con alta probabilidad estadística (1%) en el caso de la pureza, la fibra, el peso de torta y el rendimiento industrial en la caña sucia.
14. Al valorar el efecto inducido por el empleo de la sonda mecánica o la cargadora mecánica (uña) en el muestreo de la caña; se determinó en la caña limpia diferencias estadísticas (5%) en el brix, el pol, la fibra, el peso de la torta y el rendimiento industrial. En la caña sucia el efecto fue del 1% para: el brix, el pol, la pureza y el rendimiento teórico; así como también, del 5% en el caso de la fibra y el peso de la torta. Los efectos son muy reveladores para esa variable.
15. La interacción entre modalidad de cosecha (cruda, quemada), variedades (H 60-8521, H 61-1721) y tipo de carga (manual, mecánica), mostró significancia estadística (5%), tanto en la caña limpia como en la sucia para el caso del brix y el pol; y con alta probabilidad estadística (1%) en el caso de la fibra, peso de la torta y el rendimiento industrial.
16. Durante el periodo de estudio, la caña limpia en relación con la cruda sin quemar verificó en promedio mayores contenidos de brix, pol, pureza y rendimiento industrial;

en tanto que la caña sucia, mostró contenidos superiores de fibra y peso de torta por ingreso de más materia extraña.

17. El tratamiento de no quemar la materia prima para su cosecha, alcanzó los mayores contenidos de sólidos totales (brix), pol en caña, fibra, peso de torta y rendimiento industrial (kg azúcar/tmc). La práctica de cosechar la caña quemada, provocó a su vez, que la pureza del jugo fuera superior respecto a la caña cruda sin quemar, lo cual acontece muchas veces por la presencia de azúcares reductores y no propiamente a la de sacarosa.
18. El hecho de muestrear la caña con sonda mecánica, provocó que la materia prima obtuviera los valores más bajos en el brix, el pol y la pureza; así como los mayores promedios en los contenidos de fibra y peso de la torta residual. Por su parte, la caña muestreada mecánicamente (uña de cargadora) obtuvo la mayor recuperación de azúcar en la fábrica, mostrando una diferencia de 8,98 kg/tmc respecto a la muestreada con sonda mecánica.
19. La Sonda Mecánica es en definitiva un método de valoración más sensible y efectivo para determinar los contenidos de Materia Extraña presentes en las entregas comerciales de materia prima al Ingenio; a partir de lo cual, por lo general sus valoraciones son mayores respecto a otros procedimientos.
20. La caña sucia fue la que menor recuperación de azúcar (eficiencia fabril) mostró en la fábrica, evidenciándose una reducción de 12,06 kg/tm en relación con la caña limpia, lo cual es desde cualquier perspectiva muy significativo y empresarialmente antieconómico.
21. La mayor pérdida económica total durante la Zafra 1999-2000 para Hacienda Juan Viñas (¢301.729.211,00), expresada en azúcar no recuperada en el Ingenio por presencia de Materia Extraña, la presentó el Tratamiento N° 16 (H 61-1721 cortada cruda, cargada mecánicamente y muestreada con Sonda); le siguió el Tratamiento N° 9 (H 60-8521, cruda, carga manual y muestreada mecánicamente). Por el contrario, el Tratamiento N° 15 (H 61-1721, cruda, carga mecánica y muestreo mecánico), fue el que menos impacto negativo mostró, con apenas una pérdida de ¢82.055.683,00, lo que representa un -72,80% equivalente a un significativo -¢219.673.528,00.

RECOMENDACIONES

Con base en la experiencia obtenida durante la realización del presente estudio, se recomienda lo siguiente:

1. Las investigaciones que se realicen en el futuro relacionadas con el contenido de materia extraña presente en las entregas comerciales de caña de azúcar en la zona de Juan Viñas, deberá dirigirse a valorar también otras variedades de uso comercial

potencial, con el objeto de determinar sus propiedades al respecto y determinar la existencia de posibles diferencias entre las mismas.

2. Se estima necesario y pertinente investigar el tema en otras épocas del año, como por ejemplo, durante la época lluviosa, debido a que la presencia de materia extraña genera importantes pérdidas económicas a la agroindustria azucarera; siendo además muy influenciada por las condiciones ambientales prevalecientes, lo cual permitiría determinar cuando se presentan las mayores pérdidas y poder adoptar las medidas que conduzcan a su mitigación y hasta eliminación.
3. Es importante incorporar en futuras investigaciones sobre esta materia, la determinación del porcentaje de bagazo, la calidad del azúcar extraído y el uso de madurantes como posibles factores de influencia sobre los resultados.
4. Resulta conveniente enfatizar al momento de evaluar y seleccionar las variedades promisorias de caña, no sólo su potencial en la producción agroindustrial, sino también, incorporar otras variables que tienen incidencia significativa sobre algunos indicadores como los estudiados en la presente investigación.
5. Se sugiere definir y establecer medidas efectivas de carácter administrativo, destinadas a que no se produzcan pérdidas económicas significativas por causa de la introducción de materia extraña al ingenio. Esto es viable lograrlo programando las cosechas adecuadamente, utilizando la cantidad de mano de obra necesaria, verificando la eficiencia en la quema y empleando el uso de la maquinaria adecuada, entre otros factores. Es fundamental incorporar el concepto de Auditorías de Cosecha como criterio de optimización operativa en esta materia.
6. Cada uno de los factores estudiados deben considerarse y valorarse en su conjunto, y no individualmente, durante la determinación de contenidos y calidades de materia extraña, pues en la cosecha de la caña los mismos operan integralmente.
7. Considerando que se alcanzó una mayor sensibilidad y eficiencia con el uso de la sonda mecánica, en la determinación del contenido de materia extraña que ingresa a la fábrica, se estima viable y por tanto recomendable su empleo.
8. Deben buscarse mecanismos, instrumentos o metodologías administrativas y operativas que permitan articular y resolver satisfactoriamente la disyuntiva quema – materia extraña, favoreciendo la reducción de la primera sin provocar impacto económico a la empresa. El componente ambiental resulta estratégico.
9. Se estima conveniente y necesario promover una política general de incentivos al productor, dirigida a disminuir la cantidad de materia extraña presente en las entregas comerciales de caña de azúcar a la fábrica.

10. La magnitud y significancia de las pérdidas económicas generadas por la presencia de Materia Extraña en las entregas comerciales de materia prima al Ingenio, justifican cualquier inversión orientada a procurar reducirlas.

RESUMEN

En la Hacienda Juan Viñas S.A., ubicada en el cantón de Jiménez, provincia de Cartago, a una altitud promedio de 1.165 msnm, se realizó un experimento de campo y laboratorio, donde se evaluó el contenido de materia extraña presente en las entregas comerciales de caña de azúcar al ingenio para la fabricación de azúcar. Para ello se estudiaron sus componentes básicos: hojas verdes y secas, mamonos, raíces, caña seca y podrida, malezas, tierra, etc. Complementariamente, se evaluaron los efectos inducidos sobre las variables determinantes de calidad industrial de la materia prima, inducidas por la cosecha ejecutada con las modalidades de cortar la caña verde (cruda sin quemar) y quemada; así como también el efecto provocado al cargarla en forma manual o mecánica, utilizar dos variedades comerciales diferentes (H 60-8521 y H 61-1721) y obtener las muestras para análisis químico mediante el uso de la sonda mecánica, o en su caso, mecánicamente mediante uñada de cargadora. Los tratamientos fueron evaluados durante un periodo continuo de 10 días, comprendidos entre el 17-21, 23-25, 31 de marzo y el 01 de abril de 1998.

El experimento se dispuso y realizó en el patio del Ingenio Juan Viñas utilizando un Diseño Experimental Irrestricto al Azar (DIA), con cinco repeticiones y ordenado en un Arreglo Factorial. El material vegetal para análisis procedió de dos muestras tomadas de cada carreta cargada con caña: utilizando la cargadora mecánica de uñas (280 kg) y la otra haciendo uso de la sonda mecánica (3,5 kg). Para evaluar los contenidos de materia extraña presentes se procedió a separar y diferenciar a partir de cada tallo, cada uno de los componentes (fracciones) tipificadas como basura. Para valorar el efecto de los tratamientos sobre la calidad industrial de los jugos, se determinó mediante análisis químicos convencionales, tanto en la caña limpia (sin basura) como en la sucia (con basura), la concentración (%) de sólidos totales (brix), el pol (%) en caña, la pureza (%) del jugo, el contenido de fibra (%) caña y el peso de torta (kg); complementariamente se calculó el rendimiento industrial dado en kilogramos de azúcar por tonelada métrica de caña procesada.

Durante el periodo de ejecución del experimento predominaron los días secos, sin precipitación, con temperaturas medias de 19,9 °C, lo que pudo incidir y disminuir los contenidos de materia extraña en las entregas comerciales de caña de azúcar.

El mayor contenido de basura determinado, correspondió a la fracción de caña no moledera (36,22%), seguida por la caña seca podrida (18,85%); alcanzando un promedio general para la zona de 9,77% de materia extraña.

La cosecha de caña verde sin quemar implicó introducir al ingenio una mayor cantidad de materia extraña (11,81%), respecto a la cosechada quemada (7,43%). Por su parte, la variedad H 61-1721 es la que mayor porcentaje introdujo (10,41%); mientras que la H 60-8521 presentó

en promedio un 8,82%. De igual forma, la carga mecánica presentó valores superiores (11,45%) de basura, contra 7,7% de la carga manual. El muestreo con sonda mecánica determinó mayores contenidos de materia extraña, obteniendo un promedio de 11,12%, respecto a los tratamientos que se determinaron con el muestreo mecánico (8,11%).

La caña sucia fue la que mostró el menor contenido de azúcar recuperable en la fábrica, obtener 12,06 kg/tmc menos durante el periodo de estudio, respecto a la caña que se procesó limpia. La tendencia verificada fue la de una disminución de los kilogramos de azúcar fabricados conforme se incrementaba el porcentaje de materia extraña. La cosecha de la caña sin quemar, cargada mecánicamente y muestreada con sonda resultaron ser los factores que en mayor grado determinaron el incremento del contenido de fibra y, por ende, expresado en un menor contenido de azúcar.

Económicamente fue el Tratamiento N° 16 (H 61-1721 cortada Cruda, con Carga Mecánica y Muestreo con Sonda) el que más pérdida indujo al generar un monto de ¢301.729.211, seguido por el Tratamiento N° 9 (¢295.487.746). Por su parte, el Tratamiento N° 15 (H 61-1721, cruda, carga mecánica y muestreo mecánico), fue el que menos impacto negativo mostró, con una pérdida de apenas ¢82.055.683,00, lo que representa un -72,80% equivalente a un significativo -¢219.673.528,00.

LITERATURA CITADA

- ANGULO, A.; CHAVES, M.A. 1999. Contenido de materia extraña en la caña de azúcar cosechada bajo la modalidad de corta manual y mecánica en el Ingenio Palmar de Puntarenas. *En*: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales (11: 1999: San José, C.R.). Memoria: Manejo de cultivos. San José, C.R., UNED, Colegio de Ingenieros Agrónomos. V.2. p: 346.
- ARTAVIA, L.F. 1982. Efecto económico de la materia extraña o trash en la industria azucarera. *En*: Seminario de Tecnología Moderna de la Caña de Azúcar, 2, San José, Costa Rica, 1982. Memorias p: 41-45.
- BARRETO, L. 1991. Efecto de varios porcentajes y tipos de “trash” en el rendimiento de azúcar. *International Sugar Journal* 93(1113): 191-194.
- BORJA T., I. 1992. Metodología para la evaluación de la materia extraña en la cosecha de la caña de azúcar *Saccharum* sp. Tesis Ing. Agr. Palmira, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias. 101 p.
- BOUZA, F.L.; GUEVARA, M.M.; MARTINEZ, B.M. 1988. La caña de azúcar *Saccharum* sp. Tesis Ing. Agr. Palmira, Universidad Nacional de Aspectos a considerar en la valoración económica de las materias extrañas en los complejos agroindustriales azucareros. *Centro Azúcar* 15(1): 22-26.

- CALDERON, H. 1980. Informe sobre materia extraña en época de invierno y verano. Ingenio del Cauca, Colombia.
- CARDENAS, G.A. 1985. La cosecha de la caña de azúcar. Cali, Colombia, TECNICAÑA. p: 361-371.
- CASANOVA, E. 1996. Análisis para la evaluación de la calidad de la caña. *En:* Seminario sobre Cosecha de Caña Verde y Calidad de Caña, Cali, Colombia, 26 jul.-1 ago., 1996. ASOCAÑA-SENA-CENICAÑA. p: 67-81.
- CENICAÑA. 1992. Informe Anual 1991. Cali, Colombia, CENICAÑA. p: 34-49
- CENICAÑA. 1995. El Cultivo de la Caña en la Zona Azucarera de Colombia. Cassalet, C.; Torres, J; eds. Cali, Colombia. 412 p.
- CENICAÑA. 1996. Informe CENICAÑA 1995. Carrillo, V. ed. Cali, Colombia. 108 p.
- CHAVES SOLERA, M.A. 1982. La Maduración, su Control y la Cosecha de la Caña de La Caña de Azúcar. *En:* Seminario de Tecnología Moderna de la Caña de Azúcar, 2, San José, Costa Rica, 1982. Memorias. San José, CAFESA. p: 28-40.
- CHAVES SOLERA, M.A. 1984. La calidad de la materia prima como factor determinante de los rendimientos agroindustriales. *El Agricultor Costarricense* 40 (3-4): 62-66.
- CHAVES SOLERA, M.A.; AGUILAR QUIRÓS, F. 1991. Caña de Azúcar *Saccharum* spp. Gramineae. Comisión Nacional de Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria CONITTA, MAG, UNED. San José, Costa Rica. Serie IITA N°4. 33 p.
- CHAVES, M.A.; ALFARO, R. 1996. La quema de la caña de azúcar en Costa Rica. *En:* Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales (10:8-12 Julio, 1996. San José). Memoria: Agronomía y Recursos Naturales. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos. 312 p.
- CHAVES, M.A.; JARAMILLO GALLEGOS, C. 1999. Situación Actual de la Agroindustria Azucarera Costarricense. San José, Costa Rica, LAICA, mayo. 43 p.
- CHAVES SOLERA, M.; RODRIGUEZ R., M.; ALFARO P., R; VILLALOBOS M., C; ANGULO, M., A.; BARRANTES M., J.C.; CALDERÓN A., G.; RODRIGUEZ F., J.M. 2004. Censo de Variedades de Caña de Azúcar Sembradas en Costa Rica. Año 2003. San José, Costa Rica, LAICA-DIECA, Setiembre. 126 p.
- DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR (DIECA). 1997. Determinación de materia extraña en entregas comerciales de caña en las Regiones de Guanacaste, San Ramón y Pérez Zeledón. San José, Costa Rica, DIECA. 15 p.

- DOMINGUEZ, S.P.; CARDENAS, G.A. 1981. La cosecha de la caña de azúcar. Medellín, Colombia, Instituto Colombiano Agropecuario-ICA. p: 275-285.
- FORS, A.L. 1983. La calidad de la caña de azúcar que entra en la fábrica con relación a la cosecha mecanizada. La materia extraña. Sugar Journal 3 (1): 11-13.
- FORS, A.L.; ARIAS, R. 1997. Los distintos componentes de la materia extraña: como afectan el trabajo de los ingenios. Sugar Journal 60 (7): 25-31
- GONZALEZ, E.V.; GARCIA, N.J. 1997. Influencia de las materias extrañas de la caña en el recobrado. ATAC 36 (1): 11-21.
- LAICA.1998. Ley Orgánica de la Agricultura e Industria de la Caña de Azúcar No. 7818 22 de Setiembre de 1998. San José, Costa Rica, LAICA. 117 p.
- LAICA. 2005. Informe Estadístico Zafra 2003-2004. San José, Costa Rica. LAICA.
- LAICA. sf. Decreto No 28665-MAG Reglamento Ejecutivo de la Ley Orgánica de la Agricultura e Industria de la Caña de Azúcar N° 7818 de 2 de Setiembre de 1998. San José, Costa Rica, LAICA. 140 p.
- LARRAHONDO, J.E. 1983. El deterioro de la caña de azúcar después del corte bajo los sistemas de cosecha mecánica y manual. *En*: Seminario sobre Cosecha Mecanizada de la Caña de Azúcar, 1983. Cali, Colombia, TECNICAÑA. p: 77-85.
- LARRAHONDO, J.E.; DOMINGUEZ, S.P. 1988. Factores que afectan la calidad de la caña después del corte. Cali, Colombia, CENICAÑA. 22 p. (Documento de Trabajo N° 174).
- LEGENDRE, B.L. 1990. Mejorando la recuperación de azúcar: un caso de estudio para aumentar la calidad de la caña de azúcar. *En*: VII Reunión Anual SATCA. Memoria. Argentina. p: 25-45.
- LUNA, C.A.; LUNA, G.C.; Palma, A.E. 1991. Materia extraña llegada con la caña al patio de la fábrica: su cuantificación y medición, del costo asociado. Cali, Colombia, CENICAÑA. 11p. (Documento de Trabajo N° 248).
- MONTEIRO, H.; PESE, C.A.; BASSINELLO, J.L.; RIPOLI, T.C. 1982. Materia estranha: custos e técnicas de sua diminuição na colheita. Alcool & Açúcar 2 (6): 20-22,24-26.
- MORENO, M.C. 1993. Análisis del comportamiento de la materia extraña en el Ingenio Risaralda: 1984-1991. Informe Anual 1992. Cali, Colombia, CENICAÑA. p: 67-70.

- OLIVEIRA, C.G.; VILELA, V.; TORRES, J.S. 1987. Avaliação do efeito das chuvas no aumento dos teores de materia estranha e sua consequencia na qualidade da cana e no rendimento industrial. Usina Seresta Safra 86/87. En: Congreso Nacional da STAB, 4, e Convenção da ATALAC, 7, Olinda, Brasil, 8-13 Nov., 1987. Anais. S.1, Sociedade dos Tecnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil. p: 519-524.
- OVIEDO ALFARO, M. 2002. Determinación de la Cantidad y la Calidad de la Materia Extraña Presente en las Entregas Comerciales de Caña de Azúcar (*Saccharum spp*) en el Ingenio La Argentina, Grecia, Costa Rica. Tesis Ing. Agr, Sede Regional de San Carlos, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Agronomía. 119 p.
- OVIEDO, M; CHAVES, M. 2003. Determinación de la Cantidad y Calidad de la Materia Extraña Presente en las Entregas Comerciales de Caña de Azúcar (*Saccharum spp*) En el Ingenio La Argentina, Grecia, Costa Rica. En: Congreso ATACORI, 15, Guanacaste, Costa Rica, 3, 4 y 5 de Setiembre del 2003. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI). p: 183-189.
- PALACIO, E. 1986. Factores que inciden en la fabricación del azúcar. En: Curso dictado. El cultivo de la caña de azúcar, Cali, Colombia, 1986. Memorias. Cali, TECNICAÑA. p: 403-417.
- PALMA, A.E.; GOMEZ, J.F.; PIZA, L.F.; LUNA, C.A. 1995. Método de muestreo para estimar el porcentaje de materia extraña que llega a los patios-fábrica en el Ingenio Manuelita. Cali, Colombia, CENICAÑA. 11 p. (Documento de Trabajo N° 321).
- PRICE, R.A. 1987. Evaluación de la caña en Queensland, pasado presente y futuro. En: Simposio Latinoamericano y del Caribe sobre Sistema de Pago de la caña de azúcar celebrado en São Paulo. Brasil. p: 54-55.
- RIGGIONI, J.G. 1988. Análisis del deterioro de la caña de azúcar en el Valle Central en función del estado de cosecha. En: Congreso DIECA (N° 1, 1987, Grecia). Resúmenes. San José, Costa Rica. Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar. p: 50-56.
- RODRIGUEZ, M.M. 1983. Cañas atrasadas y materia extraña en sus efectos en la extracción del Tandem. Guatemala, ATAGUA. p: 27-34. (Boletín ATAGUA N° 6).
- ROZEFF, N. 1995a. Biomasa y quema de la caña de azúcar. International Sugar Journal 197 (1156): 184-187.
- ROZEFF, N. 1995b. Basura: maldición o bendición. The Sugar Journal 58 (3): 9.
- SALAS S, L.; CHAVES S., M.A. 1993. Determinación del efecto de la Materia Extraña sobre la calidad industrial de la caña de azúcar, en Quebrada Azul de San Carlos, Costa Rica. En: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 9, San José, Costa Rica.

- Rica, 1993. Resúmenes. San José. Colegio de Ingenieros Agrónomos, Octubre. 1993. Volumen II.
- SALAS S., L.A.; NUÑES C, D. 1992. Influencia de varios tipos de materia extraña durante la molienda y el proceso. San José, Costa Rica, Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar. 10 p.
- SUBIRÓS R., F. 1995. El Cultivo de la Caña de Azúcar. San José, Costa Rica, Universidad Estatal a Distancia. p: 305-327.
- VALDÉS B, E.; BURGOS G., W.; CRESPO Z., L.; GONZÁLEZ P.,N.; BLANCO G., J. 1988. La eliminación deficiente de cogollos y sus efectos en el proceso azucarero. Centro Azúcar 15(2): 27-30.
- VALDÉS B, E.; BURGOS G.,W.; SALERMO E., R.; RIVERO P,J. 1989. Las materias extrañas y el contenido de proteínas y polisacáridos en jugos de caña. Centro Azúcar 16 (3): 80-84.
- VARELA, L.C. 1992. Fábrica de azúcar y materia prima: reducción de los costos en el proceso integrado. *En*: Reunión Técnica Bases para la Reducción de Costos en la Cosecha y Transporte de la Caña de Azúcar, Tucumán, Argentina. 1992. p: 85-95. (Miscelánea N° 95).
- VILLALOBOS O., M. 1997. Valoración del deterioro de la caña de azúcar (*Saccharum* spp) a través el tiempo, en cuatro modalidades de cosecha en Hacienda Juan Viñas S.A., Costa Rica. Tesis Ing. Agr. Turrialba, Sede Regional del Atlántico, Universidad de Costa Rica. Facultad de Agronomía. 95 p.
- YATES, R.A. 1996. Factors that affect the quality of sugarcane. Part II-Factors within the control of management. Sugar Cane (3): 3-12.

ANEXOS

Cuadro 1A.
Comportamiento de la precipitación (mm) y las temperaturas (°C) diarias registradas durante los meses de marzo y abril de 1998 en Hacienda Juan Viñas S.A. Costa Rica.

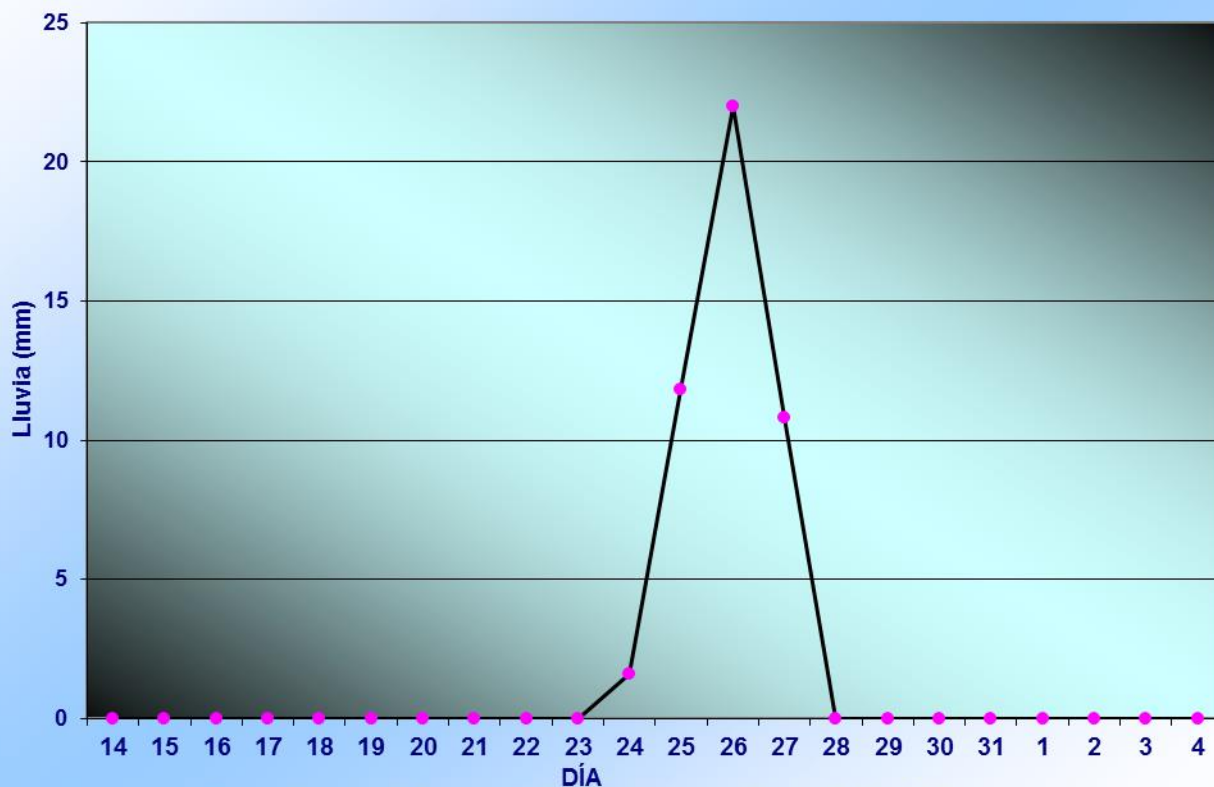
Días	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)			
		Máxima	Mínima	Media	Diferencia **
12	31,00	21,20	15,00	18,10	6,20
13	6,20	20,50	16,00	18,25	4,50
14	0,00	23,40	13,00	18,20	10,40
15	0,00	24,50	14,80	19,65	9,70
16	0,00	24,60	14,60	19,60	10,00
17 *	0,00	24,50	15,00	19,75	9,50
18 *	0,00	24,30	16,00	20,15	8,30
19 *	0,00	24,60	15,50	20,05	9,10
20 *	0,00	24,20	15,00	19,60	9,20
21 *	0,00	26,40	16,00	21,20	10,40
22	0,00	25,60	15,50	20,55	10,10
23 *	0,00	26,00	16,80	21,40	9,20
24 *	1,60	23,20	17,00	20,10	6,20
25 *	11,80	22,40	16,50	19,45	5,90
26	22,00	21,40	16,50	18,95	4,90
27	10,80	21,80	16,40	19,10	5,40
28	0,00	23,50	14,00	18,75	9,50
29	0,00	24,60	14,50	19,55	10,10
30	0,00	25,40	15,50	20,45	9,90
31 *	0,00	24,80	15,00	19,90	9,80
1 *	0,00	26,00	15,00	20,50	11,00
2	0,00	25,50	14,50	20,00	11,00
3	0,00	24,50	15,50	20,00	9,00
4	0,00	25,50	16,40	20,95	9,10
5	0,00	26,80	17,40	21,90	9,80
6	0,00	27,00	17,50	22,25	9,50
Total	83,40				
Promedio	3,21	24,32	15,56	19,94	8,76

Fuente: Hacienda Juan Viñas S.A. (1999)

* Periodo de ejecución del estudio

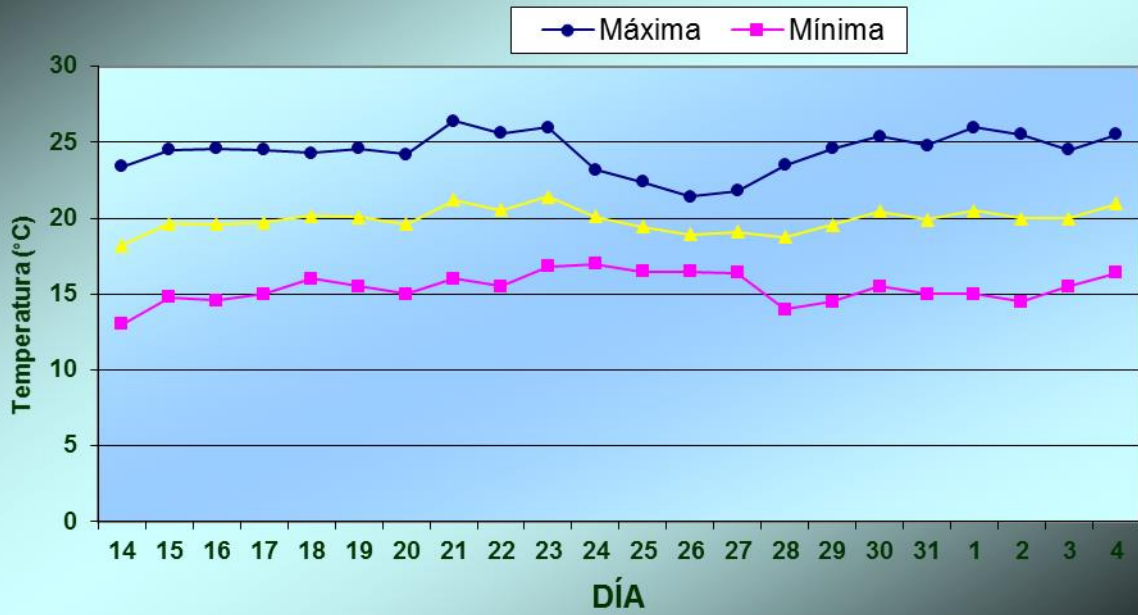
** Diferencia observada entre la temperatura máxima respecto a la mínima

Figura 1A. Distribución de la lluvia existente durante el periodo de ejecución del estudio de contenidos de materia extraña efectuado en Hacienda Juan Viñas, S.A. Marzo - Abril 1998.



El estudio se realizó entre el día 17 de marzo y 01 de abril de 1998.

Figura 2A. Comportamiento de las temperaturas (°C) durante la ejecución del estudio de contenido (%) de materia extraña efectuado en Hacienda Juan Viñas, S.A. 1998.



Cuadro 2A.

Contenido (kg) promedio de los diferentes componentes de las muestras evaluadas manualmente en la determinación de materia extraña según tratamiento. Hacienda Juan Viñas S.A. Costa Rica. 1988.

TRATAMIENTOS *	HOJAS	COGOLLOS	MAMONES	CAÑA SECA PODRIDA	CAÑA NO MOLEDERA	TIERRA	RAICES	OTRAS MATERIAS	TOTAL MATERIA EXTRAÑA	TALLOS MOLEDEROS	TOTAL DE MUESTRA
1	4,40	2,86	1,92	4,39	7,57	0,00	0,62	0,00	21,76	295,50	317,26
3	2,93	2,39	1,54	3,04	11,32	0,91	0,70	0,07	22,90	271,90	294,80
5	3,76	3,15	2,73	0,98	6,68	0,16	0,49	0,04	17,99	243,00	260,99
7	2,48	2,96	0,84	4,58	4,31	0,39	0,19	0,56	16,31	258,40	274,71
9	2,49	0,61	2,35	2,89	7,91	0,19	0,50	0,13	17,07	278,30	295,37
11	6,08	0,89	1,85	4,17	5,76	0,10	3,31	1,15	23,31	250,60	273,91
13	5,39	2,14	0,42	8,53	8,62	0,06	0,79	0,15	26,10	255,80	281,90
15	4,97	0,72	2,60	5,13	23,13	0,29	0,27	0,12	37,23	224,20	261,43
PROMEDIO	4,06	1,96	1,78	4,21	9,41	0,26	0,86	0,28	22,83	259,71	282,55

Cada valor es el promedio de 5 repeticiones.

* Se refiere solamente a los tratamientos evaluados manualmente no a los valorados mediante el empleo de la sonda mecánica (ver Cuadro 1).

Otros materiales: *pedras, secciones de cepa, plástico, malezas, etc.*

Cuadro 3A.

Porcentaje de los diferentes componentes de las muestras evaluadas manualmente según su porcentaje absoluto, respecto al total de muestra obtenida según tratamiento en Hacienda Juan Viñas S.A. Costa Rica, 1998.

TRATAMIENTOS *	HOJAS	COGOLLOS	MAMONES	CAÑA SECA PODRIDA	CAÑA NO MOLEDERA	TIERRA	RAICES	OTRAS MATERIAS	TOTAL MATERIA EXTRAÑA	TALLOS MOLEDEROS	TOTAL DE MUESTRA
1	1,39	0,90	0,61	1,38	2,39	0,00	0,20	0,00	6,86	93,14	100,00
3	0,99	0,81	0,52	1,03	3,84	0,31	0,24	0,02	7,77	92,23	100,00
5	1,44	1,21	1,05	0,37	2,56	0,06	0,19	0,01	6,89	93,11	100,00
7	0,90	1,08	0,31	1,67	1,57	0,14	0,07	0,20	5,94	94,06	100,00
9	0,84	0,21	0,80	0,98	2,68	0,06	0,17	0,04	5,78	94,22	100,00
11	2,21	0,32	0,68	1,52	2,10	0,04	1,21	0,42	8,50	91,49	100,00
13	1,91	0,76	0,15	3,03	3,06	0,02	0,28	0,05	9,26	90,74	100,00
15	1,90	0,28	0,99	1,96	8,85	0,11	0,10	0,05	14,24	85,76	100,00
PROMEDIO	1,45	0,70	0,64	1,49	3,38	0,09	0,31	0,10	8,16	91,84	100,00

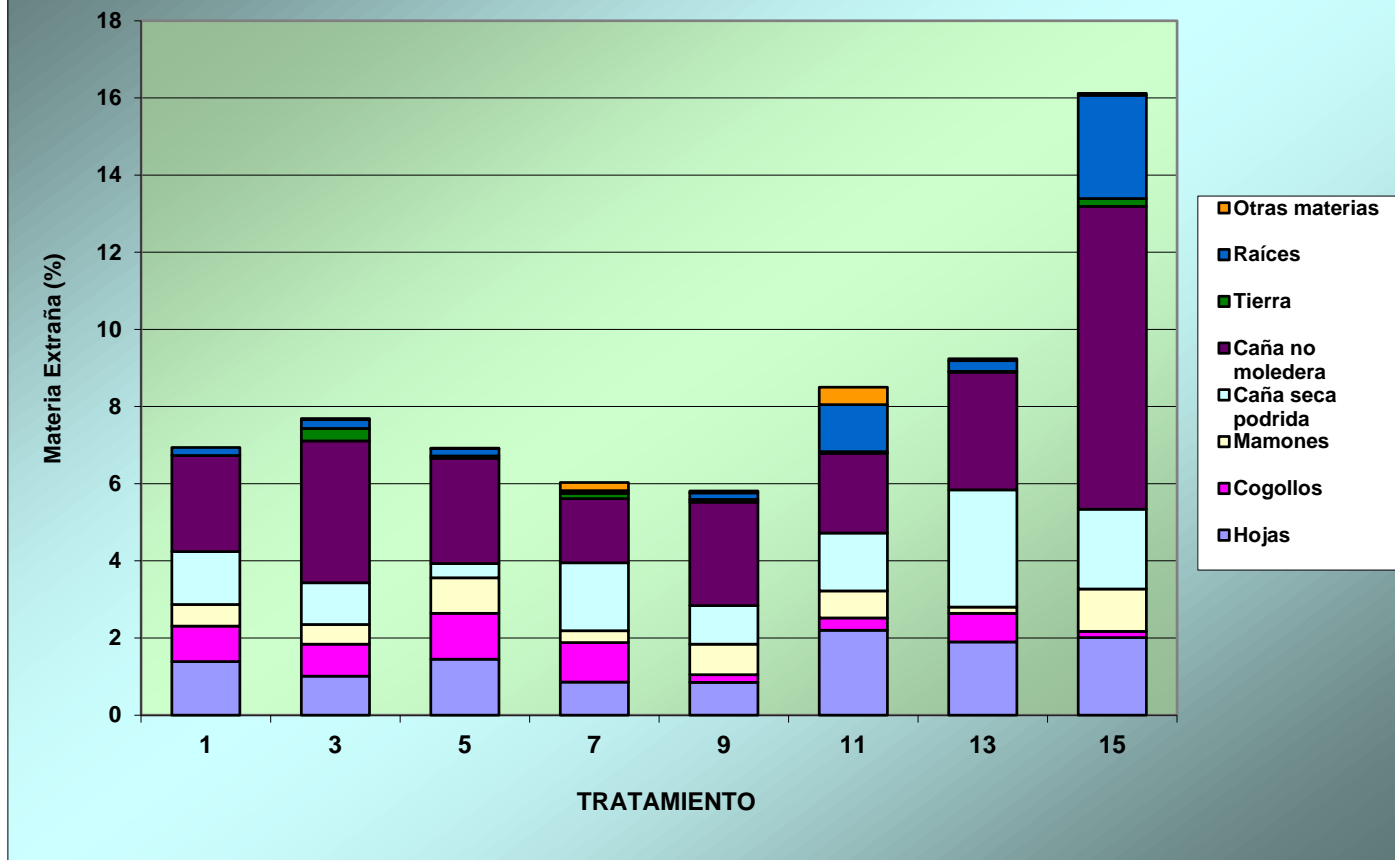
Cada valor es el promedio de 5 repeticiones.

* Se refiere solamente a los tratamientos evaluados manualmente, no a los valorados mediante el empleo de la Sonda Mecánica (ver Cuadro 1).

Otros Materiales: *pedras, secciones de cepa, plásticos, malezas, etc.*

Los porcentajes de cada fracción van referidos al peso total de la muestra de cada tratamiento.

Figura 3A. Composición porcentual de la materia extraña determinada según tipo y tratamiento evaluado. Hacienda Juan Viñas S.A., 1998.



Cuadro 4A.

Porcentaje de los diferentes componentes de materia extraña determinados manualmente en las muestras evaluadas, según su porcentaje (%) relativo respecto al total de materia extraña obtenidos en Hacienda Juan Viñas, S.A., Costa Rica, 1998.

TRATAMIENTOS *	HOJAS	COGOLLOS	MAMONES	CAÑA SECA PODRIDA	CAÑA NO MOLEDERA	TIERRA	RAICES	OTRAS MATERIAS	TOTAL MATERIA EXTRAÑA
1	20,22	13,14	8,82	20,18	34,79	0,00	2,85	0,00	100,00
3	12,79	10,44	6,72	13,27	49,43	3,98	3,06	0,31	100,00
5	20,90	17,51	15,18	5,45	37,13	0,89	2,72	0,22	100,00
7	15,21	18,15	5,15	28,08	26,43	2,39	1,16	3,43	100,00
9	14,59	3,57	13,77	16,93	46,34	1,11	2,93	0,76	100,00
11	26,08	3,82	7,94	17,89	24,71	0,43	14,20	4,93	100,00
13	20,65	8,20	1,61	32,68	33,03	0,23	3,03	0,57	100,00
15	13,35	1,93	6,98	13,78	62,13	0,78	0,73	0,32	100,00
PROMEDIO	17,97	9,60	8,27	18,53	39,25	1,23	3,83	1,32	100,00

Cada valor es el promedio de 5 repeticiones.

* Se refiere solamente a los tratamientos evaluados manualmente No a los valorados mediante el empleo de la Sonda Mecánica.

Otras Materiales: piedras, secciones de cepa, plásticos, malezas, etc.

Los porcentajes de cada fracción van referidos al peso de la materia extraña total de cada tratamiento.

Cuadro 5A.

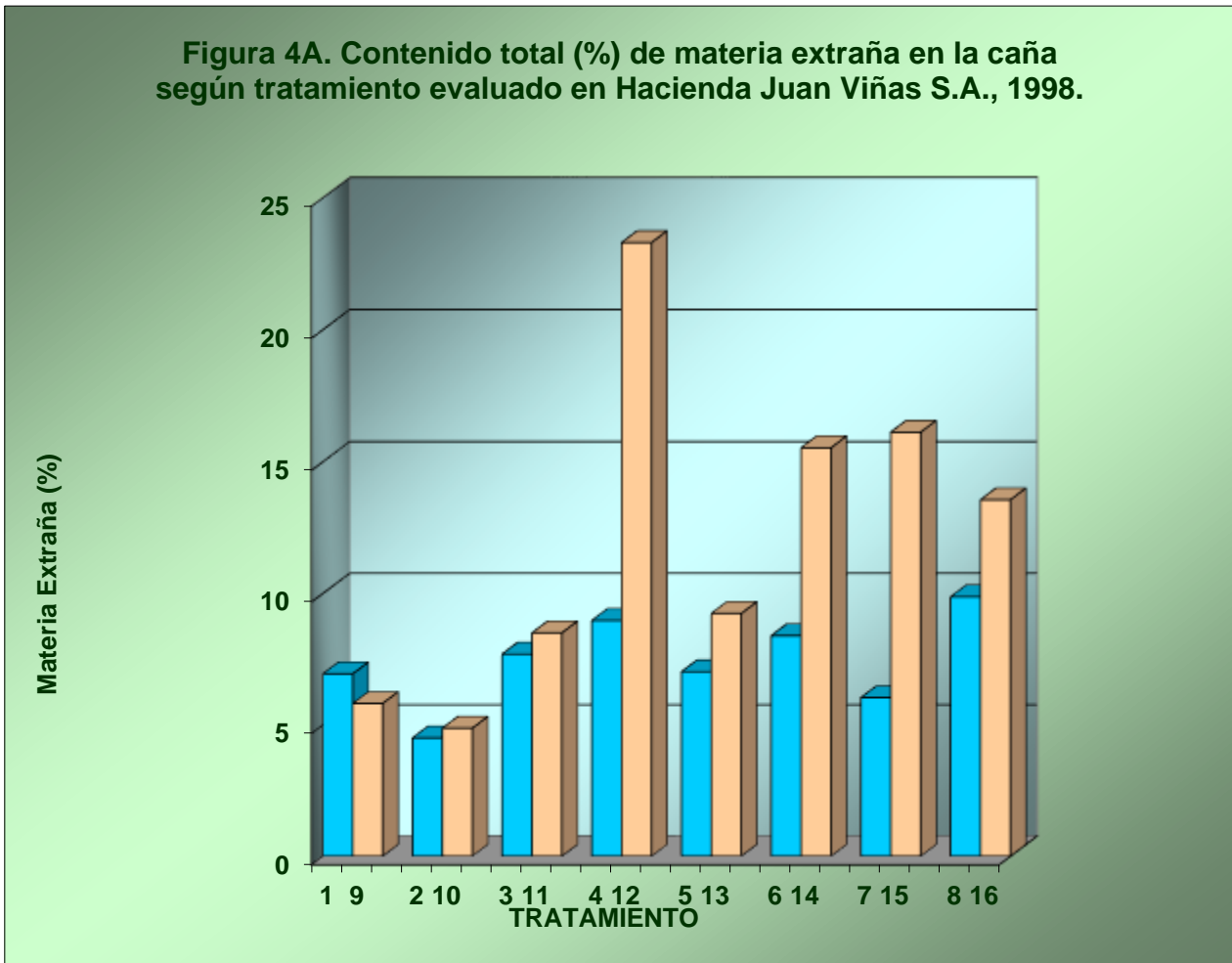
Valores promedio generales en kilogramos y porcentajes del contenido total de materia extraña obtenidos según tratamiento evaluado en Hacienda Juan Viñas S.A. Costa Rica. 1998


TRATAMIENTO	TOTAL MATERIA EXTRAÑA		TOTAL DE TALLOS MOLEDEROS (Kg)	% DE TALLOS MOLEDEROS	TOTAL DE LA MUESTRA OBTENIDA (Kg)
	VALOR ABSOLUTO (kg)	VALOR RELATIVO (%)			
1	21,76	6,86	295,50	93,14	317,26
2 *	0,16	4,50			
3	22,90	7,77	271,9	92,23	294,8
4 *	0,33	8,97			
5	17,99	6,89	243,00	93,11	260,99
6 *	1,07	8,39			
7	16,31	5,94	258,40	94,06	274,71
8 *	0,40	9,87			
9	17,07	5,78	278,30	94,22	295,37
10 *	0,16	4,87			
11	23,31	8,51	250,60	91,49	273,91
12 *	0,73	23,30			
13	26,10	9,26	255,80	90,74	281,9
14 *	1,76	15,53			
15	37,23	14,24	224,20	85,76	261,43
16 *	0,52	13,56			
PROMEDIO	11,74	9,62			

Cada valor es el promedio de 5 repeticiones.

* Corresponde a los tratamientos en los cuales se determinó la Materia Extraña haciendo uso de la Sonda Mecánica.

Figura 4A. Contenido total (%) de materia extraña en la caña según tratamiento evaluado en Hacienda Juan Viñas S.A., 1998.



 QUEMADA

 VERDE

Figura 5A. Determinación de los contenidos de materia extraña (%) según el tratamiento evaluado, utilizando las variedades H60-8521 y H61-1721. Hacienda Juan Viñas, 1998.

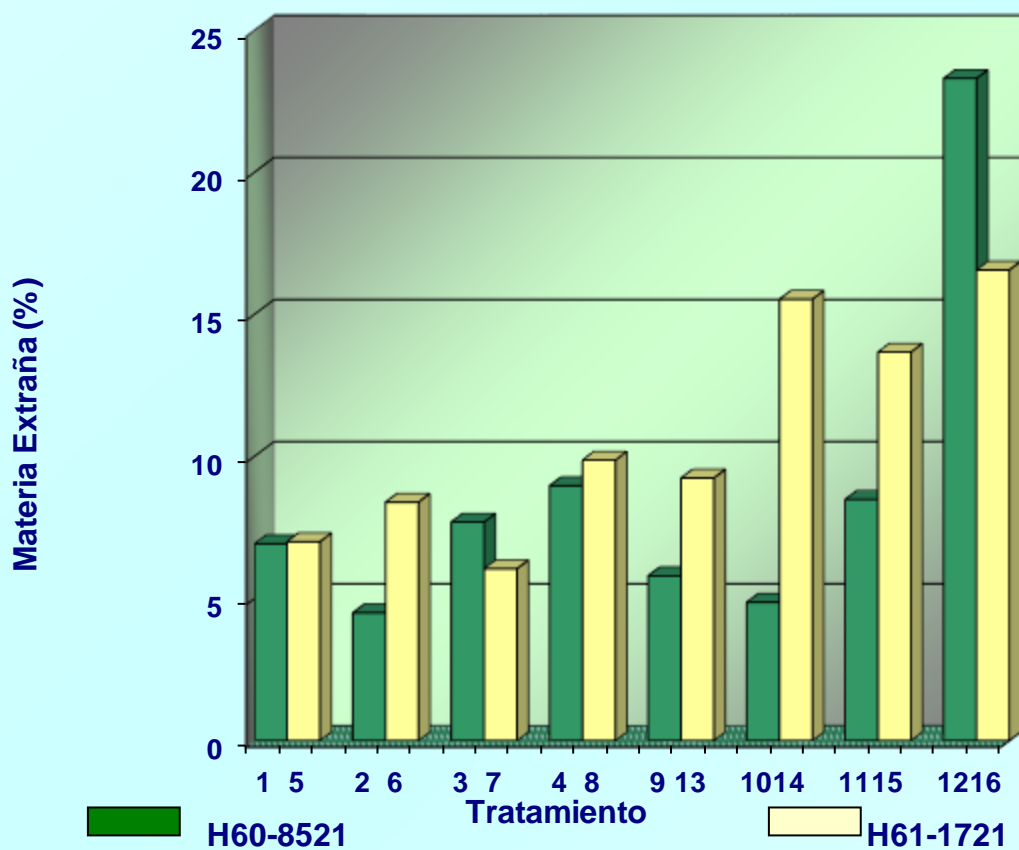
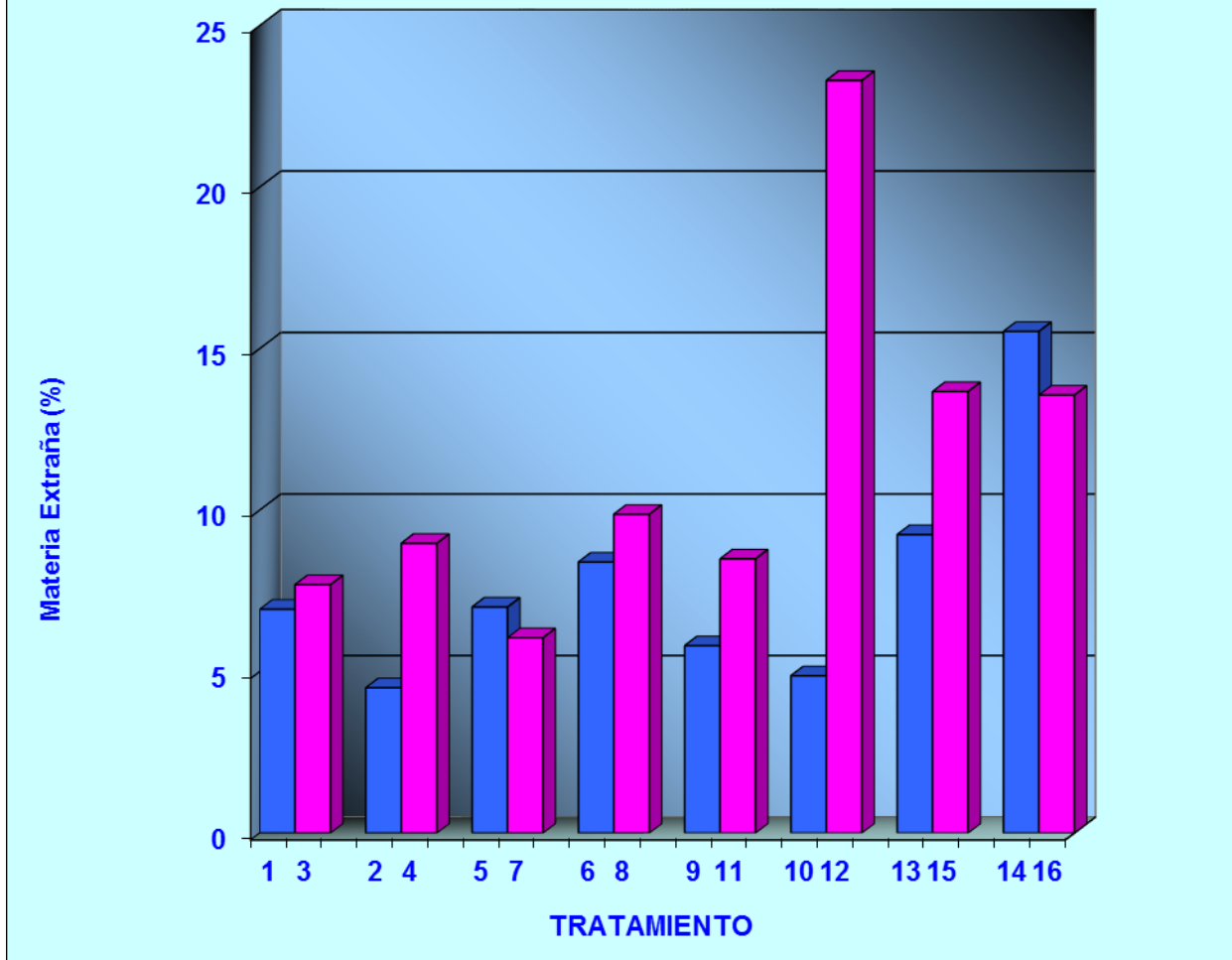


Figura 6A. Determinación de los contenidos de materia extraña (%) según el tratamiento evaluado, utilizando la carga manual y la mecánica. Hacienda Juan Viñas, 1998.



 MANUAL


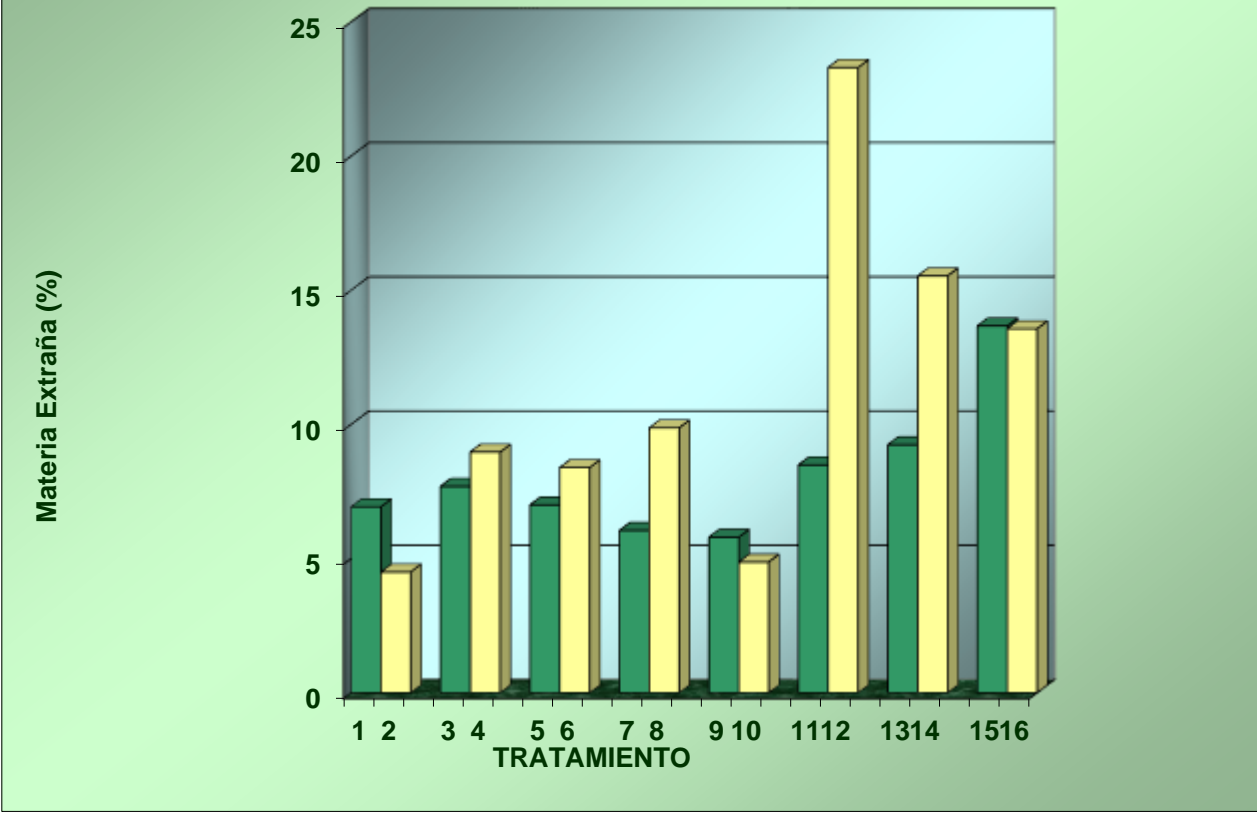
 MECANICA

Figura 7A. Determinación de los contenidos de materia extraña (%) utilizando el método mecánico y el de la sonda según tratamiento evaluado, Hacienda Juan Viñas S.A., 1998.



MECANICA

SONDA

Cuadro 6A.

Valores promedio correspondientes a las principales variables industriales evaluadas, según modalidad de cosecha de la materia prima y tratamiento estudiado para la caña limpia (sin basura), Hacienda Juan Viñas S.A., Costa Rica. 1998.

VARIABLE	MODALIDAD	TRATAMIENTOS																PROMEDIO
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
BRIX JUGO (%)	CRUDA									22,00	21,74	20,22	16,82	19,68	18,58	21,40	19,96	20,05
	QUEMADA	18,70	17,16	19,92	19,06	19,08	19,44	19,60	19,64									19,08
POL JUGO (%)	CRUDA									19,09	18,29	16,38	13,14	17,11	16,21	18,05	16,60	16,86
	QUEMADA	15,94	14,60	16,70	15,13	16,64	17,15	16,19	16,92									16,16
PUREZA JUGO (%)	CRUDA									86,76	84,21	81,15	78,09	86,79	86,97	84,46	82,91	83,92
	QUEMADA	85,25	84,99	83,82	79,84	87,23	88,19	82,50	86,10									84,74
SACAROSA CAÑA (%)	CRUDA									15,39	14,60	13,27	10,49	13,78	12,86	14,39	12,91	13,46
	QUEMADA	13,10	11,89	13,42	11,98	13,58	13,76	12,97	13,51									13,03
FIBRA CAÑA (%)	CRUDA									14,95	15,59	14,63	15,68	15,01	16,06	15,72	17,31	15,58
	QUEMADA	13,69	14,27	15,16	16,12	14,19	15,25	15,23	15,56									14,93
PESO TORTA (g)	CRUDA									149,48	155,94	146,30	156,76	150,10	160,58	157,18	173,14	156,19
	QUEMADA	136,88	142,70	151,62	159,88	141,86	152,54	151,50	155,60									149,07

Cada valor es el promedio de 5 repeticiones.

Cuadro 7A.

Valores promedio correspondientes a las principales variables industriales evaluadas, según modalidad de cosecha de la materia prima y tratamiento estudiado para la caña sucia (con basura), Hacienda Juan Viñas S.A., Costa Rica. 1998.

VARIABLE	MODALIDAD	TRATAMIENTOS																PROMEDIO
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
BRIX JUGO (%)	CRUDA									21,18	20,64	18,80	15,86	17,23	18,76	21,16	18,02	18,96
	QUEMADA	17,04	16,72	20,00	18,36	18,92	19,38	18,26	18,20									18,36
POL JUGO (%)	CRUDA									16,94	17,27	15,04	12,46	14,82	16,07	17,12	13,82	15,44
	QUEMADA	14,16	13,83	16,50	14,85	16,27	16,46	14,92	14,62									15,20
PUREZA JUGO (%)	CRUDA									79,81	83,62	80,06	78,09	83,25	85,46	85,42	76,72	83,92
	QUEMADA	82,91	82,57	82,55	80,94	85,98	84,84	81,27	80,21									82,66
SACAROSA CAÑA (%)	CRUDA									13,31	13,53	12,14	9,50	11,59	12,56	14,05	10,55	12,15
	QUEMADA	11,33	11,23	12,91	11,26	13,07	13,14	12,10	11,45									12,06
FIBRA CAÑA (%)	CRUDA									16,58	16,72	14,92	18,70	16,85	16,92	17,12	18,40	17,03
	QUEMADA	15,32	14,40	16,79	18,93	15,16	15,58	14,56	16,61									15,92
PESO TORTA (g)	CRUDA									165,84	167,24	149,18	184,98	168,54	169,18	171,20	183,96	170,02
	QUEMADA	153,16	144,02	167,86	190,12	151,64	155,84	145,58	166,12									159,29

Cada valor es el promedio de 5 repeticiones.

Cuadro 8A.

Valores promedio correspondientes a las principales variables industriales evaluadas, según variedad y tratamiento estudiado para la caña limpia (sin basura), Hacienda Juan Viñas S.A., Costa Rica, 1998.

VARIABLE	VARIEDAD	TRATAMIENTOS																PROMEDIO
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
BRIX JUGO (%)	H 60-8521	18,70	17,16	19,92	19,06					22,00	21,74	20,22	16,82					19,45
	H 61-1721					19,08	19,44	19,60	19,64					19,68	18,58	21,40	19,96	19,67
POL JUGO (%)	H 60-8521	15,94	14,60	16,70	15,13					19,09	18,29	16,38	13,14					16,16
	H 61-1721					16,64	17,15	16,19	16,92					17,11	16,21	18,05	16,60	16,86
PUREZA JUGO (%)	H 60-8521	85,25	84,99	83,82	79,84					86,76	84,21	81,15	78,09					83,01
	H 61-1721					87,23	88,19	82,50	86,10					86,79	86,97	84,46	82,91	85,64
SACAROSA CAÑA (%)	H 60-8521	13,10	11,89	13,42	11,98					15,39	14,60	13,27	10,49					13,02
	H 61-1721					13,58	13,76	12,97	13,51					13,78	12,86	14,39	12,91	13,47
FIBRA CAÑA (%)	H 60-8521	13,69	14,27	15,16	16,12					14,95	15,59	14,63	15,68					15,01
	H 61-1721					14,19	15,25	15,23	15,56					15,01	16,06	15,72	17,31	15,54
PESO TORTA (g)	H 60-8521	136,88	142,70	151,62	159,88					149,48	155,94	146,30	156,76					149,95
	H 61-1721					141,86	152,54	151,50	155,60					150,10	160,58	157,18	173,14	155,31

Cada valor es el promedio de 5 repeticiones.

Cuadro 9A.

Valores promedio correspondientes a las principales variables industriales evaluadas, según variedad y tratamiento estudiado para la caña sucia (con basura), Hacienda Juan Viñas S.A., Costa Rica, 1998.

VARIABLE	VARIEDAD	TRATAMIENTOS																PROMEDIO
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
BRIX JUGO (%)	H 60-8521	17,04	16,72	20,00	18,36					21,18	20,64	18,80	15,86					18,58
	H 61-1721					18,92	19,38	18,26	18,20					17,23	18,76	21,16	18,02	18,74
POL JUGO (%)	H 60-8521	14,16	13,83	16,50	14,85					16,94	17,27	15,04	12,46					15,13
	H 61-1721					16,27	16,46	14,92	14,62					14,82	16,07	17,12	13,82	15,51
PUREZA JUGO (%)	H 60-8521	82,91	82,57	82,55	80,94					79,81	83,62	80,06	78,09					81,32
	H 61-1721					85,98	84,84	81,27	80,21					83,25	85,46	85,42	76,72	82,89
SACAROSA CAÑA (%)	H 60-8521	11,33	11,23	12,91	11,26					13,31	13,53	12,14	9,50					11,90
	H 61-1721					13,07	13,14	12,10	11,45					11,59	12,56	14,05	10,55	12,31
FIB CAÑA (%)	H 60-8521	15,32	14,40	16,79	18,93					16,58	16,72	14,92	18,70					16,55
	H 61-1721					15,16	15,58	14,56	16,61					16,85	16,92	17,12	18,40	16,40
PES TORTA (g)	H 60-8521	153,16	144,02	167,86	190,12					165,84	167,24	149,18	184,98					165,30
	H 61-1721					151,64	155,84	145,58	166,12					168,54	169,18	171,20	183,96	164,01

Cada valor es el promedio de 5 repeticiones.

Cuadro 10A.

Valores promedio correspondientes a las principales variables industriales evaluadas, según tipo de carga y tratamiento estudiado para la caña limpia (sin basura), Hacienda S.A., Costa Rica, 1998.

VARIABLE	TIPO CARGA	TRATAMIENTOS																PROMEDIO
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
BRIX JUGO (%)	MANUAL	18,70	17,16			19,08	19,44			22,00	21,74			19,68	18,58			19,55
	MECANICA			19,92	19,06			19,60	19,64			20,22	16,82			21,40	19,96	19,58
POL JUGO (%)	MANUAL	15,94	14,60			16,64	17,15			19,09	18,29			17,11	16,21			16,88
	MECANICA			16,70	15,13			16,19	16,92			16,38	13,14			18,05	16,60	16,14
PUREZA JUGO (%)	MANUAL	85,25	84,99			87,23	88,19			86,76	84,21			86,79	86,97			86,30
	MECANICA			83,82	79,84			82,50	86,10			81,15	78,09			84,46	82,91	82,36
SACAROSA CAÑA (%)	MANUAL	13,10	11,89			13,58	13,76			15,39	14,60			13,78	12,86			13,62
	MECANICA			13,42	11,98			12,97	13,51			13,27	10,49			14,39	12,91	12,87
FIBRA CAÑA (%)	MANUAL	13,69	14,27			14,19	15,25			14,95	15,59			15,01	16,06			14,88
	MECANICA			15,16	16,12			15,23	15,56			14,63	15,68			15,72	17,31	15,68
PESO TORTA (g)	MANUAL	136,88	142,70			141,86	152,54			149,48	155,94			150,10	160,58			148,76
	MECANICA			151,62	159,88			151,50	155,60			146,30	156,76			157,18	173,14	156,50

Cada valor es el promedio de 5 repeticiones.

Cuadro 11A.
Valores Promedio Correspondientes a las Principales Variables Industriales Evaluadas, Según Tipo de Carga y Tratamiento
Estudiado para la Caña Sucia (Con Basura), Hacienda Juan Viñas S.A., Costa Rica. 1998.

VARIABLE	TIPO CARGA	TRATAMIENTOS																PROMEDIO
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
BRIX JUGO (%)	MANUAL	17,04	16,72			18,92	19,38			21,18	20,64			17,23	18,76			18,73
	MECANICA			20,00	18,36			18,26	18,20				18,80	15,86			21,16	18,02
POL JUGO (%)	MANUAL	14,16	13,83			16,27	16,46			16,94	17,27			14,82	16,07			15,73
	MECANICA			16,50	14,85			14,92	14,62				15,04	12,46			17,12	13,82
PUREZA JUGO (%)	MANUAL	82,91	82,57			85,98	84,84			79,81	83,62			83,25	85,46			83,56
	MECANICA			82,55	80,94			81,27	80,21				80,06	78,09			85,42	76,72
SACAROSA CAÑA (%)	MANUAL	11,33	11,23			13,07	13,14			13,31	13,53			11,59	12,56			12,47
	MECANICA			12,91	11,26			12,10	11,45				12,14	9,50			14,05	10,55
FIBRA CAÑA (%)	MANUAL	15,32	14,40			15,16	15,58			16,58	16,72			16,85	16,92			15,94
	MECANICA			16,79	18,93			14,56	16,61				14,92	18,70			17,12	18,40
PESO TORTA (g)	MANUAL	153,16	144,02			151,64	155,84			165,84	167,24			168,54	169,18			159,43
	MECANICA			167,86	190,12			145,58	166,12				149,18	184,98			171,20	183,96

Cada valor es el promedio de 5 repeticiones

Cuadro 12A.
Valores Promedio Correspondientes a las Principales Variables Industriales Evaluadas, Según Forma de Muestreo y Tratamiento Estudiado para la Caña Limpia (Sin Basura), Hacienda Juan Viñas S.A., Costa Rica. 1998.

VARIABLE	FORMA MUESTREO	TRATAMIENTOS																PROMEDIO	
		1	2	3	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		16
BRIX JUGO (%)	MECANICA	18,70			19,92		19,08		19,60		22,00		20,22		19,68		21,40		20,08
	SONDA		17,16	19,92		19,06		19,44		19,64		21,74		16,82		18,58		19,96	
POL JUGO (%)	MECANICA	15,94			16,70		16,64		16,19		19,09		16,38		17,11		18,05		17,01
	SONDA		14,60	16,70		15,13		17,15		16,92		18,29		13,14		16,21		16,60	
PUREZA JUGO (%)	MECANICA	85,25			83,82		87,23		82,50		86,76		81,15		86,79		84,46		84,75
	SONDA		84,99	83,82		79,84		88,19		86,10		84,21		78,09		86,97		82,91	
SACAROSA CAÑA (%)	MECANICA	13,10			13,42		13,58		12,97		15,39		13,27		13,78		14,39		13,74
	SONDA		11,89			11,98		13,76		13,51		14,60		10,49		12,86		12,91	
FIBRA CAÑA (%)	MECANICA	13,69			15,16		14,19		15,23		14,95		14,63		15,01		15,72		14,82
	SONDA		14,27	15,16		16,12		15,25		15,56		15,59		15,68		16,06		17,31	
PESO TORTA (g)	MECANICA	136,88			151,62		141,86		151,50		149,48		146,30		150,10		157,18		148,12
	SONDA		142,70	151,62		159,88		152,54		155,60		155,94		156,76		160,58		173,14	

Cada valor es el promedio de 5 repeticiones

Cuadro 13A.
Valores promedio correspondientes a las variables industriales evaluadas, según forma de muestreo y
tratamiento estudiado para la caña sucia (con basura), Hacienda Juan Viñas S.A., Costa Rica. 1998.

VARIABLE	FORMA	TRATAMIENTOS																PROMEDIO	
	MUESTREO	1	2	3	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		16
BRIX JUGO (%)	MECANICA	17,04			20,00		18,92		18,26		21,18		18,80		17,23		21,16		19,07
	SONDA		16,72	19,92		18,36		19,38		18,20		20,64		15,86		18,76		18,02	
POL JUGO (%)	MECANICA	14,16			16,50		16,27		14,92		16,94		15,04		14,82		17,12		15,72
	SONDA		13,83	16,70		14,85		16,46		14,62		17,27		12,46		16,07		13,82	
PUREZA JUGO (%)	MECANICA	82,91			82,55		85,98		81,27		79,81		80,06		83,25		85,42		82,66
	SONDA		82,57	83,82		80,94		84,84		80,21		83,62		78,09		85,46		76,72	
SACAROSA CAÑA (%)	MECANICA	11,33			12,91		13,07		12,10		13,31		12,14		11,59		14,05		12,56
	SONDA		11,23			11,26		13,14		11,45		13,53		9,50		12,56		10,55	
FIBRA CAÑA (%)	MECANICA	15,32			16,79		15,16		14,56		16,58		14,92		16,85		17,12		15,91
	SONDA		14,40	15,16		18,93		15,58		16,61		16,72		18,70		16,92		18,40	
PESO TORTA (g)	MECANICA	153,16			167,86		151,64		145,58		165,84		149,18		168,54		171,20		159,13
	SONDA		144,02	151,62		190,12		155,84		166,12		167,24		184,98		169,18		183,96	

Cada valor es el promedio de 5 repeticiones

Figura 8A. Efecto de los tratamientos sobre el contenido de sólidos totales (Brix). Hacienda Juan Viñas S.A., 1998.

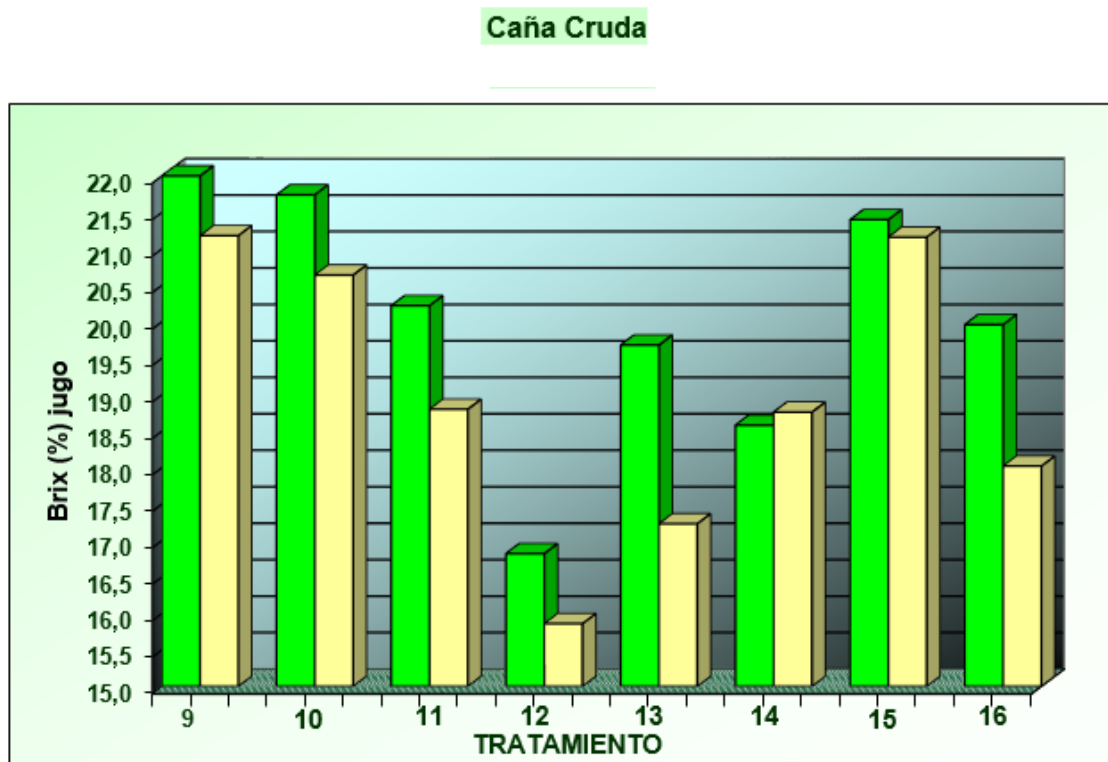
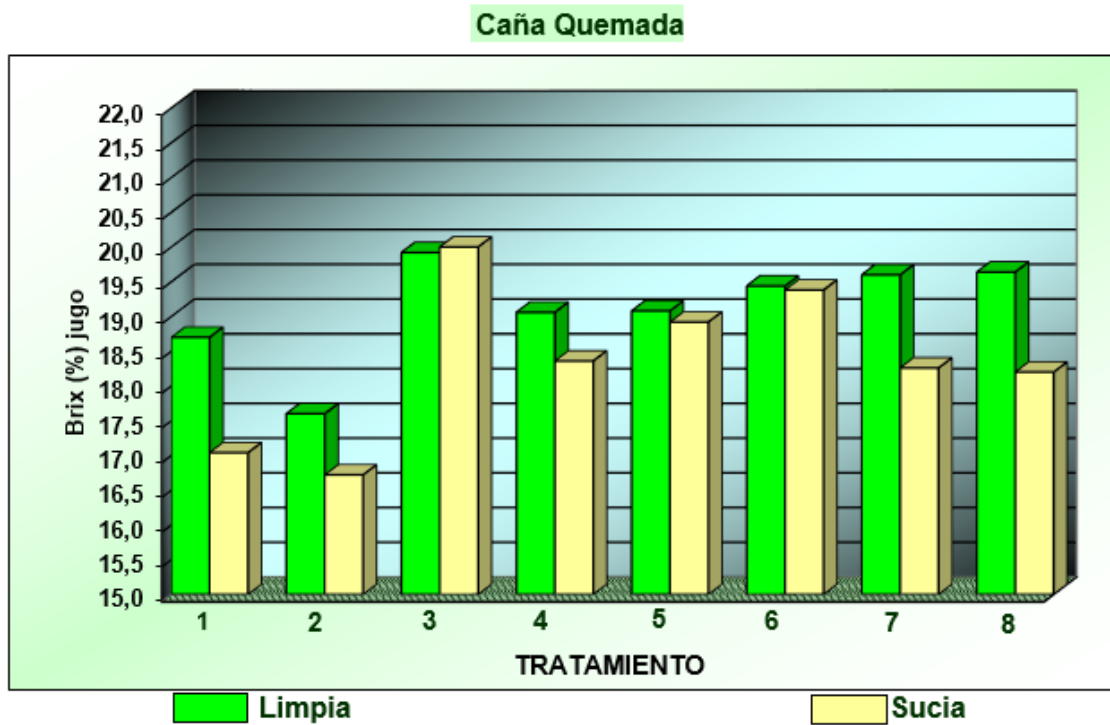


Figura 9A. Efecto de los tratamientos sobre el contenido porcentual de sacarosa en caña, Hacienda Juan Viñas S.A., 1998.

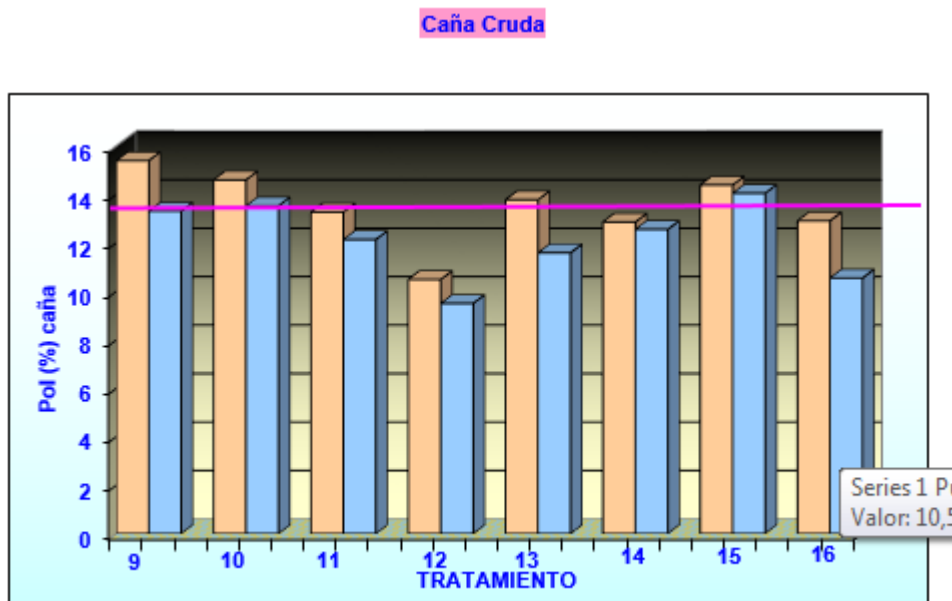
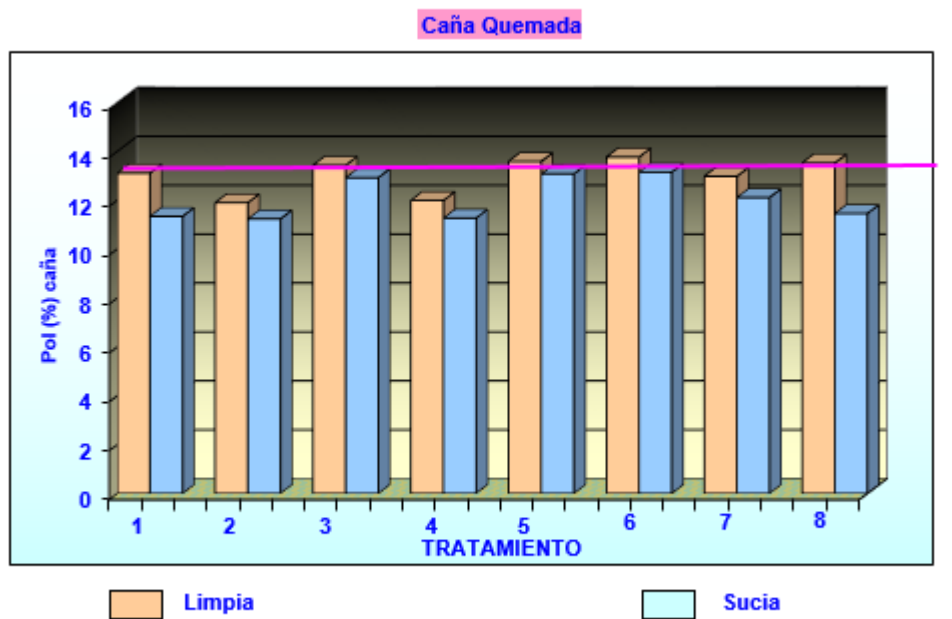


Figura 10A. Efecto de los tratamientos sobre el porcentaje de pureza en el jugo. Hacienda Juan Viñas S.A., 1998.

Caña Quemada

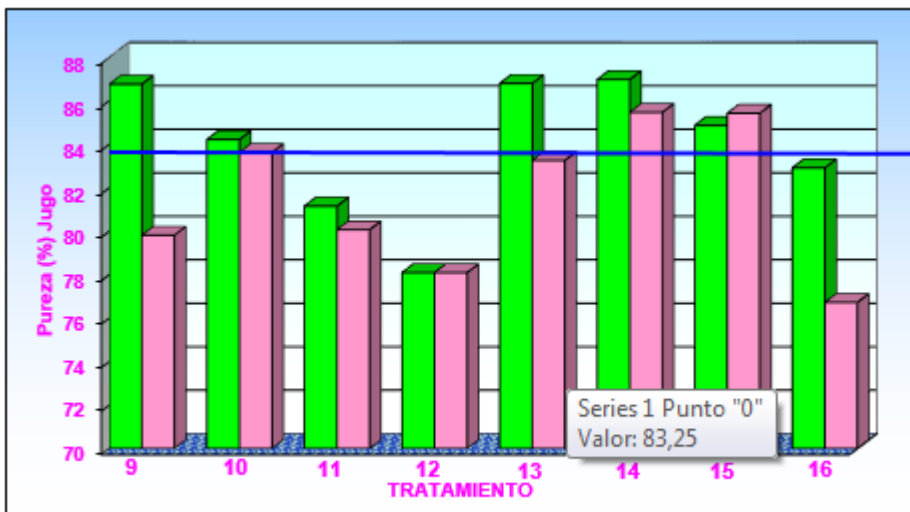
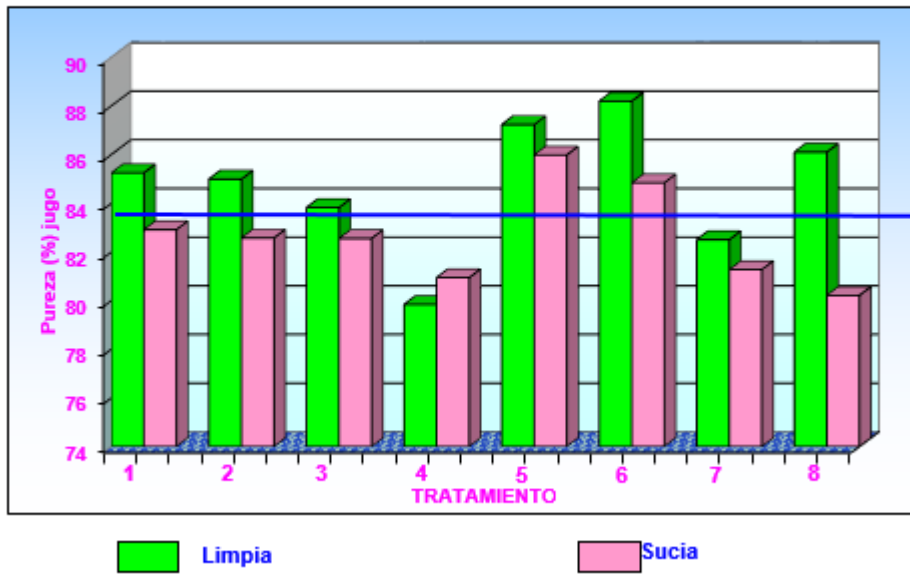


Figura 11A. Efecto de los tratamientos sobre el contenido porcentual de Fibra en la caña. Hacienda Juan Viñas S.A., 1998.

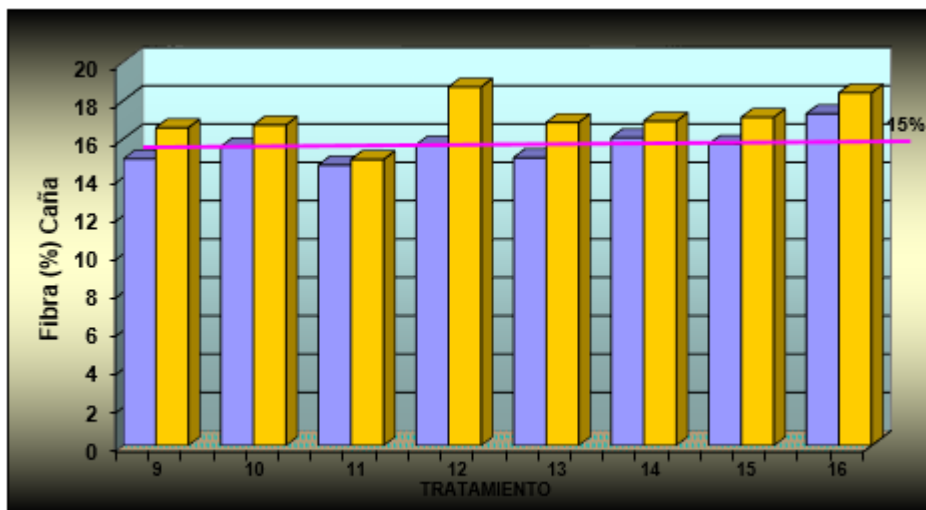
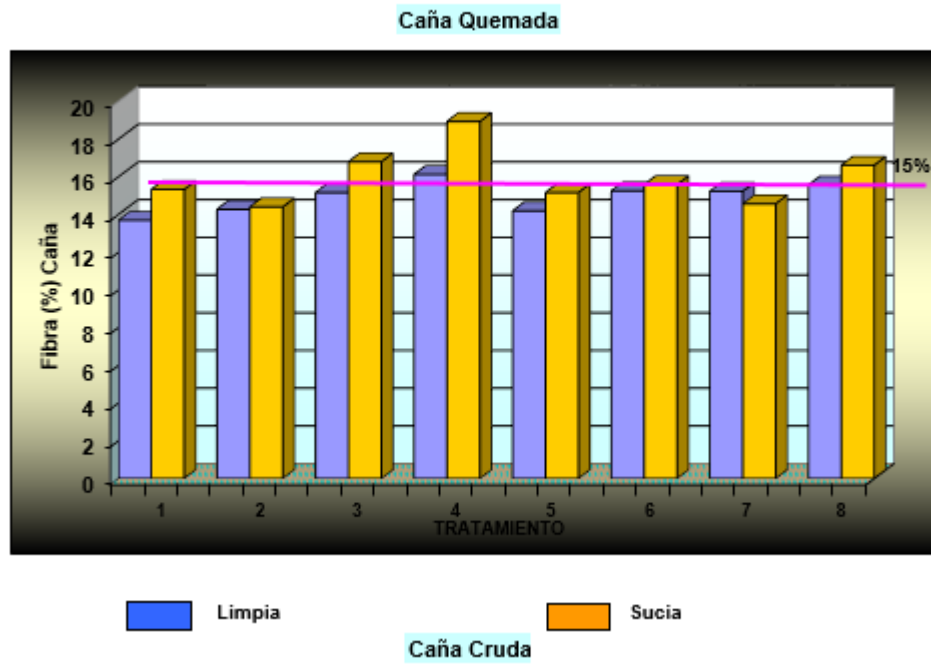
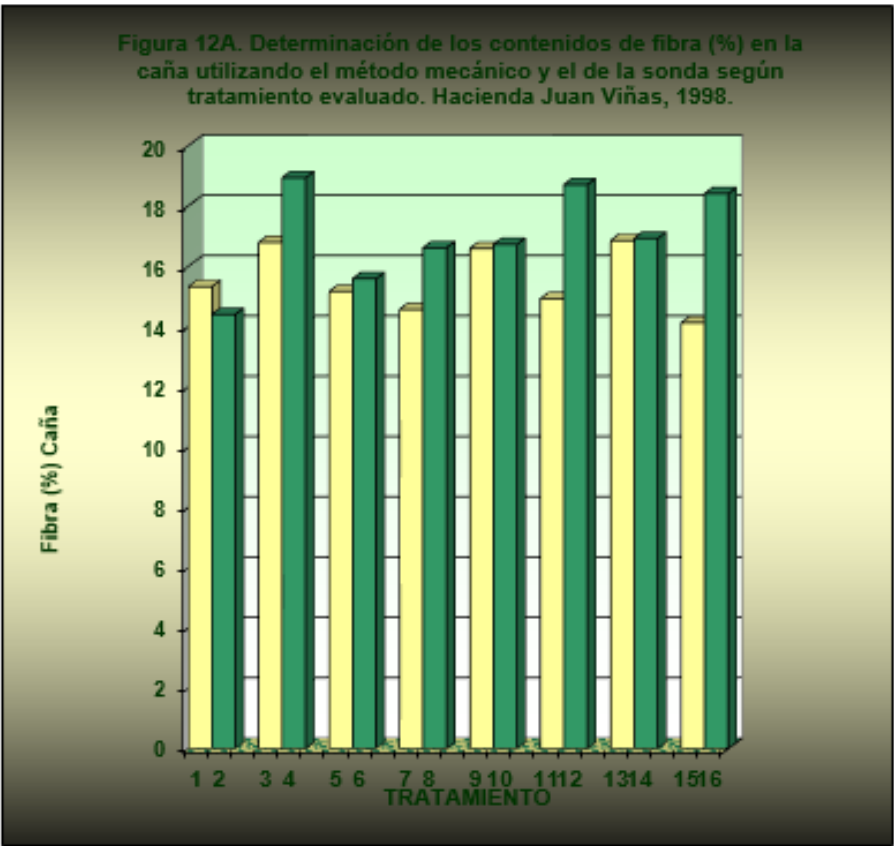


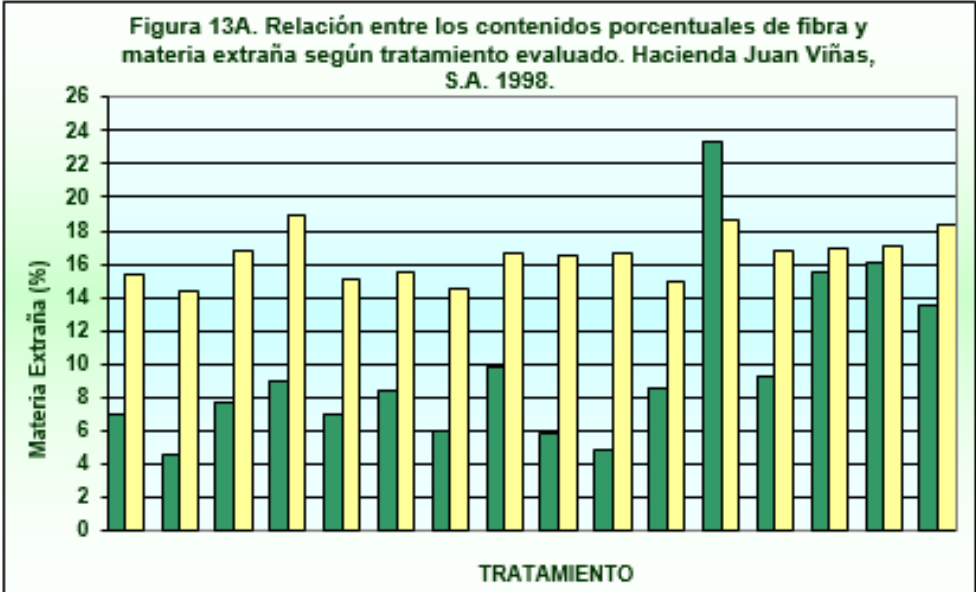
Figura 12A. Determinación de los contenidos de fibra (%) en la caña utilizando el método mecánico y el de la sonda según tratamiento evaluado. Hacienda Juan Viñas, 1998.



MECÁNICO



SONDA



 FIBRA

 MAT EXTRAÑA

Figura 14A. Efecto de los tratamientos sobre el contenido de torta (g) residual
En la caña. Hacienda Juan Viñas S.A. 1998.

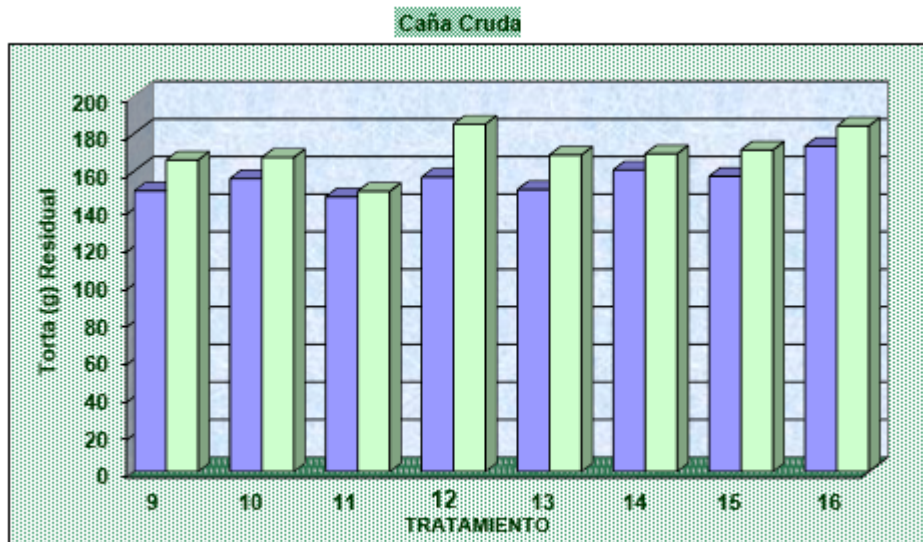
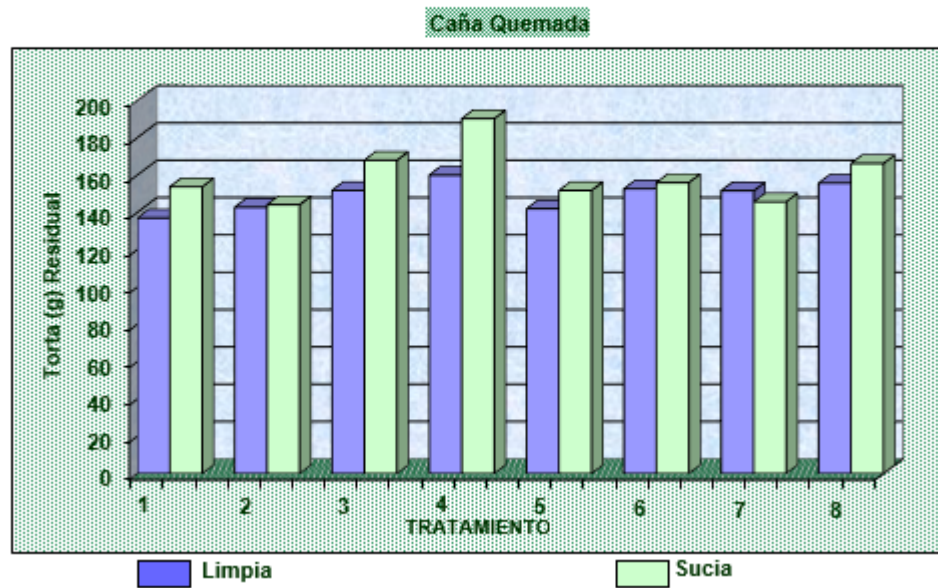
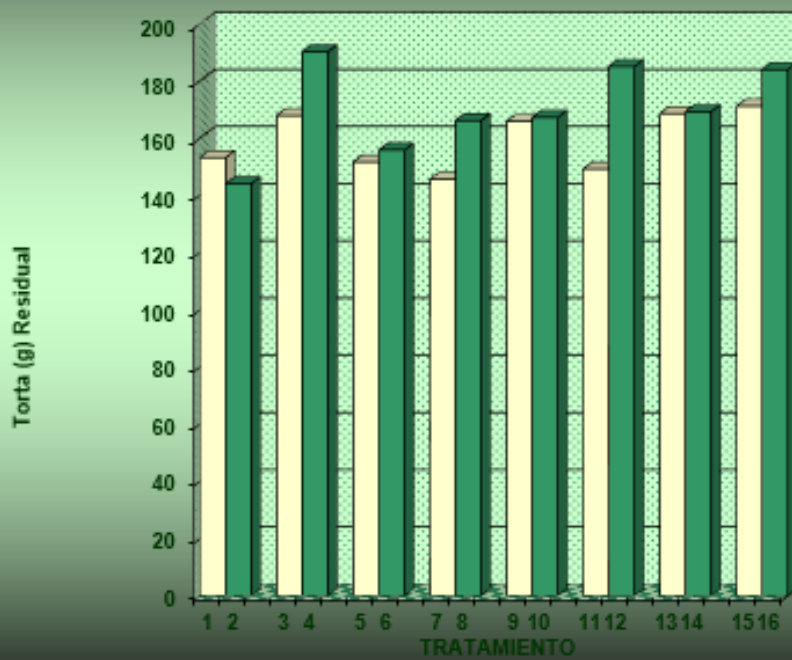


Figura 15A. Determinación de los contenidos de torta (g) residual utilizando el método de evaluación mecánico y el de la sonda según tratamiento evaluado. Hacienda Juan Viñas S.A., 1998.



MECANICA



SONDA

Figura 16A. Efecto de los tratamientos sobre el rendimiento (96% pol) Industrial (Kg) De la caña. Hacienda Juan Viñas S.A. 1998.

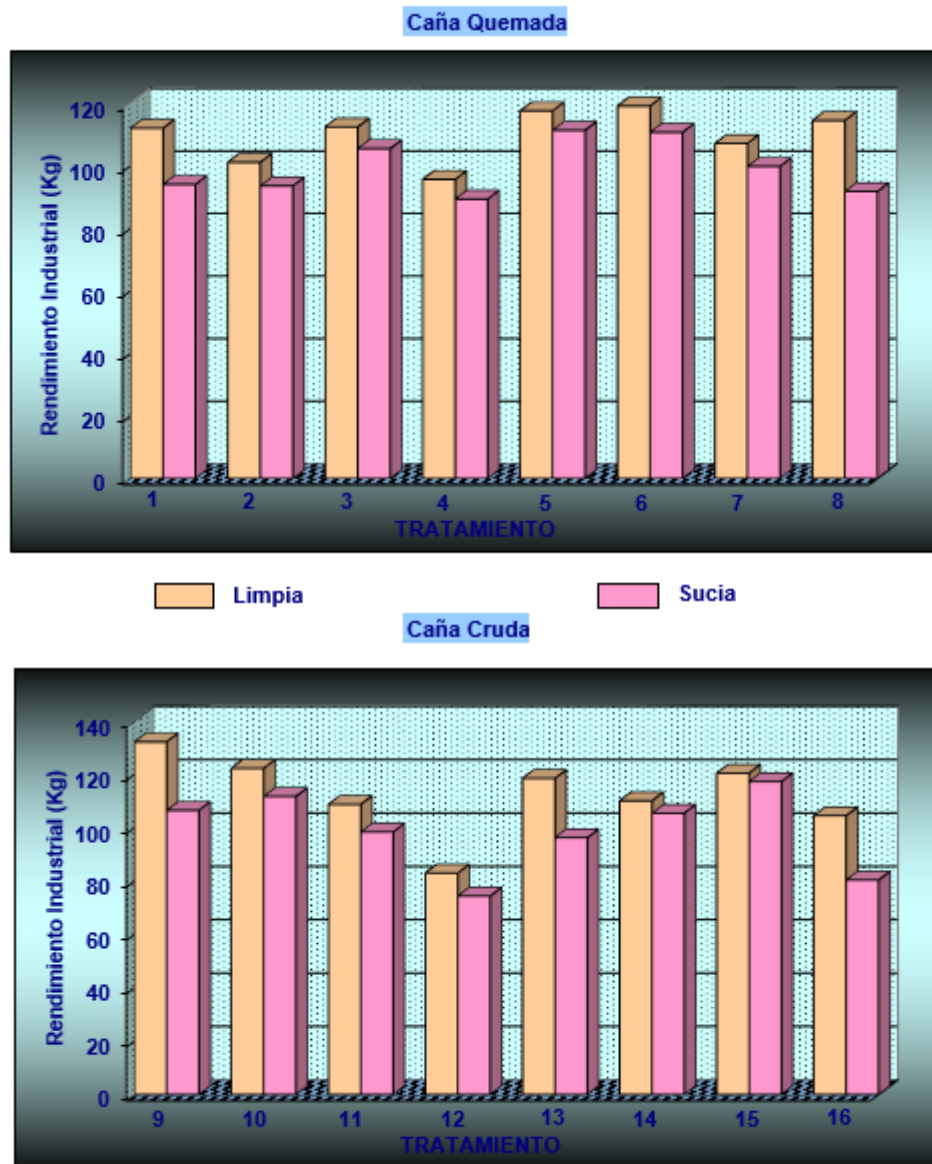


Figura 17A. Relación entre el contenido (%) total de materia extraña y el rendimiento industrial según tratamiento evaluado. Hacienda Juan Viñas, S.A. 1998.

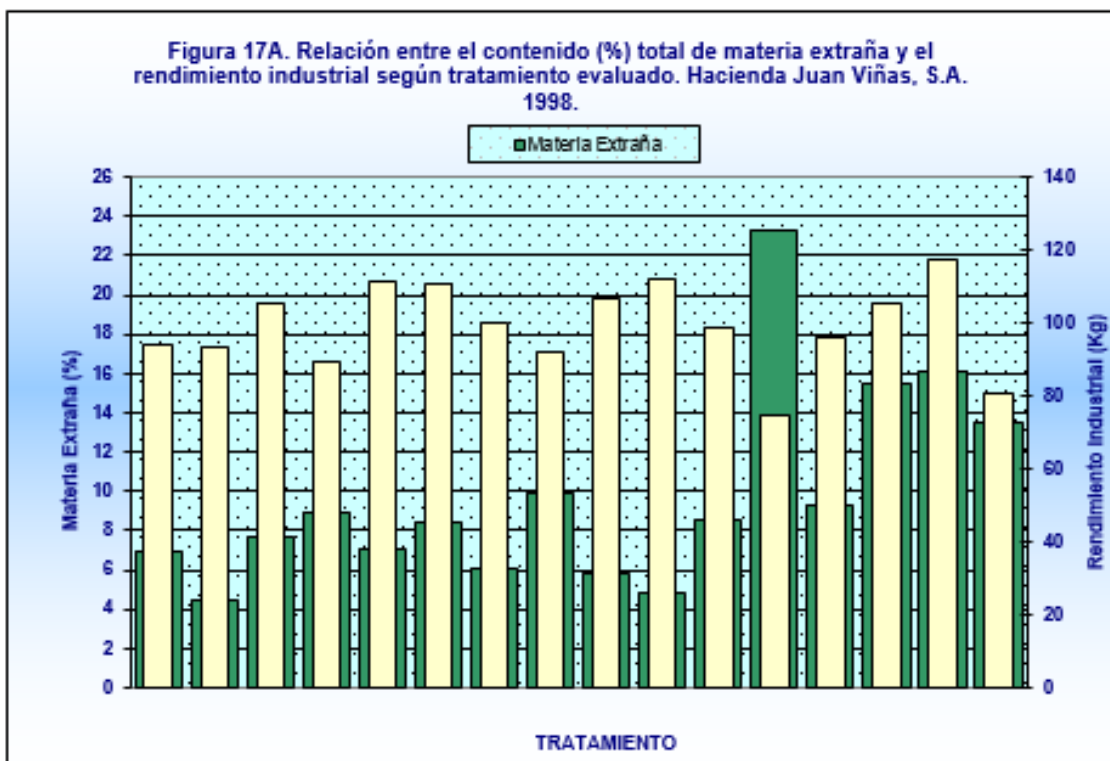
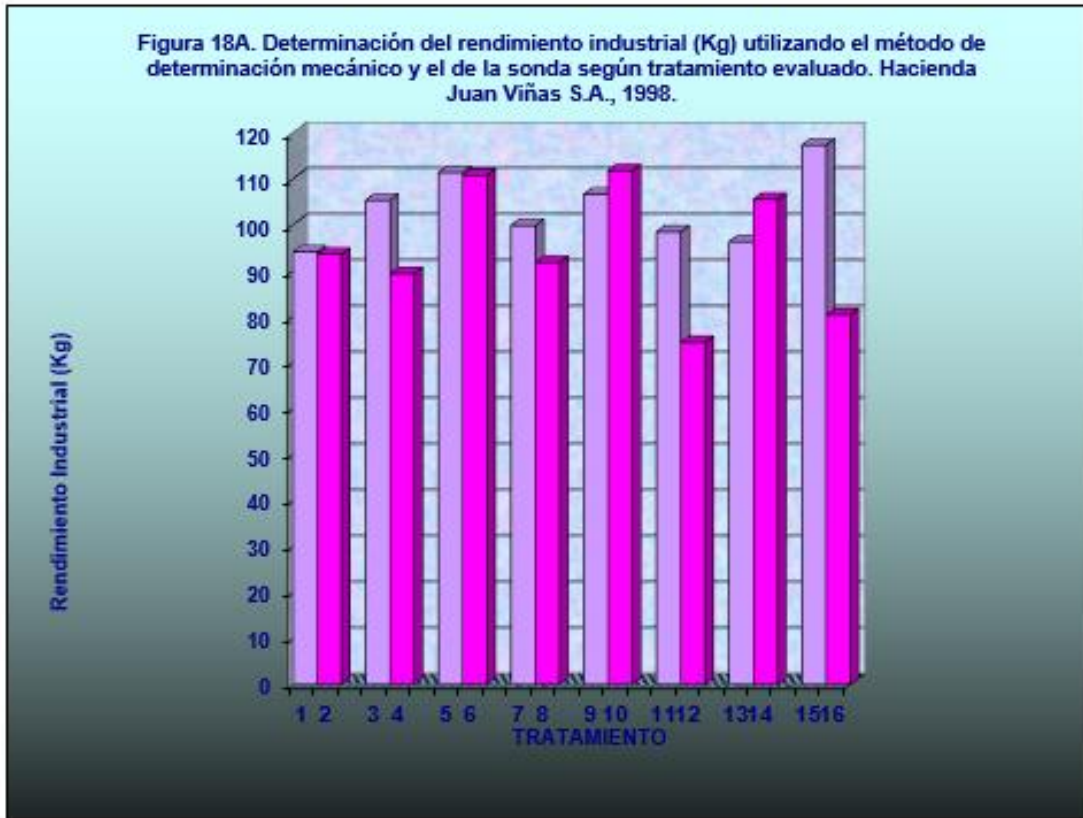


Figura 18A. Determinación del rendimiento industrial (Kg) utilizando el método de determinación mecánico y el de la sonda según tratamiento evaluado. Hacienda Juan Viñas S.A., 1998.



MECANICA

SONDA

Cuadro 14A.

Valores promedio generales obtenidos a partir del análisis de las principales variables industriales, según factor y nivel evaluado, Hacienda Juan Viñas S.A., Costa Rica. 1998.

VARIABLE	NIVEL **	FACTORES											
		MODALIDAD COSECHA		*	VARIEDAD		*	TIPO CARGA		*	FORMA MUESTREO		*
		Limpia	Sucia		Diferencia	Limpia		Sucia	Diferencia		Limpia	Sucia	
BRIX (%) JUGO	1	20,05	18,96	1,09	19,45	18,58	0,87	19,56	18,73	0,83	20,08	19,07	1,01
	2	19,08	18,36	0,72	19,67	18,74	0,93	19,58	18,58	1,00	19,05	18,24	0,81
POL (%) JUGO	1	16,86	15,44	1,42	16,16	15,13	1,03	16,88	15,73	1,15	17,01	15,72	1,29
	2	16,16	15,20	0,96	16,86	15,51	1,35	16,14	14,92	1,22	16,01	14,92	1,09
PUREZA (%) JUGO	1	83,92	83,92	0	83,01	81,32	1,69	86,30	83,30	3,00	84,75	82,66	2,09
	2	84,74	82,66	2,08	85,64	82,89	2,75	82,36	80,66	1,70	83,91	81,56	2,35
SACAROSA (%) CAÑA	1	13,46	12,15	1,31	13,02	11,90	1,12	13,62	12,47	1,15	13,74	12,56	1,18
	2	13,03	12,06	0,97	13,47	12,31	1,16	12,87	11,75	1,12	12,75	11,65	1,10
FIBRA (%) CAÑA	1	15,58	17,03	-1,45	15,01	16,55	-1,54	14,88	15,94	-1,06	14,82	15,91	-1,09
	2	14,93	15,92	-0,99	15,54	16,40	-0,86	15,68	17,00	-1,32	15,73	17,03	-1,3
PESO TORTA (g)	1	156,19	170,02	-13,83	149,95	165,30	-15,35	148,76	159,43	-10,67	148,12	159,13	-11,01
	2	149,07	159,29	-10,22	155,31	164,01	-8,7	156,50	169,88	-13,38	157,14	170,18	-13,04

* Corresponde a la diferencia encontrada para cada variable entre la caña sucia (con basura) respecto de la limpia (sin basura).

** Cada nivel debe ubicarse y ser referido de acuerdo al factor bajo estudio correspondiente en la forma como se indica a continuación:

Modalidad Cosecha	Variedad	Tipo Carga	Forma Muestreo
1= Cruda 2= Quemada	1= H 60-8521 2= H 61-1721	1= Manual 2= Mecánica	1= Mecánica 2= Sonda

La presencia de un índice negativo significa que el valor de la caña sucia (con basura es mayor).

Cuadro 15A.

Valores de Rendimiento Industrial Promedio (kg de azúcar/tmc) obtenidos según tratamiento estudiado, Hacienda Juan Viñas S.A., Costa Rica. 1998.

TRATAMIENTO	RENDIMIENTO INDUSTRIAL (kg azúcar /tmc)			
	CAÑA LIMPIA	CAÑA SUCIA	DIFERENCIA *	%
1	112,02	94,05	17,97	19,11
2	101,12	93,56	7,56	8,08
3	112,43	105,5	6,92	6,57
4	95,65	89,35	6,3	7,05
5	117,58	111,35	6,23	5,60
6	119,14	110,73	8,41	7,60
7	107,14	99,81	7,33	7,34
8	114,84	91,78	23,06	25,12
9	132,18	106,54	25,64	24,07
9	122,27	111,75	10,52	9,41
10	108,76	98,42	10,34	10,51
11	83,03	74,4	8,63	11,60
12	118,5	96,28	22,22	23,08
13	110,1	105,48	4,53	4,38
15	120,48	117,31	3,18	2,70
16	104,51	80,39	24,11	30,00
	111,23	99,17	12,06	12,16

Cada valor es el promedio de 5 repeticiones.

*** Corresponde a la diferencia (dada e kilogramos) de la caña sucia respecto a la limpia.**

Cuadro 16A.
Caracterización de la información obtenida según indicadores estadísticos evaluados.
Hacienda Juan Viñas S.A., Costa Rica. 1998.

Indicador	Variables (Componentes de la Materia Extraña)							
	Hojas	Cogollos	Mamones	Caña Seca Podrida	Caña No Moledera	Tierra	Raíces	Otras Materias*
N° de Observaciones (n)	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00
Valor Máximo	9,12	9,44	5,85	9,74	28,5	3,80	5,57	4,91
Valor Mínimo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Amplitud Total	9,12	9,44	5,85	9,74	28,5	3,80	5,57	4,91
Promedio Aritmético	2,11	0,98	0,89	2,14	4,71	0,18	0,43	0,14
Varianza	1,17	1,80	1,42	2,99	76,56	0,21	0,19	0,30
Error Estándar	0,12	0,15	0,13	0,19	0,98	0,05	0,05	0,66
Desviación Estándar	1,08	1,34	1,19	1,73	8,75	0,46	0,43	0,55
Coefficiente de Variación (%)	51,47	136,4	133,77	80,77	185,73	252,5	99,59	393,99

* Se refiere a piedras, sección de cepa, plásticos, malezas, etc.

Cuadro 17A.
Caracterización de la información obtenida según indicadores estadísticos evaluados.
Hacienda Juan Viñas S.A., Costa Rica. 1998.

Indicador	Variables (kg)		
	Total Materia Extraña	Tallos Molederos	Total de Muestra
N° de Observaciones (n)	80,00	80,00	80,00
Valor Máximo	30,67	375,00	400,50
Valor Mínimo	0,11	1,36	1,88
Amplitud Total	30,56	373,64	398,62
Promedio Aritmético	11,62	131,44	140,00
Varianza	60,06	430,56	930,25
Error Estándar	0,87	2,32	3,41
Desviación Estándar	7,75	20,75	30,50
Coefficiente de Variación (%)	66,70	15,79	21,79

Cuadro 18A.

Resumen del Análisis de Varianza (cuadrado medio) de las variables evaluadas (valores relativos en el estudio de determinación de los contenidos de materia extraña en entregas comerciales de caña en Hacienda Juan Viñas S.A., Costa Rica. 1998.

Fuente de Variación	GL	Cuadrado Medio							
		Porcentaje Relativo Respecto al Total de Materia Extraña							
		Hojas	Cogollos	Mamones	Caña Seca Podrida	Caña No Moledera	Tierra	Raíces	Otras Materias
Tratamientos	15	0,32**	0,13**	0,099**	0,15**	0,52**	0,078	0,043**	0,011
A	1	0,62**	0,30**	0,00093	0,27*	0,045	0,0029	0,053	0,0039
B	1	0,06	0,65	0,0022	0,11	0,048	0,079	0,055	0,00019
C	1	0,85**	0,05	0,0015	0,011	0,0055	0,41*	0,0069	0,030
D	1	0,59**	1,28**	1,25**	0,56**	7,29**	0,16	0,15**	0,041
A*B	1	0,26	0,43	0,011	0,01	0,0025	0,006	0,042	0,045*
A*C	1	0,12	0,0066	0,021	0,67**	0,0064	0,0820	0,0011	0,0037
A*D	1	0,45*	0,052	0,00093	0,0022	0,01	0,025	0,000036	0,0031
B*C	1	0,12	0,03	0,0072	0,11	0,022	0,00020	0,0071*	0,00078
B*D	1	0,08	0,0044	0,022	0,041	0,0089	0,038	0,035	0,0031
C*D	1	1,03**	0,000080	0,0015	0,0015	0,00025	0,13	0,043	0,0082
A*B*C	1	0,000079	0,000074	0,0055	0,09	0,15*	0,033	0,0071	0,014
A*B*D	1	0,19	0,013	0,011	0,035	0,13	0,00024	0,00048	0,0052
B*C*D	1	0,02	0,0036	0,0072	0,0024	0,0079	0,0058	0,019	0,000096
A*B*C*D	2	0,23*	0,037	0,038	0,17	0,05	0,10	0,079**	0,0054
Error	64	0,07	0,017	0,017	0,067	0,035	0,064	0,016	0,0064
Total	79								
CV (%)		51,01	80,06	104,33	76,69	55,32	198,94	95,78	175,94

* Significativo al Nivel del 5% de Probabilidad.

** Significativo al Nivel del 1% de Probabilidad.

Descripción de

Factores:

A= Modalidad de Cosecha

B= Variedades

C= Tipo de Carga

D= Forma de Muestreo

Cuadro 19A.

Resumen del Análisis de Varianza (Cuadrado Medio) de las variables evaluadas en el estudio de determinación de los contenidos de materia extraña (valor absoluto) entregas comerciales de caña en Hacienda Juan Viñas S.A., Costa Rica. 1998.

Fuente de Variación	GL	Cuadrado Medio							
		Porcentaje Relativo Respecto al Total de Materia Extraña							
		Hojas	Cogollos	Mamones	Caña Seca Podrida	Caña No Moledera	Tierra	Raíces	Otras Materias
Tratamientos	15	0,036**	0,0083**	0,0073**	0,011	0,040**	0,013	0,0032*	0,00099
A	1	0,12**	0,014**	0,00011	0,035*	0,018*	0,0099	0,0062*	0,00096
B	1	0,00045	0,0035	0,0014	0,019	0,0011	0,0055	0,0019	0,0011
C	1	0,092**	0,0039	0,0000099	0,0042	0,0010	0,054*	0,00050	0,033*
D	1	0,055**	0,090**	0,091**	0,028*	0,52**	0,042	0,012**	0,0022
A*B	1	0,0022*	0,0016	0,00023	0,0075	0,0022	0,00011	0,0029	0,0044*
A*C	1	0,0011	0,00043	0,0018	0,038*	0,00099	0,0013	0,00083	0,0000035
A*D	1	0,051**	0,0011	0,00011	0,0000097	0,0015	0,012	0,0014	0,000081
B*C	1	0,029**	0,0029	0,00096	0,0021	0,00099	0,0012	0,0078*	0,00039
B*D	1	0,002	0,00066	0,0014	0,0067	0,0036	0,0024	0,0045	0,00054
C*D	1	0,010**	0,00000034	0,0000099	0,00033	0,0000011	0,025	0,0033	0,00037
A*B*C	1	0,017*	0,000065	0,0048*	0,012	0,0089	0,0059	0,00014	0,0018
A*B*D	1	0,031**	0,0020	0,00023	0,0017	0,020*	0,000015	0,0000058	0,000028
B*C*D	1	0,013	0,000069	0,00096	0,0052	0,0040	0,0044	0,00055	0,00016
A*B*C*D	2	0,0071	0,0023	0,0033	0,0082	0,0079	0,013	0,0037	0,00029
Error	64	0,0035	0,0011	0,0012	0,0069	0,0042	0,011	0,0015	0,00076
Total	79								
CV(%)		40,88	76,59	102,55	86,91	71,55	228,54	105,88	206,48

* Significativo al Nivel del 5% de Probabilidad.

** Significativo al Nivel del 1% de Probabilidad.

Descripción de Factores:

A= Modalidad de Cosecha

B= Variedades

C= Tipo de Carga

D= Forma de Muestreo

Cuadro 20A.
Caracterización de la Información Obtenida en el Estudio Según Indicadores Estadísticos Evaluados.
Hacienda Juan Viñas S.A., Costa Rica. 1998.

Indicador	Rendimiento Industrial (kg azúcar/tmc)		Variables (Porcentaje en Jugo)					
	Caña Limpia	Caña Sucia	Brix		Pol		Pureza	
			Caña Limpia	Caña Sucia	Caña Limpia	Caña sucia	Caña Limpia	Caña Sucia
Nº de Observaciones (n)	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00
Valor Máximo	152,08	143,28	22,70	23,10	21,02	20,39	94,22	92,10
Valor Mínimo	60,87	46,11	14,80	13,60	11,60	8,36	68,24	67,93
Amplitud Total	91,21	97,17	7,90	9,50	9,41	12,03	25,98	24,17
Promedio Aritmético	111,23	99,17	19,56	18,67	16,51	15,38	84,33	82,10
Varianza	189,89	283,25	2,07	3,46	2,22	4,12	22,75	26,94
Error Estándar	1,54	1,88	0,16	0,20	0,17	0,23	0,53	0,58
Desviación Estándar	13,78	16,83	1,45	1,86	1,49	2,03	4,77	5,19
Coficiente de Variación (%)	12,39	16,98	7,39	9,94	9,03	13,19	5,65	6,32

Cuadro 21A.
Caracterización de la Información Obtenida en el Estudio Según Indicadores Estadísticos
Evaluados. Hacienda Juan Viñas S.A., Costa Rica. 1998.

Indicador	Variables (Porcentaje en Jugo)					
	Sacarosa		Fibra		Torta Residual	
	Caña Limpia	Caña Sucia	Caña Limpia	Caña sucia	Caña Limpia	Caña Sucia
Nº de Observaciones (n)	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00
Valor Máximo	16,85	16,61	19,72	23,99	197,20	239,90
Valor Mínimo	8,89	6,46	12,57	13,25	125,70	132,50
Amplitud Total	7,96	10,15	7,15	10,74	71,50	107,40
Promedio Aritmético	13,24	12,11	15,28	16,47	152,63	164,65
Varianza	1,56	2,59	1,35	3,35	132,71	330,51
Error Estándar	0,14	0,18	0,13	0,21	1,29	2,03
Desviación Estándar	1,25	1,61	1,16	1,83	11,52	18,18
Coefficiente de Variación (%)	9,44	13,28	7,60	11,13	7,55	11,04

Cuadro 22A.

Resumen del Análisis de Varianza (Cuadrado Medio) de las Variables Evaluadas en el Estudio de Determinación de los Contenidos de Materia Extraña en Entregas Comerciales de Caña en Hacienda Juan Viñas S.A., Costa Rica. 1998.

Fuente de Variación	Gl	Cuadrado Medio							
		Rendimientos Industriales		Brix		Pol		Pureza	
		CAÑA LIMPIA	CAÑA SUCIA	CAÑA LIMPIA	CAÑA SUCIA	CAÑA LIMPIA	CAÑA SUCIA	CAÑA LIMPIA	CAÑA SUCIA
Tratamientos	15	675,53**	695,91**	10,10**	11,85**	10,20**	11,01**	40,39	36,52
A	1	124,13	9,69	19,01**	8,39	9,80*	2,5	13,59	24,48
B	1	628,6	488,96	0,97	0,95	9,77*	4,89	137,84*	49,50
C	1	2314,37**	1654,56*	0,02	0,67	10,91*	9,73	309,80**	167,94*
D	1	1922,86**	1612,45*	21,01**	15,58*	20,28**	16,58*	13,74	24,23
A*B	1	283,69	163,25	5,20	4,28	3,77	1,15	0,22	10,99
A*C	1	674,13	215,96	17,30**	15,93*	15,84**	10,94	7,05	0,09
A*D	1	540,54	141,25	5,51	4,47	6,95	3,02	16,70	0,08
B*C	1	761,44*	4,25	17,11**	3,83	16,25**	0,39	8,06	23,25
B*D	1	725,83	0,26	4,80	4,95	10,72*	0,42	52,73	23,04
C*D	1	167,07	3027,28**	3,04	22,58*	2,78	32,28**	3,37	99,93
A*B*C	1	1476,36**	1957,03*	46,51**	85,49**	38,92**	63,19**	9,85	11,45
A*B*D	1	205,99	89,00	0,88	0,25	1,89	2,09	6,46	20,37
B*C*D	1	128,45	23,33	1,01	0,47	1,72	0,92	8,17	4,49
A*B*C*D	2	89,72	525,68	4,56	4,98	1,71	8,50	9,10	43,99
Error	64	190,00	283,39	2,09	3,44	2,22	4,12	22,74	26,94
Total	79								
CV (%)		12,39	16,89	7,39	9,94	9,03	13,19	5,65	6,32

* Significativo al Nivel del 5% de Probabilidad.

** Significativo al Nivel del 1% de Probabilidad.

Descripción de Factores:

A= Modalidad de Cosecha

B= Variedades

C= Tipo de Carga

D= Forma de Muestreo

Cuadro 23A.

Resumen del Análisis de Varianza (Cuadrado Medio) de las variables evaluadas en el estudio de determinación de los contenidos de materia extraña en entregas comerciales de caña en Hacienda Juan Viñas, S.A., Costa Rica. 1998.

Fuente de Variación	GI	CUADRADO MEDIO					
		Sacarosa en Caña		Fibra en Caña		Peso Torta	
		CAÑA LIMPIA	CAÑA SUCIA	CAÑA LIMPIA	CAÑA SUCIA	CAÑA LIMPIA	CAÑA SUCIA
Tratamientos	15	6,63**	7,37**	3,78**	9,95**	371,77**	980,51**
A	1	3,8	0,16	9,37*	24,55**	1011,75**	2299,44*
B	1	4,09	3,44	5,62*	0,41	576,20*	33,41
C	1	11,33**	10,59*	12,82**	22,41*	1197,38**	2180,92*
D	1	19,58**	10,53*	16,54**	25,09**	1629,92**	2445,37**
A*B	1	3,26	2,37	1,60	10,79	152,63	1186,57
A*C	1	8,27*	4,29	2,72	5,95	233,59	675,7
A*D	1	5,08	2,15	0,61	0,76	65,70	50,72
B*C	1	9,86*	0,61	0,02	5,35	2,42	505,52
B*D	1	6,45*	0,37	0,20	0,55	32,64	46,36
C*D	1	1,83	28,80**	0,11	28,44**	8,91	2776,55*
A*B*C	1	20,75**	30,68**	5,41*	15,35*	530,97*	1662,57*
A*B*D	1	1,50	0,51	0,38	4,58	24,31	392,06
B*C*D	1	1,27	0,19	0,29	4,63	17,77	435,71
A*B*C*D	2	1,22	4,92	0,52	0,16	46,21	8,38
Error	64	1,56	2,58	1,34	3,36	132,67	330,61
Total	79						
CV (%)		9,44	13,28	7,60	11,13	7,55	11,04

* Significativo al Nivel del 5% de Probabilidad.

** Significativo al Nivel del 1% de Probabilidad.

Descripción de Factores:

A= Modalidad de Cosecha

B= Variedades

C= Tipo de Carga

D= Forma de Muestreo

Cuadro 24A.

Grado de Correlación (r) y Regresión (R²) (Lineal) entre el Rendimiento Industrial (kg azúcar/tmc) respecto al contenido de materia extraña (%) para la caña limpia (sin basura), según modalidad de cosecha, Hacienda Juan Viñas S.A. Costa Rica. 1998.

Tratamiento	Quemada		Tratamiento	Verde	
	Materia Extraña	Rendimiento (kg azúcar/tmc)		Materia Extraña	Rendimiento (kg azúcar/tmc)
1	6,93	112,02	9	5,80	132,18
2	4,50	101,12	10	4,87	122,27
3	7,69	112,43	11	8,49	108,76
4	8,97	95,65	12	23,30	83,03
5	7,00	117,58	13	9,24	118,50
6	8,39	119,14	14	15,53	110,10
7	6,05	107,14	15	13,67	120,48
8	9,87	114,84	16	13,56	104,51
Promedio	7,43	109,99	Promedio	11,81	112,48
r	0,25		r	0,86	
Regresión	Y=100,89 + 1,23 (x)		Regresión	Y=137,36 - 2,11 (x)	
r²	0,07		r²	0,74	

Cuadro 25A.

Grado de Correlación (r) y Regresión (R²) (Lineal) entre el Rendimiento Industrial Respecto al contenido de materia extraña (%) para la caña sucia (con basura), según modalidad de cosecha. Hacienda Juan Viñas S.A., Costa Rica. 1998.

Tratamiento	Quemada		Tratamiento	Verde	
	Materia Extraña	Rendimiento (kg azúcar/tmc)		Materia Extraña	Rendimiento (kg azúcar/tmc)
1	6,93	94,05	9	5,80	106,54
2	4,50	93,56	10	4,87	111,75
3	7,69	105,50	11	8,49	98,42
4	8,97	89,35	12	23,30	74,40
5	7,00	111,35	13	9,24	96,28
6	8,39	110,73	14	15,53	105,48
7	6,05	99,81	15	13,67	117,31
8	9,87	91,78	16	13,56	80,39
Promedio	7,43	99,52	Promedio	11,81	98,82
r	0,07		r	0,61	
Regresión	Y=102,27 - 0,37 (x)		Regresión	Y=116,56 - 1,50 (x)	
r²	0,01		r²	0,37	

Cuadro 26A.

Grado de Correlación (r) y Regresión (R²) (Lineal) entre el Rendimiento Industrial (kg azúcar/tmc) respecto al contenido de materia extraña (%) para la caña limpia (sin basura), según la variedad de caña evaluada. Hacienda Juan Viñas S.A. Costa Rica. 1998.

Tratamiento	H 60-8521		Tratamiento	H 61-1721	
	Materia Extraña	Rendimiento (kg azúcar/tmc)		Materia Extraña	Rendimiento (kg azúcar/tmc)
1	6,93	112,02	5	7,00	117,58
2	4,50	101,12	6	8,39	119,14
3	7,69	112,43	7	6,05	107,14
4	8,97	95,65	8	9,87	114,84
9	5,80	132,18	13	9,24	118,50
10	4,87	122,27	14	15,53	110,10
11	8,49	108,76	15	13,67	120,48
12	23,30	83,03	16	13,56	104,51
Promedio	8,82	108,43	Promedio	10,41	114,04
r	0,73		r	0,19	
Regresión	Y= 124,70 - 1,84 (x)		Regresión	Y= 117,43-0,33 (x)	
r²	0,53		r²	0,03	

Cuadro 27A.

Grado de Correlación (r) y Regresión (R²) (Lineal) entre el Rendimiento Industrial (kg azúcar/tmc) respecto al Contenido de Materia Extraña (%) para la Caña Sucia (Con Basura), según la Variedad de Caña Evaluada. Hacienda Juan Viñas S.A., Costa Rica. 1998.

Tratamiento	H 60-8521	
	Materia Extraña	Rendimiento (kg azúcar/tmc)
1	6,93	94,05
2	4,50	93,56
3	7,69	105,50
4	8,97	89,35
9	5,80	106,54
10	4,87	111,75
11	8,49	98,42
12	23,30	74,40
Promedio	8,82	96,70
r	0,81	
Regresión	Y= 110,54 - 1,57 (x)	
r ²	0,65	

Tratamiento	H 61-1721	
	Materia Extraña	Rendimiento (kg azúcar/tmc)
5	7,00	111,35
6	8,39	110,73
7	6,05	99,81
8	9,87	91,78
13	9,24	96,28
14	15,53	105,48
15	13,67	117,31
16	13,56	80,39
Promedio	10,41	101,64
r	0,10	
Regresión	Y= 105,16-0,34 (x)	
r ²	0,01	

Cuadro 28A.

Grado de Correlación (r) y Regresión (R²) (Lineal) entre el Rendimiento Industrial (kg azúcar/tmc) respecto al contenido de materia extraña (%) para la caña limpia (sin basura), según el tipo de carga empleado. Hacienda Juan Viñas S.A., Costa Rica.

Tratamiento	Manual		Tratamiento	Mecánica	
	Materia Extraña	Rendimiento (kg azúcar/tmc)		Materia Extraña	Rendimiento (kg azúcar/tmc)
1	6,93	112,02	3	7,69	112,43
2	4,50	101,12	4	8,97	95,65
5	7,00	117,58	7	6,05	117,14
6	8,39	119,14	8	9,87	114,84
9	5,80	132,18	11	8,49	108,76
10	4,87	122,27	12	23,30	83,03
13	9,24	118,5	15	13,67	120,48
14	15,53	110,5	16	13,56	104,51
Promedio	7,78	116,61	Promedio	11,45	105,86
r	0,17		r	0,60	
Regresión	Y= 120,15 - 0,45 (x)		Regresión	Y= 120,54 - 1,28 (x)	
r²	0,03		r²	0,36	

Cuadro 29A.

Grado de Correlación (r) y Regresión (R²) (Lineal) entre el Rendimiento Industrial (kg azúcar/tmc) respecto al contenido de materia extraña (%) para la caña sucia (con basura), según el Tipo de Carga Empleado. Hacienda Juan Viñas S.A., Costa Rica.

Tratamiento	Manual		Tratamiento	Mecánica	
	Materia Extraña	Rendimiento (kg azúcar/tmc)		Materia Extraña	Rendimiento (kg azúcar/tmc)
1	6,93	94,05	3	7,69	105,50
2	4,50	93,56	4	8,97	89,35
5	7,00	101,35	7	6,05	99,81
6	8,39	110,73	8	9,87	91,78
9	5,80	106,54	11	8,49	98,42
10	4,87	111,75	12	23,30	74,40
13	9,24	96,28	15	13,67	117,31
14	15,53	105,48	16	13,56	80,39
Promedio	7,78	103,72	Promedio	11,45	94,62
r	0,07		r	0,53	
Regresión	Y= 102,49 + 0,16 (x)		Regresión	Y= 109,95 - 1,34 (x)	
r²	0,01		r²	0,29	

Cuadro 30A.

Grado de Correlación (r) y Regresión (R²) (Lineal) entre el Rendimiento Industrial (kg azúcar/tmc) respecto al contenido de materia extraña (%) para la caña limpia (sin basura), según forma de tomar la muestra. Hacienda Juan Viñas S.A., Costa Rica.

Tratamiento	Manual	
	Materia Extraña	Rendimiento (kg azúcar/tmc)
1	6,93	112,02
3	7,69	112,43
5	7,00	117,58
7	6,05	107,14
9	5,80	132,18
11	8,49	108,76
13	9,24	118,5
15	13,67	120,48
Promedio	8,11	116,14
r	0,07	
Regresión	Y= 114,27 + 0,23 (x)	
r²	0,01	

Tratamiento	Sonda Mecánica	
	Materia Extraña	Rendimiento (kg azúcar/tmc)
2	4,50	101,12
4	8,97	95,65
6	8,39	119,14
8	9,87	114,84
10	4,87	122,27
12	23,30	83,03
14	15,53	110,10
16	13,56	104,51
Promedio	11,12	106,33
r	0,63	
Regresión	Y= 121,12 - 1,33 (x)	
r²	0,40	

Cuadro 31A.

Grado de Correlación (r) y Regresión (R²) (Lineal) Entre el Rendimiento Industrial (kg azúcar/tmc) respecto al contenido de materia extraña (%) para la caña sucia (con basura), según forma de tomar la muestra. Hacienda Juan Viñas S.A., Costa Rica.

Tratamiento	Manual	
	Materia Extraña	Rendimiento (kg azúcar/tmc)
1	6,93	94,05
3	7,69	105,5
5	7,00	111,35
7	6,05	99,81
9	5,80	106,54
11	8,49	98,42
13	9,24	96,28
15	13,67	117,31
Promedio	8,11	103,66
r	0,49	
Regresión	Y= 91,17 + 1,54 (x)	
r²	0,24	

Tratamiento	Sonda Mecánica	
	Materia Extraña	Rendimiento (kg azúcar/tmc)
2	4,50	93,56
4	8,97	89,35
6	8,39	110,73
8	9,87	91,78
10	4,87	111,75
12	23,30	74,40
14	15,53	105,48
16	13,56	80,39
Promedio	11,12	90,68
r	0,61	
Regresión	Y= 109,59 - 1,34 (x)	
r²	0,37	

Cuadro 32A.
Costo (Agrícola) Incurrido por el Gasto de la Materia Extraña que Ingresa al Ingenio
como Materia Prima.

Tratamiento (Nº)	Contenido (%) Materia Extraña	Total Materia Extraña en la Caña (tm) ^{1/}	Costo (¢) por concepto de ^{2/} :			Costo Agrícola Total (¢) por Materia Extraña ^{3/}
			Corta	Carga	Transporte	
1	6,94	8.122	7.309.800	4.061.000	6.497.600	17.868.400
2	4,50	5.266	4.739.400	2.633.000	4.212.800	11.585.200
3	7,69	8.999	8.099.100	4.499.500	7.199.200	19.797.800
4	8,97	10.497	9.447.300	5.248.500	8.397.000	23.093.400
5	7,02	8.215	7.393.500	4.107.500	6.572.000	18.073.000
6	8,39	9.818	8.836.200	4.909.000	7.854.400	21.599.600
7	6,03	7.057	6.351.300	3.528.500	5.645.600	15.525.400
8	9,87	11.550	10.395.000	5.775.000	9.240.000	25.410.000
9	5,81	6.799	6.119.100	3.399.500	5.439.200	14.957.800
10	4,87	5.699	5.129.100	2.849.500	4.559.200	12.537.800
11	8,50	9.947	8.952.300	4.973.500	7.957.600	21.883.400
12	23,30	27.267	24.540.300	13.633.500	21.813.600	59.987.400
13	9,24	10.813	9.731.700	5.406.500	8.650.400	23.788.600
14	15,53	18.174	16.356.600	9.087.000	14.539.200	39.982.800
15	16,12	18.864	16.977.600	9.432.000	15.091.200	41.500.800
16	13,56	15.868	14.281.200	7.934.000	12.694.400	34.909.600
Promedio General	9,77	11.433	10.289.700	5.716.500	9.146.400	25.152.600

us\$ = ¢313,00

^{1/} Se tomó como base un total de 117,024 tm de caña propiedad de la Hacienda Juan Viñas, que fueron procesadas durante la Zafra 1997-98 en ese ingenio.

^{2/} Los valores corresponden a la Zafra 1999-2000 y fueron equivalente a ¢900,00 por corta, ¢500,00 por alza y ¢800,00 por transporte de una tonelada métrica, para un total de ¢2,200,00 tm.

^{3/} Es el costo total que implicó la corta, el alce y el acarreo de la basura como equivalente caña.

Cuadro 33A.

Costo (Industrial) Incurrido por el Valor de Azúcar que se dejó de Producir debido a la Materia Extraña que Ingresa al Ingenio.

Tratamiento No.	Total de Mat. Extraña que ingresa al Ingenio (tm)	Diferencia en Rto Industrial (kg/tm) ^{1/} entre caña limpia y sucia	Producción Azúcar Teórica (kg)	Producción Miel fina Teórica (kg)	Ingreso (c) Potencial ^{2/}		
					Azúcar	Miel	Total
1	8.122	17,97	2.102.921	260.066	195.088.007	2.597.023	197.685.031
2	5.266	7,56	884.701	168.617	82.073.753	1.683.813	83.757.565
3	8.999	6,92	809.806	288.148	75.125.710	2.877.446	78.003.565
4	10.497	6,30	737.251	336.114	68.394.794	3.356.434	71.512.288
5	8.215	6,23	729.060	263.044	67.634.852	2.626.760	70.261.612
6	9.818	8,41	984.172	314.372	91.301.622	3.139.322	94.440.944
7	7.057	7,33	857.786	225.965	79.576.800	2.256.488	81.833.288
8	11.550	23,06	2.698.573	369.831	250.346.658	3.693.132	254.039.790
9	6.799	25,64	3.000.495	217.704	278.355.955	2.173.992	280.529.946
10	5.699	10,52	1.231.092	182.482	114.208.449	1.822.265	116.030.714
11	9.947	10,34	1.210.028	318.503	112.254.312	3.180.570	115.434.883
12	27.267	8,63	1.009.917	873.089	93.690.011	8.718.670	102.408.681
13	10.813	22,22	2.600.273	346.232	241.227.352	3.457.475	244.684.828
14	18.174	4,53	530.119	581.931	49.179.114	5.811.168	54.990.281
15	18.864	3,18	372.136	604.025	34.523.086	6.031.796	40.554.883
16	15.868	24,11	2.821.449	508.093	261.745.790	5.073.820	266.819.611
Promedio General	11.433	12,06	1.411.309	366.085	130.927.177	3.655.721	134.582.898

1 us\$= ¢313,00

^{1/} La diferencia en el rendimiento industrial fue tomada de la información del Cuadro 19A entre caña limpia y sucia y multiplicada por el total de la caña procesada (117.024 tm)

^{2/} El precio del azúcar (agrícola + industrial) pagado en la Zafra 97-98 fue de ¢92,77 kg en condición de Cuota.

^{3/} El promedio de producción de miel en la Zafra 1998-99 en el Ingenio Juan Viñas fue de ¢32,02 kg/tm y su precio de ¢9,986 / kg

Cuadro 34A.
Efecto Económico según Tratamiento Inducido por la Presencia de Materia Extraña
en las Entregas Comerciales. Hacienda Juan Viñas S.A., 1998.

Tratamiento (No.)	Costo Agrícola (¢) ^{1/}	Valor Industrial (¢) ^{2/}	Pérdida Total (¢)
1	17.868.400	197.685.031	215.553.431
2	11.585.200	83.757.565	95.342.765
3	19.797.800	78.003.156	97.800.956
4	23.093.400	71.751.228	94.844.628
5	18.073.000	70.261.612	88.334.612
6	21.599.600	94.440.944	116.040.544
7	15.525.400	81.833.288	97.358.688
8	25.410.000	254.039.790	279.449.790
9	14.957.800	280.529.946	295.487.746
10	12.537.800	116.030.714	128.568.514
11	21.883.400	115.434.883	137.318.283
12	59.987.400	102.408.681	162.396.081
13	23.788.600	244.684.828	268.473.428
14	39.982.800	54.990.281	94.973.081
15	41.500.800	40.554.883	82.055.683
16	34.909.600	266.819.611	301.729.211
Promedio General	25.152.600	134.582.898	159.735.498

1 us\$=¢313,00

^{1/} Se refiere al costo (agrícola) incurrido por concepto de la corta, el alce y el acarreo de la materia extraña.

^{2/} Se refiere al valor (industrial) no percibido por la reducción de rendimiento fabril (azúcar + miel) por causa de la presencia de materia extraña.