



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
DE TUCUMÁN



FACULTAD DE  
CIENCIAS ECONOMICAS  
UNIVERSIDAD NACIONAL TUCUMAN

# **DISTINTAS ALTERNATIVAS DE RENDIMIENTO SOBRE EL USO DE MALOJA EN LAS CALDERAS PARA INGENIOS**

**Autores: Coria, Carla Verónica**

**González, María de los Ángeles**

**Director: Barboza, Eduardo**

**2012**

**Trabajo de Seminario: Licenciatura en Administración de Empresas**

## **RESUMEN**

Como en toda empresa, los ingenios también tienen como objetivo maximizar los beneficios, este trabajo se basa en el análisis de una alternativa nueva, el uso de maloja reemplazando el gas en las calderas, poco explorada en los ingenios tucumanos.

Este nuevo uso, tiene un doble beneficio. Por un lado, beneficio económico al reducir los costos en los m<sup>3</sup> de gas que utilizan las calderas, y por el otro, el beneficio ambiental, utilizando los residuos que deja la cosecha de caña de azúcar.

Se analiza con un programa específico los distintos niveles posibles de rendimiento que la maloja puede brindarle al proceso de producción del azúcar. La maloja, hojas y despuntes de la caña azúcar, inútil para la extracción del jugo en el proceso, puede ser de mucha utilidad si se la usa con este fin.

En la actualidad, en Tucumán, se esta utilizando la cosecha de caña en verde (sin quema), lo que genera una cantidad importante de biomasa que puede ser recolectada y utilizada en los ingenios como combustible adicional mezclándola con el bagazo.

## **PRÓLOGO**

La quema de la caña de azúcar viene causando impactos ambientales negativos sobre las poblaciones asentadas alrededor de las áreas que tienen mayor influencia de este cultivo.

Antes de cortar la caña se practican las quemas de las áreas listas para cosechar. Esta práctica que facilita el proceso de corte, carga y transporte al ingenio, es uno de los problemas ambientales más serios que tiene la actividad cañera. Algunos ingenios, están buscando reducir las áreas quemadas para la cosecha. Pero aún persiste un alto porcentaje de la caña que se quema antes del corte.

En los últimos años las restricciones a la quema de cañaverales han aumentado y algunos productores de la zona cañera de Tucumán han incursionado en un nuevo sistema de producción, que implica la cosecha de la caña sin quemar (o cosecha en verde). Esta práctica se ve posibilitada por el notable avance tecnológico registrado en los nuevos modelos de cosechadoras que realizan una muy buena labor de limpieza.

Una alternativa que viene creciendo en otros países plantea la recolección y utilización de los residuos de cosecha como combustible vegetal para la producción de vapor en calderas.

Con este fin se realizó una búsqueda bibliográfica para conocer el nuevo panorama y evaluar la posibilidad de rentabilidad con esta alternativa en los ingenios.

Para ello, de modo introductorio, en el capítulo primero explicamos el proceso de producción de azúcar; en el capítulo segundo conocemos las características de nuestro objeto de estudio, en el capítulo tercero investigamos el papel que tienen las calderas y el bagazo en el proceso, ya que la reducción de costos se realiza a través de una economización en su uso. El capítulo cuarto, describe todo el proceso desde la recolección de la maloja en campos hasta el análisis del rendimiento en el remplazo de gas. Por último, el capítulo quinto, presenta el análisis económico del RAC (combinación de maloja y bagazo) y el modelo de análisis de rentabilidad posible para los ingenios.

En estas últimas líneas de la sección queremos dejar nuestro agradecimiento al Profesor por dirigirnos y corregirnos, a los distintos ingenieros, entre ellos, al Ing. Moyano Paz, que nos facilitó información de estudios realizados por la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombes, y al Ing. Álvarez Costas. Queremos agradecer especialmente al Ingenio La Providencia, y al Ing. Alejandro Chazarreta por recibirnos tan cordialmente en la visita guiada y por toda la información que nos brindó. También queremos agradecer al Instituto de Investigación Azucarera por ayudarnos con información complementaria de nuestro marco teórico.

## **CAPÍTULO I**

### **PROCESO PRODUCTIVO DE AZÚCAR DE CAÑA**

Sumario: 1.- Extracción del jugo 2.- Purificación del jugo: clarificación 3.- Evaporación 4.- clarificación del jarabe crudo 5.- Cristalización 6.- Centrifugación o purga; reebullición de las mieles.

#### **1.-Extracción del jugo**

La extracción del jugo, moliendo la caña entre pesados rodillos o mazas, constituye la primera etapa del procesamiento del azúcar crudo. Primero, la caña se prepara para la molienda mediante cuchillas giratorias que cortan los tallos en pedazos pequeños, mediante molinos de martillos que desmenuzan la caña pero no extraen el jugo, o bien, en forma más general, por una combinación de dos o tres de dichos métodos. El molino o trapiche consta de unidades múltiples que utilizan combinaciones de tres rodillos, a través de los cuales pasan sucesivamente la caña exprimida o bagazo. Para ayudar a la extracción de jugo se aplican aspersiones de agua o guarapo diluido sobre la capa de bagazo según sale de cada unidad de molienda; lo anterior contribuye a extraer por lixiviación el azúcar. El proceso,

conocido como imbición (o con menor frecuencia, saturación o maceración), puede presentar muchas modificaciones. En las prácticas de moliendas, más eficientes, más del 95% del azúcar contenido en la caña pasa al jugo; este porcentaje se conoce como la extracción de sacarosa (Pol de extracción), o, más sencillamente, la extracción.

En varios países productores de azúcar, desde el inicio de la década de 1960 se han adoptado unidades comerciales de difusión de la caña.

El bagazo final (megass) que sale del último molino contiene el azúcar no extraído, fibra leñosa y de un 45 a un 55% de agua. Este material pasa por lo general a las calderas como combustible, pero muchos ingenios compran combustible y utilizan bagazo en la fabricación de tablas de bagazo prensado para paredes o papel, cama para el ganado, u otra utilización comercial de los productos secundarios. El diagrama de proceso muestra un tándem de molienda con dos juegos de cuchillas giratorias para la caña, una desmenuzadora de dos rodillos y cuatro molinos de tres molinos o mazas cada uno.

## **2.- Purificación del jugo: Clarificación.**

El jugo de color verde oscuro procedente de los trapiches es ácido y turbio. El proceso de clarificación (o defecación), diseñado para remover las impurezas tanto solubles como insolubles, emplea en forma universal cal y calor agentes clarificantes. La lechada de cal alrededor de 1 lb (0.5 kg) (CaO) por tonelada de caña, neutraliza la acidez natural del jugo, formando sales insolubles de calcio, en su mayor parte fosfato de calcio. El calentamiento de jugo alcalizado hasta el punto de ebullición o ligeramente arriba coagula la albúmina y algunas grasas, ceras y gomas; el precipitado así formado atrapa los sólidos en suspensión al igual que las partículas más finas. Los lodos se separan del jugo clarificado por sedimentación y se filtran en tambores rotativos de filtración. El jugo filtrado regresa al proceso o pasa directamente al jugo clarificado y la torta de la prensa (cachaza en Latinoamérica). Es desechada o se regresa a los campos como fertilizantes. El jugo clarificado transparente y de un color parduzco pasa a los evaporadores sin tratamiento adicional.

Asimismo, se han desarrollado una amplia variedad de modificaciones del tratamiento con calor y cal.

### **3.- Evaporación**

El jugo clarificado, que tiene más o menos la misma composición que el jugo crudo extraído excepto las impurezas precipitadas por el tratamiento con cal, contiene aproximadamente un 85% de agua. Dos terceras partes de esta agua se evaporan en evaporadores al vacío de múltiple efecto, los cuales consisten en una sucesión (generalmente cuatro) de celdas de ebullición al vacío, o “cuerpos” dispuestos en serie de manera que cada cuerpo subsiguiente tiene un grado mas alto de vacío y, por consiguiente, hierbe a una temperatura más baja. Los vapores de un cuerpo hacen hervir de esta manera el jugo contenido en el siguiente cuerpo. Mediante este sistema, el vapor introducido en el primer cuerpo efectúa una evaporación de múltiple efecto. El vapor del cuerpo final pasa a un condensador. Un cuádruple efecto en el cual el vapor evapora cuatros veces su peso en agua. El jarabe (meladura en Latinoamérica) sale en forma continua del último cuerpo con aproximadamente 65% de sólidos y 35% de agua.

### **4.- Clarificación del jarabe crudo.**

El proceso es similar a la fosfatación del refundido en una refinería de azúcar. En este caso, se añaden al jarabe o meladura cal y ácido fosfórico, y luego se aérea junto con la adición de un polímero floculante. A continuación el jarabe floculado se pasa directamente a un clarificador, por ejemplo del tipo Jacob, o un clarificador Talo.

## **5.- Cristalización**

La cristalización tiene lugar en tachos al vacío de simple efecto, donde el jarabe se evapora hasta quedar saturado de azúcar. En este momento se añaden semillas a fin de que sirvan de núcleos para los cristales de azúcar, y se va añadiendo más jarabe según se evapora el agua. El crecimiento de los cristales continúa hasta que se llena el tacho. Bajo la vigilancia de un tachero experto (o con instrumentos adecuados) los cristales originales crecen sin que se formen cristales adicionales, de manera que cuando el tacho está totalmente lleno todos los cristales tienen el tamaño deseado, y los cristales y el jarabe forman una masa densa conocida como *masa cocida* (llamada también fillmass en algunas ramas de la industria). La *templa* (el contenido del tacho) se descarga luego por medio de una válvula de pie a un mezclador o cristizador.

La ebullición de las masas cocidas y la reebullición de las mieles se llevan a cabo utilizando sistemas de ebullición escogidos para ajustarse a muchas condiciones.

## **6.-Centrifugación o purga; reebullición de las mieles**

La masa proveniente del mezclador o del cristalizados se lleva a máquinas giratorias llamadas centrifugas. El tambor cilíndrico suspendido de una eje tiene paredes laterales perforadoras forradas en el interior con tela metálica, entre esta y las paredes hay laminas metálicas que contienen de 400 a 600 perforaciones por pulgada cuadrada. El tambor gira a velocidades que oscilan entre 1000 y 1800 rpm. El revestimiento perforado retiene los cristales de azúcar que pueden lavarse con agua si se desea. El licor madre, la miel, pasa a través del revestimiento debido a la fuerza centrífuga ejercida (de 500 hasta 1800 veces la fuerza de la gravedad), y después de que el azúcar es *purgado, se corta* dejando la centrifuga lista para recibir otra carga de masa cocida. Las máquinas modernas son exclusivamente del tipo de alta velocidad (o de una alta fuerza de gravedad) provistas de control automático para



todo el ciclo. Los azúcares de un grado pueden purgarse utilizando centrifugas continuas.

En el sistema de tres cristalizaciones, la primera ebullición del jarabe crudo produce azúcar cruda y miel A, misma que se regresan al tacho al vacío para que vuelvan a hervir sobre un pie de masa cocida de primer grado y se forme una segunda masa cocida (B), la que a su vez produce una segunda carga de cristales. El azúcar B se mezcla con el azúcar A para constituir la producción comercial del ingenio. La miel B, o de segunda, tiene una pureza mucho mas baja y a su vez se vuelve a hervir sobre un pie de los cristales de jarabe para formar una masa cocida de grado bajo o C. Estas masas cocidas de bajo grado permaneces durante varios días en los cristalizadores, donde se enfrían y mantienen en movimiento por medio de brazos agitadores. El azúcar C se mezcla con el jarabe y se utiliza como semilla para las masas cocidas A y B. *Las mieles o melazas finales o residuales*, un material denso y viscoso que contiene aproximadamente una tercera parte de la sacarosa, una quinta parte de azúcares reductores y el resto ceniza, compuestos orgánicos no azúcares y agua, sirve como base para la alimentación del ganado, fabricación de alcohol industrial, producción de levadura y para otros usos diversos.



## **CAPÍTULO II**

### **CARACTERISTICAS DE LA MALOJA**

Sumario: 1.- Definición 2.- Ventajas y Desventajas 2.2.- Control de la malezas 2.2.- Aprovechamiento de nutrientes 3.-Caracterización del rastrojo de caña de azúcar 4.-Análisis del potencial energético de rastrojo.

#### **1.- Definición**

La Maloja o Rastrojo es el conjunto de restos de tallos y hojas que quedan en el terreno tras cortar un cultivo, la caña de azúcar. A menudo se confunde rastrojo con restos de poco valor. La presencia de rastrojo sobre el terreno es como una trampa de agua, que facilita la infiltración y reduce las pérdidas por evaporación al mantener más fría y protegida la superficie del suelo.

En ocasiones los agricultores lo queman para eliminar mala hierba y para que la ceniza caiga al suelo, ya que al ser ésta de naturaleza ácida haría al suelo más permeable. A cambio se pierde mucha materia orgánica y en los últimos años diversos estudios recomiendan el cese de la quema de rastrojos tanto para evitar erosión y desertización como para evitar incendios involuntarios provocados por el viento que lleva las brizas de paja ardiendo a lugares cercanos incontrolados.

## **2.- Ventajas y Desventajas**

Una de las características del sistema de la cosecha en verde, es la gran cantidad de restos vegetales (maloja o rastrojo), constituidos por hojas secas, hojas verdes y despuntes, que permanecen sobre el suelo después de la cosecha. Mantener esta cobertura vegetal sobre el suelo presenta beneficios tales como:

1. Protección de la superficie del suelo contra la acción erosiva de las lluvias y vientos.
2. Reducción de la amplitud térmica del suelo por evitar las pérdidas de calor.
3. Aumento de la actividad biológica del suelo.
4. Aumento de las tasas de infiltración del agua en el suelo.
5. Mayor disponibilidad de agua para el cultivo por reducirse las pérdidas de evaporación.
6. Control de malezas, dando la posibilidad de reducir o eliminar el uso de herbicidas y por ende evitar los riesgos de contaminación ambiental.
7. Reducción de la emisión de gases y partículas sólidas a la atmósfera (con eliminación de la quema).
8. Posibilidad de utilización de parte de la materia vegetal para la generación de energía.

En cuanto a los problemas generados por la cobertura del suelo debido a los restos de cosecha en verde tenemos:

1. Riesgos de incendios de la maloja durante y después de la cosecha.
2. Dificultad para realizar las operaciones de cultivo mecánico o la fertilización.
3. Retraso o fallas en la brotación y reducción de la productividad sobre todo en regiones de baja temperatura.
4. Aumento de las poblaciones de plagas que se encuentran y multiplican sobre la maloja en ausencia de la quema.

Dentro de los factores que se modifican en el cultivo de lotes de caña cosechados en verde vamos a hacer una breve descripción sobre dos efectos significativos:

- A. El control de las Malezas
- B. El reciclaje de los nutrientes

### **2.1.- El Control de las Malezas**

La cobertura vegetal resultante de la cosecha en verde, realiza un control significativo en la proliferación de malezas. La cantidad de rastrojo y su distribución influyen sobre la población final de las mismas en el cañaveral.

Es importante determinar la cantidad de rastrojo que realice controles eficientes sobre las malezas con el fin de destinar el resto a ser quemado en las calderas.

En la tabla 1 se muestran los resultados obtenidos con distintas cantidades de material vegetal depositado en el surco.

Tabla 1. Control de malezas bajo distintos porcentajes de cobertura.

Tratamiento (% de maloja)	Densidad(plantas /m <sup>2</sup> )		Eficiencia del control (%)	
	97/98	98/99	97/98	98/99
1 (100%)	0,01	0,2	98,8	97,9
2 (66%)	0,11	0,35	57,5	96,3
3 (33%)	0,18	1,15	26,6	88,1
4 (s/maloja)	0,25	9,68	-	-

*COPERSUCAR(1999).*

En los valores de densidad, observamos un aumento en la densidad de plantas/m<sup>2</sup> a medida que disminuye la cantidad de rastrojo depositado. Además se observa un incremento en el transcurso de los años debido quizás a la germinación de semillas producidas por la generación anterior.

La eficiencia del control se refiere a la reducción porcentual del número de plantas anuales en cada tratamiento, tomándose como patrón la población existente en el tratamiento 4.

En estudios de matología y herbicidas se asume como eficiente un tratamiento que presente niveles de control de malezas superiores al 90%. Es importante mencionar que una parte considerable de los tratamientos químicos realizados en cañaverales comerciales, obtienen una eficiencia de control inferior al 90%, en función de las variables asociadas a las aplicaciones como ser: errores de regulación, ocurrencia de vientos durante la aplicación, lluvias posteriores, temperatura y humedad inadecuada.

Hay que tener en cuenta que algunas malezas no son controladas por la maloja como las perennes y altamente invasoras con órganos de multiplicación vegetativos, por ej. *Cynodon dactylon* (grama).

En tanto estas tienen un mayor desarrollo, en ausencia o en presencia parcial de maloja, las poblaciones de todas las malezas anuales fueron afectadas en mayor o en menor medida por la presencia de rastrojo sobre el suelo.

Analizando los resultados alcanzados en los experimentos obtenemos que cantidades de maloja superiores al 66% del total controlan malezas en niveles mayores del 90% de eficiencia, en comparación con los tratamientos realizados por herbicidas, que como ya mencionamos difícilmente ejercen un control tan eficiente.

## **2.2- El Reciclaje de los Nutrientes.**

La materia vegetal correspondiente a hojas y despuntes, cumple un rol importante a la hora de aportar nutrientes al suelo. Los microorganismos desempeñan

una función destacada en la descomposición del material vegetal, dejando así los nutrientes en las formas en que pueden ser fácilmente asimilados por las raíces.

Un estudio realizado en Brasil para cuatro variedades de caña diferentes se presenta en las siguientes tablas.

En la tabla 2 se observan las concentraciones de Macronutrientes remanentes en el suelo que podrían ser reutilizados por la caña durante los ciclos siguientes.

Tabla 2. Concentraciones de Nutrientes en el suelo.

Macronutriente	Hojas Secas (g/kg.)	Hojas Verdes (g/kg.)	Despunte (g/kg.)
N	3,2	9,9	4,9
P	0,2	1,1	0,9
K	3,4	16,9	30,0
Ca	4,2	3,1	1,7
Mg	1,9	1,7	1,5
S	1,1	1,1	1,2

*COPERSUCAR (1998).*

Una vez que conocemos la cantidad de nutrientes por unidad de rastrojo, es indispensable conocer la cantidad de rastrojo que queda sobre el suelo. Este valor es variable y depende del manejo que reciba el cultivo.

En la tabla 3 se observa la cantidad de rastrojo que queda depositado en el campo luego de la cosecha mecanizada en verde.

Tabla 3. Cantidad de rastrojo que queda en el campo (Tn/ha de materia seca) luego de la cosecha mecanizada en verde

	Variedad				Media(Tn/ha) a)
	SP80- 0185	SP79- 1011	SP79- 2223	RB78- 5148	
Caña (Tn/ha)	108	129	149	-	128,7
Hojas Secas (Tn/ha)	14	11,4	13,6	8,2	11,8
Hojas Verdes (Tn/ha)	1,3	1,9	1,2	1,7	1,6
Despunte (Tn/ha)	0,3	0,3	0,2	0,5	0,3
<b>Rastrojo Total (Tn/ha)</b>	<b>15,6</b>	<b>13,6</b>	<b>15,0</b>	<b>10,4</b>	<b>13,7</b>

COPERSUCAR (1998).

En la tabla 4 tenemos que, combinando las tablas 2 y 3, la cantidad potencial de nutrientes/ha para las variedades evaluadas sería:

Tabla 4. Potencial de nutrientes/ha.

	Nutrientes (Kg./ha)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Hojas Secas	37,7	2,4	40,1	49,5	22,4	13,0
Hojas Verdes	15,4	1,7	26,4	4,8	2,7	1,7
Despunte	1,6	0,3	9,6	0,5	0,5	0,4
<b>Total</b>	<b>54,7</b>	<b>4,4</b>	<b>76,1</b>	<b>54,8</b>	<b>25,6</b>	<b>15,1</b>

COPERSUCAR 1998

Se puede observar que hay una cantidad significativa de nutrientes, especialmente de K, Ca y N. Es importante conocer que la disponibilidad de estos dependerá del grado de descomposición y mineralización que sufra el material vegetal. Estudios realizados en Brasil para la variedad SP79-1011 dieron valores cercanos al 11% anual, por lo que las cantidades de N, P, K y Ca rondarían valores de 6; 0,48; 8,37 y 6 Kg./ha respectivamente para las variedades mencionadas.

El manejo del cultivo de la caña de azúcar con cobertura vegetal implica entonces implementar un sistema de producción diferente, como consecuencia de los importantes cambios que se producen en cuanto a:

1. Necesidades nutricionales del cañaveral.
2. Imposibilidad de realizar algunas labores tradicionales.
3. Diferentes características en el crecimiento del cañaveral.

Una de las tecnologías del manejo agronómico que se debe replantear es la fertilización, especialmente en lo que se refiere a la técnica de aplicación, dosis y fuentes de fertilizantes a utilizar.

### **3.- Caracterización del rastrojo de caña de azúcar**

Antes de evaluar las maquinarias necesarias para la recolección del rastrojo en el campo, es necesario determinar los constituyentes del mismo con el fin de realizar un análisis del potencial energético.

La composición vegetativa es un término que define la relación porcentual de todas las partes integrantes de la planta y esta varía en función de las variedades, del tratamiento al que estuvo sometido el cultivo, como así también de la edad del cañaveral.



En una evaluación preliminar del potencial energético de caña, Walter (1993) considera que por cada tonelada de caña limpia se tienen 250kg de biomasa en las formas de despuntes y hojas y 250kg en la forma de bagazo con 50% de humedad.

Molina Junior (1991) recogió en términos medios 9,5 Tn/ha de materia seca y 12,5 Tn/ha de materia húmeda de residuos de cosecha mecanizada.

Abramo Filho (1993) estudió los residuos de cosecha mecanizada con caña sin quemar y midió 21.3 Tn/ha de rastrojo con humedad de 22.34%, 6.92 % de tierra y 6.8 % de cenizas.

En la tabla 5 se presentan los resultados sobre una evaluación en la composición vegetativa para un cañaveral con un rendimiento cultural de 78 Tn/ha.

Tabla 5.Composición vegetativa estimada para un cañaveral de 78 Tn/ha.

	Hojas (%)	Fracciones de Tallos (%)	Despuntes (%)	Materia Extraña (%)	Productividad Estimada (Tn/ha)	Humedad (%)
Medias	69,93	21,44	2,27	6,36	27,01	22,80
Desvío estándar	3,66	4,67	1,44	4,31	8,80	7,02
Coefficiente Variación	0,05	0,22	0,63	0,68	0,33	0,31

*Hamilton 2003*

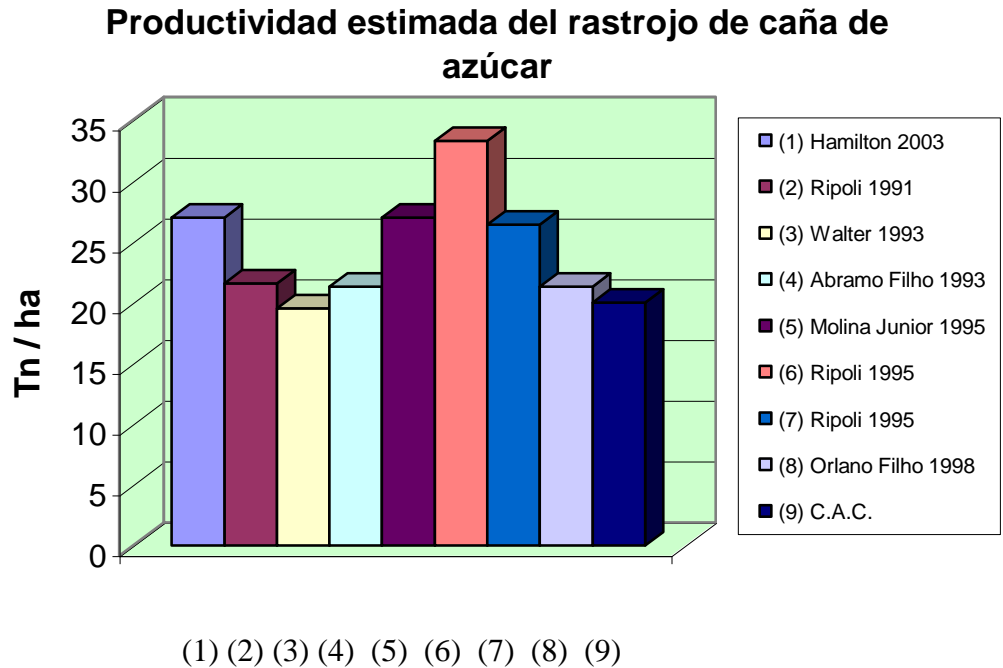
En la tabla 5 se observa que la productividad media del rastrojo fue 27,01 Tn/ha con una humedad del 22,8 %. Estos datos son importantes a la hora de evaluar el potencial energético.

En cuanto a la materia extraña, principalmente la tierra, la mayoría de los autores coinciden con un valor cercano al 7%. Este dato es muy variable y es altamente dependiente de las distintas tareas realizadas, de las condiciones locales como ser el tipo de suelo y su humedad y de la experiencia de los maquinistas.

En los cañaverales también se realizaron mediciones de la cantidad de rastrojo depositado, obteniéndose valores cercanos a 20 Tn/ha. No se determinó la composición vegetativa, los % de tierra ni la H°.

Los diferentes manejos de los cañaverales, las variedades utilizadas, el tiempo ocurrido entre la cosecha mecanizada y la recolección, hacen que los distintos autores presenten valores diferentes en cuanto a la productividad del rastrojo de caña de azúcar.

Una muestra de lo expresado anteriormente se visualiza en el gráfico siguiente:



Una vez estimada la cantidad y conocida la composición del rastrojo, vamos a ver ahora su potencial energético.

#### **4.- Análisis del potencial energético de rastrojo.**

Para Hobson (1998) la conversión del bagazo y posiblemente el rastrojo de caña de azúcar en gas que puede ser quemado en una turbina de ciclo combinado gas/vapor, ofrece un aumento significativo de la potencia generada por la industria de azúcar.

Ripoli (1999) sostiene que la quema de cañaverales debe ser evitada no solamente por la agresión al ambiente sino también por tratarse de un desperdicio violento de energía. En trabajos realizados por el departamento de energía rural de ESALQ la maloja verde equivale a una media del 32% de toda la biomasa aérea producida por el cañaveral.

El poder calorífico es utilizado como coeficiente para la evaluación de la importancia económica de los combustibles. De acuerdo con Mialhe (1980) el poder calorífico es la cantidad de calor liberado por un combustible durante su combustión completa y cuando el combustible contiene hidrógeno uno de los productos de la combustión es el agua, que existe en estado líquido, vapor o líquido - vapor. Si el agua fue condensada, la bomba calorimétrica registra una cantidad de calor, mayor a que si el agua existiera en el estado de vapor.

De este modo se distinguen los poderes caloríficos como:

**Poder Calorífico Superior (PCS):** cuando el agua es completamente condensada.

**Poder Calorífico Inferior (PCI):** cuando el agua, formada durante la combustión se encuentra enteramente en estado de vapor.

Hamilton (2003), propone la transformación del poder calorífico inferior, en poder calorífico útil (PCU), donde se considera la humedad del material. La ecuación de transformación sería la siguiente:

$$PCU = PCI \cdot \left( \frac{100 - E}{100} \right) - 6 \cdot H$$

Donde:

PCU (kcal/Kg).

$E$  (%) = Humedad del material sobre la base del peso húmedo.

$H$  (%) = tenor de hidrógeno del material.

6 = factor de conversión referente a la energía de evaporación del agua en formación.

“Establece el poder calorífico superior como el número de unidades de calor liberadas por la combustión de una unidad de masa de sustancia, en bomba calorimétrica, en atmósfera de oxígeno a volumen constante y sobre condiciones específicas, de modo que toda agua proveniente de la combustión esté en el estado líquido”<sup>1</sup>

De acuerdo con Castro (2001), una tonelada de caña produce cerca de 240 Kg de bagazo y tiene un potencial para generar 70 Kw/h, de los cuales 30 son utilizados en la producción de azúcar y alcohol.

“En los estudios para la evaluación de energía potencial de la biomasa que no puede ser industrializada de los cañaverales, Molina Junior (1995) encontró para el rastrojo de cosecha de la variedad SP70-6163, de segundo y tercer corte el poder calorífico inferior en el orden de 3.982,57 kcal/kg. lo que confiere a una hectárea de cañaveral energía equivalente de 19.202,52 litros de etanol o 7.926,53 litros de gas oil, o 67 Tn de madera o 37,64 Tn de bagazo.

El poder calorífico del gas natural es de 8.900 kcal/m<sup>3</sup>. Suponiendo que con 4kg de rastrojo obtenemos ese valor y que una ha. produce 15.000Kg del mismo, tendríamos un potencial energético equivalente a **3.750 m<sup>3</sup> de gas** por cada ha. que cosechemos en verde”<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> Asociación Brasileña de Normas Técnicas (1984) a través de la norma NBR 8633

<sup>2</sup> ASCARATE, Sebastian, Ing. Agr. Recuperación de los residuos de la cosecha mecanizada para su utilización como combustible adicional en calderas (San Miguel de Tucumán, 2003)

### CAPÍTULO III

## CARACTERISTICAS DE LAS CALDERAS Y DEL BAGAZO

Sumario: 1.-Definición de caldera 2. Tipos de calderas 3.- Consumo de Vapor 4.- Definición bagazo y su uso.

### **1.- Definición de caldera.**

Una Caldera es una máquina o dispositivo de ingeniería que esta diseñado para generar vapor saturado. Este vapor se genera a través de una transferencia de calor a presión constante, en la cual el fluido, originalmente en estado líquido, se calienta y cambia de estado. La caldera es todo aparato a presión en donde el calor procedente de cualquier fuente de energía se transforma en energía utilizable, a través de transporte en fase líquida a vapor. Además, son recipientes a presión por lo cual son construidas en parte por acero laminados a semejanza de mucho contenedores de gas.

La capacidad de calderas que se requiere en un ingenio azucarero varía según el equipo de la fábrica, la calidad de la caña, la cantidad de agua de imbibición que se aplica y la calidad del azúcar que se produce. En el caso de cañas con un contenido alto de sacarosa, asimismo, la fabricación de azúcar blanco de plantación requerirá más capacidad que la del azúcar crudo. Si la fábrica aprovecha los vapores

generados durante la evaporación del jugo para la calefacción del mismo y otros propósitos, disminuyen las demandas sobre la capacidad de calderas.

## **2.- Tipos de Calderas**

En la fábrica de azúcar existen cuatro principales tipo de calderas: la caldera de tubos de fuego o “elefantante”, la caldera semitubular o multitubular, la caldera de tubos de agua con cabezales y tubos rectos de pendiente moderada y la caldera de tubos de agua curvos, inclinados agudamente y conectados directamente a los domos.

La caldera elefante se encuentra pocas veces. Es mas o menos similar a la caldera semitubular pero tiene una capacidad de agua apreciablemente mayor.

Los dos tipos de calderas de tubos de agua modernas no difieren notablemente. El tipo de tubos rectos tiene la ventaja de que los tubos pueden disponerse en zig-zag, proporcionando por esta razón una mezcla mejor de los gases de la combustión; una mejor utilización de la superficie de calentamiento de los tubos y originando depósitos de hollín menos voluminosos en las caras frontal y trasera de los tubos. El tipo de calderas de tubos curvos, por otro lado, permite una circulación del agua más rápida, por la inclinación aguda de estos (de 50 a 80° en lugar de 15).

Finalmente, las relaciones de evaporación que se obtiene n ambos tipos son similares.

Un inconveniente del tipo de tubos curvos, es el reemplazo de estos, es difícil. La dificultad se vence arreglándolos a intervalos longitudinales alternativamente anchos y angostos, para poder pasar el tubo de cambio a través de los espacios anchos.

De la misma manera, el tipo de calderas de cabezales y tubos rectos necesita, para permitir un cambio fácil de los tubos, que el frente de la caldera tenga un espacio suficiente e igual al largo de ellos; los conductores de bagazo deben arreglarse en consecuencia.

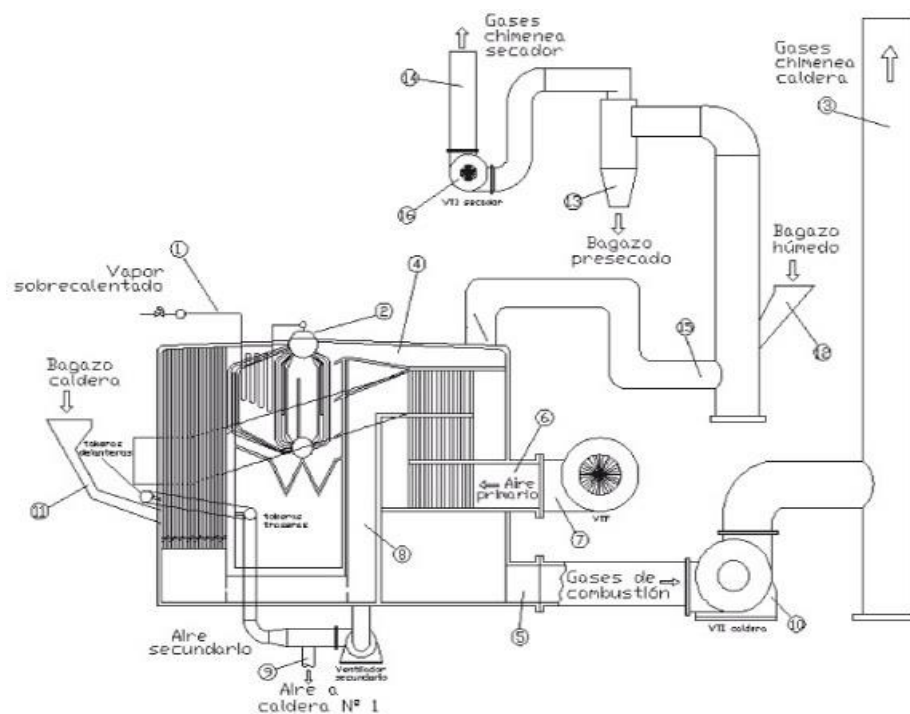
### 3.- Consumo de vapor

El consumo de vapor por tonelada de caña varía en proporciones amplias de acuerdo con que la fábrica este electrificada o no, según el grado de economía de vapor que se alcanza en la elaboración, es decir, si se trabaja en triple, cuádruple o quíntuple efecto; de acuerdo con el uso que se haga de vapores del evaporador; de acuerdo con el uso o no de las termocompresiones, etc.

Los consumos más altos de vapor se alcanzan cuando se fábrica azúcar blanca, con evaporación en triple efecto con un uso extenso de vapor directo para las bombas. En este caso, el consumo de vapor puede llegar al 70-80% de la caña.

Las fábricas que elaboran azúcar crudo y no utilizan electricidad ni en las bombas, tienen un consumo de vapor entre 60 y 70% de la caña.

Las fábricas modernas con plantas eléctricas que alimenta a las pequeñas unidades y particularmente a las bombas, y en las cuales se haya tenido especial atención en el uso del vapor, pueden reducir su consumo hasta 50-60% de la caña.



#### **4.- Definición de bagazo y su uso**

El bagazo (o megazo) es el subproducto o residuo de la molienda o difusión de la caña, la fibra leñosa de la caña, en el que permanecen el jugo residual y la humedad provenientes del proceso de extracción. Al decir fibra se hace referencia a todos los sólidos insolubles, fibrosos o no. En la práctica, aproximadamente la mitad es fibra y la otra mitad es jugo residual, con variaciones que resultan de los procedimientos de molienda y de la variedad y calidad de la caña.

La mayoría del bagazo producido, que equivale aproximadamente a una tercera parte de toda la caña molida en el mundo, sirve como combustible para la generación de vapor en los ingenios productores de azúcar crudo.

El bagazo se lleva directamente de los molinos a las calderas por transportadores de arrastre y se alimentan mecánicamente a las calderas. El dispositivo mecánico más simple consiste en una tolva dotada de una compuerta contrabalaceada. Los alimentadores rotativos están constituidos por tambores movidos mecánicamente que sellan la abertura todo el tiempo mientras giran y entregan el bagazo a los hornos.

Los dispositivos automáticos que regulan la cantidad de bagazo alimentado a las calderas se han vuelto muy comunes. Los transportadores de velocidad variable operando en forma conjunta con un equipo automático de control de la combustión mantienen una alimentación uniforme, una adecuada relación aire/combustible y una buena eficiencia de la caldera.





**CAPÍTULO IV**  
**TRATAMIENTO DE MALOJA PARA EL INGENIO**

Sumario: 1.-Poder calórico de los residuos de cosecha 2.- Utilización del rastrojo de caña 3.- Operaciones de hilado y enfardado.

**1.- Poder Calórico de los residuos de cosechas**

Existen diferentes estudios en los cuales se determinaron los poderes caloríficos de los residuos de cosecha en verde. Ripoli<sup>3</sup> determinó para distintas variedades de caña de segundo corte los datos que se presentan en la tabla 6:

Tabla 6. Análisis del poder calorífico para distintas variedades de caña

Variables	Despunte	Hojas Verdes	Hojas Secas
Carbono %	42,11	43,41	41,76
Hidrógeno %	6,25	6,38	6,26
Humedad %	76,79	66,21	8,81
Poder calorífico Superior (Kcal/Kg.)	4381,4	4400,6	4339,0
Poder calorífico Inferior (Kcal/Kg.)	3981,4	4095,6	4001,4
Poder calorífico Útil (Kcal/Kg.)	888,0	1344,8	3609,0

---

<sup>3</sup> RIPOLI, Tomaz Caetano Cannavam, Profesor del Departamento de Ingeniería Rural de la USP ESALQ

La cooperativa brasileña Copersucar también realizó estudios en la caracterización de la maloja como combustible adicional para calderas. Esta fue analizada en sus tres componentes: hojas secas, hojas verdes y despuntes. Los componentes muestran diferencias importantes en humedad, tenor de álcalis y otras características, siendo similares a la composición básica de la celulosa, hemicelulosa y lignina.

Tabla 7. Análisis inmediato para caracterización de la maloja de caña de azúcar.

Material	Análisis inmediato %				Poder calorífico Superior Kcal/kg.
	Ceniza	Volátiles	Carbono Fijo	Tenor de humedad	
Hojas secas	3,3	85,8	10,8	11,3	4.147,30
Hojas verdes	3,2	85,2	11,7	66,7	4.152,08
Despunte	4,3	84,1	11,6	82,5	3.886,90

*Copersucar 1999*

La Tabla 8 compila estimativas de porcentaje de residuos, humedad, cenizas y poderes caloríficos para bagazo y para hojas y despuntes de caña de azúcar de diferentes autores.

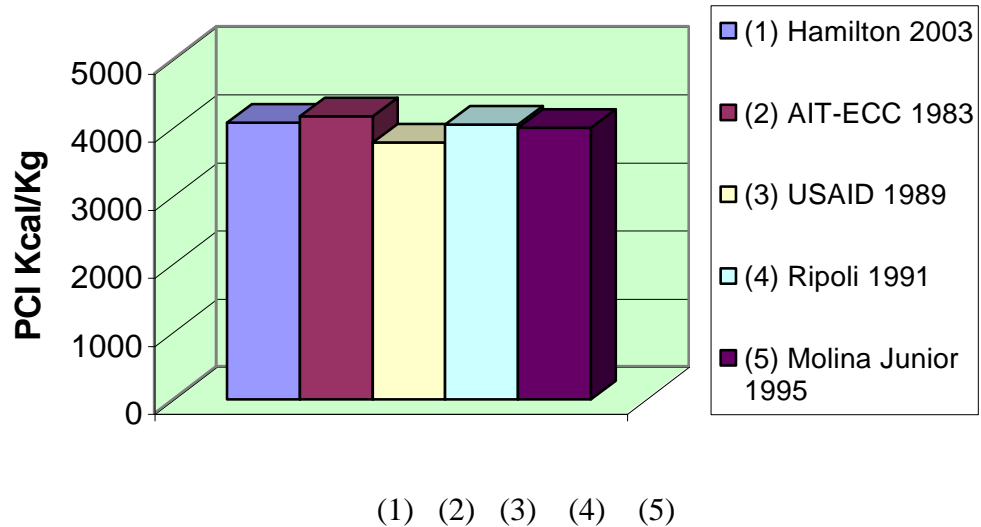
Tabla 8. Estimativa de poderes caloríficos, porcentaje de residuos, humedad y cenizas para bagazo y para hojas y despuntes de caña de azúcar.

Referencias	Residuos %	Humedad %	PCI(Kcal/k g.)	Cenizas %
<b>Bagazo</b>				
Vimal (1979)	0,33		2.202,66	2,0
Webb (1979)	0,29	52,0	2.219,38	3,2
AIT-ECC(1983)	0,14	50,0	-	3,9
Strehier & Stuttzle(1987)	1,16	40 – 60	1.851,48	-
Bhattacharya (1993)	0,29	49	1.935,09	-
Ryan & Openshaw(1991)	0,1-0,3	-	-	10 - 12
C.A.C.(limpio)		55%	1.420	
C.A.C. (sucio)		55%	1.250	
<b>Hojas y despuntes</b>				
Vimal(1979)	0,1	75,0	-	-
AIT-ECC(1983)	0,13	50,0	4.159,25	1,2
USAID(1987)	0,30	-	3.777,01	-

*Furlani Neto (1997).*

En la gráfica siguiente se resumen los datos de PCI para el rastrojo de caña de azúcar encontrados en las distintas bibliografías y por lo que se observa los valores son todos muy próximos, lo que caracterizaría al PCI como una variable independiente de la variedad.

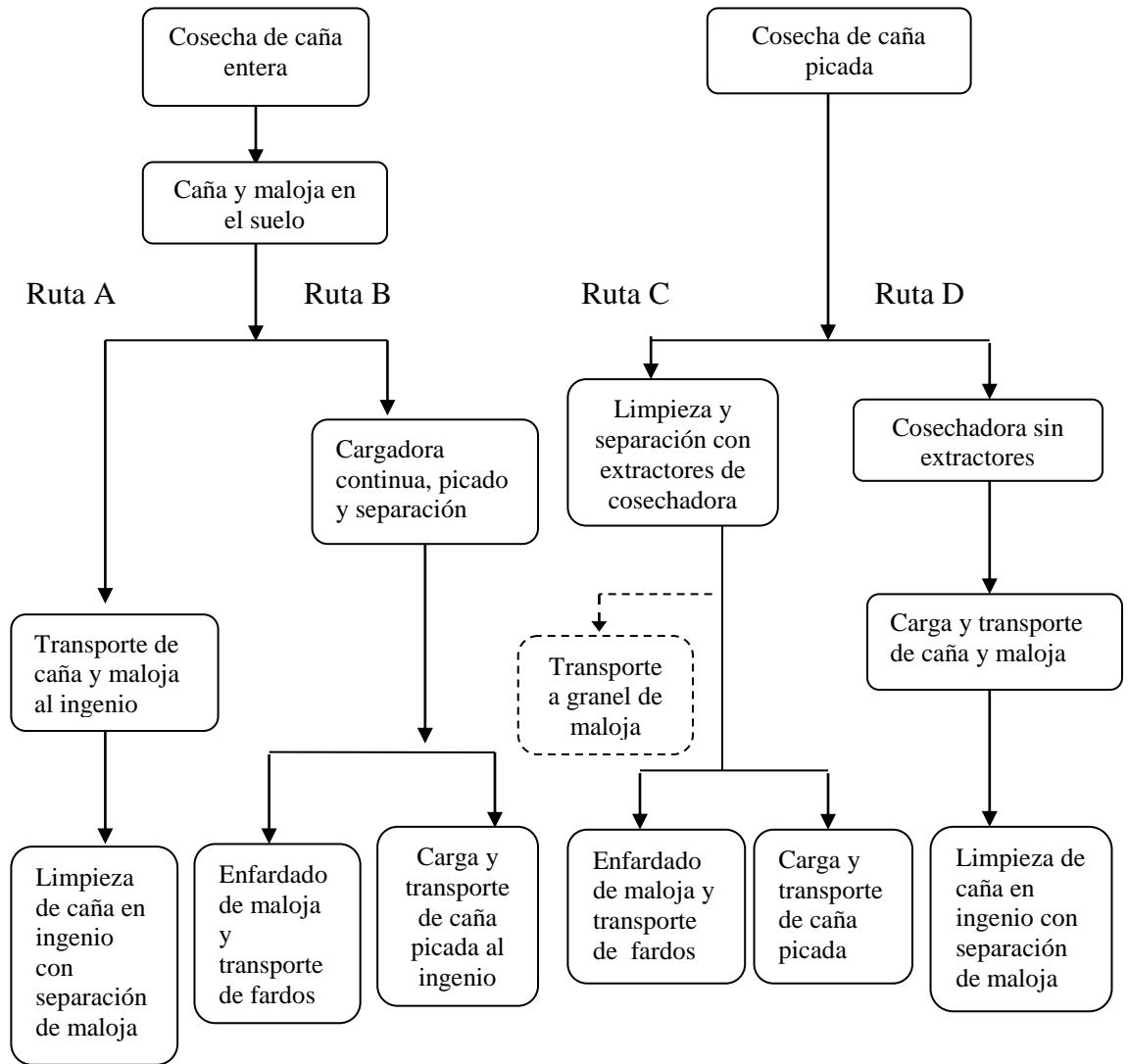
### Poder Calorífico Inferior del rastrojo de caña de azúcar.



### 2.- Utilización del rastrojo de caña.

Una vez analizado el potencial energético y definida la viabilidad del uso de rastrojo como combustible adicional en las calderas, vamos a ver cuales pueden ser las distintas alternativas de la recuperación de los residuos del campo para ser puestos en el ingenio.

La recuperación de los residuos de cosecha de la caña puede seguir cuatro rutas alternativas mostradas en el esquema:



- A. Corte de caña entera; carga con cargadora; transporte de caña y maloja; limpieza en ingenio con recuperación de maloja. (cosecha semi mecanizada).



Corte de caña entera.



Carga y transporte de caña y maloja.

- B. Corte de caña entera; carga con cargadora continua; transporte de caña limpia; enfardado de maloja y transporte de fardos al ingenio. (cosecha semi mecanizada con cargadora continua).



Cargadora continua.

- C. Corte de caña; picado; limpieza y separación por medio del extractor de la cosechadora; transporte de caña limpia cargada durante el corte; enfardado de maloja y transporte de fardos al ingenio (cosecha integral tradicional).



D. Corte de caña, picado, sin limpieza y separación (cosechadora sin extractores), caña y maloja cargada durante el corte; transporte de caña y maloja; limpieza y recuperación de maloja en ingenio.

Aparece en el esquema anterior una opción de transporte a granel de maloja en la ruta C, la cual consiste en hiliarar y levantar el rastrojo del campo con una levanta picadora, maquinaria muy utilizada en la construcción de silos para forrajes.



Levantado, picado y cargado de rastrojo de caña de azúcar con levanta picadora.

El rastrojo que llega al ingenio en forma de fardos o como material suelto debe ser procesado antes para permitir una operación de combustión adecuada y eficiente. Una estación de picado y limpieza del rastrojo, consiste básicamente en un molino triturador que acondiciona la maloja hasta lograr una granulometría semejante a la del bagazo.

Para poder utilizar las rutas A y D es necesario instalar una estación de limpieza en el ingenio que separe los residuos de cosecha de los tallos molibles.

En la Tabla 9 se presentan los resultados de las evaluaciones realizadas para un prototipo de estación de limpieza de caña en seco.

Tabla 9. Eficiencia de limpieza calculada para un prototipo de estación

Materia Prima	Impurezas(%) <sup>1</sup>	Eficiencia(%) <sup>2</sup>	Pérdidas de Sacarosa <sup>3</sup>
Caña Entera quemada	2,8	73,5	0,21
Caña Entera verde	10,2	79,4	0,15
Caña picada limpia verde	8,1	56,6	0,36
Caña picada sin limpiar verde	12,3	60,4	0,92

1. Impurezas totales (mineral y vegetal) en base húmeda.
2. Eficiencia de limpieza % en base seca.
3. Sacarosa en maloja no contabilizada.

Vale la pena mencionar que la alternativa de la Ruta D, donde se cosecha la caña sin quemar eliminándose el uso del despuntador y los extractores de la cosechadora integral, viene siendo estudiada en distintos ingenios. La caña es transportada hasta la fábrica junto con los restos vegetales donde se separan los tallos molibles del resto del material. Este es destinado a ser quemado en las calderas para la obtención de energía.

Debido a la infraestructura actual con la que cuenta la fábrica, los sistemas de cosecha utilizados por la ruta de mayor viabilidad sería la ruta C. Recordemos que en ella se cosecha la caña sin quemar, es limpiada por los



extractores de la cosechadora y los residuos que quedan en el campo, se enfardan para ser transportados de esta manera al ingenio.

### **3.- Operaciones de Hilerado y Enfardado**

Una vez definida la ruta por la cual se recogerán los restos de cosecha, vamos a describir y analizar las diferentes tareas a realizar para lograr una buena recuperación del rastrojo.

Luego de cosechada la caña de azúcar y transportada al ingenio, los restos de cosecha quedan esparcidos en el campo. Surge aquí la alternativa de utilizar o no rastrillos hileradores.

El rastrillo es un implemento de arrastre que contiene una serie de ruedas de barrido y sirve para hilerar, remover o airear los restos de cosecha. Es muy utilizado en cultivos forrajeros. La operación de rastrillado consiste en realizar sucesivas pasadas en el lote con el fin de apilar el rastrojo en una línea para luego ser recogido por la enfardadora o levanta picadora.

Una de las ventajas del rastrillado es que al movilizar y acumular de 1 a 3 surcos, se favorece el secado del rastrojo y se evita la propagación de incendios accidentales.

En caña de azúcar se realizaron una serie de ensayos con el fin de evaluar el trabajo de la maquinaria y su adaptación en el cultivo.

Distintos modelos de rastrillos hileradores utilizados en caña de azúcar.



Uno de los trabajos realizados por Hamilton (2003) en la evaluación del hilerado presentó los siguientes resultados:

Tabla 10. Evaluación de parámetros operativos para las tareas de hilerado.

Variables	Hilerado		
	Simple	Doble	Triple
Capacidad Efectiva (Tn/h)	83,0 a	65,5 c	69,2 bc
Consumo Combustible (lts/ha)	4,74 c	5,59 b	6,37 a
Consumo Combustible (lts/Tn)	0,18 c	0,21 b	0,24 a

*Hamilton 2003.*

Las letras pequeñas muestran las diferencias obtenidas entre los tratamientos de hilerado con la aplicación del Test de Tukey al 5%.

Las hileras resultantes del tratamiento de hilerado simple se formaron con una sola pasada del rastrillo.

El hilerado doble consistió en realizar dos pasadas adyacentes del rastrillo, una en sentido contrario de la otra con el fin de obtener una sola hilera de rastrojo.

El hilerado triple constó de 5 pasadas adyacentes del rastrillo, una en sentido contrario de la otra a modo de conseguir una primera hilera formada por dos pasadas, luego se realizó una pasada para arrimar una hilera simple sobre la anterior, luego se formó una hilera simple sobre la que se apiló el resto del rastrojo ya hilerado.

El hilerado simple fue el que presentó mayor capacidad efectiva en este estudio, siendo 27,75 % superior al hilerado doble y 20,08% superior que el triple.

Una vez hilerado el rastrojo, se pasa con la enfardadora por encima de las hileras para confeccionar los fardos.

Para este mismo estudio de hilerado se realizaron evaluaciones con una maquina enfardadora prismática New Holland BB940.

Enfardadora prismática grande New Holland BB940.



Los resultados obtenidos en las evaluaciones de enfardado se muestran en la tabla 11:

Tabla 11. Resultados operativos y eficiencia energética.

Variables	Unidades	Enfardado(valores medios)		
		Hilerado Simple	Hilerado Doble	Hilerado Triple
Tamaño de los fardos	M	2,15 x 0,80 x 0,90	2,15 x 0,80 x 0,90	2,15 x 0,80 x 0,90
Peso de los fardos	Kg	317,16	326,32	349,11
Densidad fardo	kg/m <sup>3</sup>	206,7 c	207,3 bc	221,1 a
Capacidad efectiva	Tn/h	10,78 c	19,26 bc	20,29 ab
Capacidad efectiva	Ha/h	1,45 c	1,99 bc	2,91 a
Consumo horario combustible	Lts/h	13,39 c	23,65 b	30,35 a
Consumo combustible	Lts/Tn	1,37 a	1,49 a	1,40 a
Peso estimado rastrojo enfardado	Tn/ha	7,19 a	8,85 a	7,24 a
Peso estimado rastrojo remanente	Tn/ha	19,81 a	18,16 a	19,77 a
Eficiencia Energética	%	99,61 bc	99,71 ab	99,60 c

Hamilton 2003

Las letras pequeñas muestran las diferencias obtenidas entre tratamientos con la aplicación del Test de Tukey al 5%.

Teniendo en cuenta la capacidad de la enfardadora, los valores determinados en este ensayo indican que el tratamiento de hilerado triple proporciona una mayor capacidad efectiva en las operaciones tanto en las Tn enfardadas como en la superficie.

Definimos a la eficiencia energética como la relación existente entre la cantidad de energía, en la forma de combustible consumido por las máquinas utilizadas en las operaciones de recuperación del rastrojo y la cantidad de energía disponible en el fardo. Ripoli (1991) determinó la siguiente ecuación para su cálculo:

$$BE = \left(1 - \frac{CC}{PER}\right) \cdot 100$$

Donde:

BE (%) = Eficiencia energética;

CC (MJ/kg) = Consumo Equivalente del Combustible;

PER (MJ/kg.) = Potencial Energético del Rastrojo

Teniendo en cuenta los consumos de combustible, la eficiencia energética positiva más alta para los ensayos de hilerado y enfardado conjuntamente, la presentó el tratamiento de hilerado doble. Es deseable que la eficiencia energética sea positiva y lo mas alta posible para que el recogimiento del rastrojo sea técnicamente viable.

En 1991 Copersucar inició estudios para evaluar la viabilidad de recoger el rastrojo dejado en el campo después de la cosecha de la caña en verde. La idea fue evaluar algunas enfardadoras y determinar su desempeño.

La tabla 12 presenta un resumen de los tests de enfardado del rastrojo (hojas verdes, hojas secas y despuntes) realizados por las siguientes enfardadoras: Sode JS-90, de fardos cilíndricos; Semeato Rol-1518, de fardos cilíndricos; New

Holland NH-570 Fardos rectangulares pequeños. Los tests de enfardado se llevaron a cabo dos y tres días después de la cosecha.

Tabla 12. Evaluación de parámetros operativos de distintas enfardadoras.

Maquina	Hilerado	Producción Tn/h	Peso medio del fardo en Kg	Densidad media kg/m <sup>3</sup>	Cantidad de tierra %
Sode JS-90	Con	1.8	105.8	118.0	5.6
	Sin	2.0	119.3	129.3	2.8
Semeato ROL-1518	Con	2.7	285.4	94.7	6.2
	Sin	1.0	260	107.5	2.3
New Holland NH-570	Con	9.0	150	112.0	-
	Sin	3.0	-	-	-

*Copersucar (1998b).*

En las fotos siguientes observamos la enfardadora cilíndrica Sode JS – 90 realizando las operaciones de enfardado sobre rastrojo hilerado.



Enfardado de rastrojo.



Vista del campo con rollos e hileras.

Una vez enfardado el rastrojo fue cargado en acoplados y transportado al ingenio.



Carga y transporte de fardos cilíndricos.

Los resultados de los ensayos y los problemas operativos indican que el sistema de enfardadoras prismáticas es el más indicado para la tarea. Primero porque presentan mayor capacidad operativa, mejor capacidad para trabajar con rastrojo y pedazos de caña y por ultimo la mejor distribución de los fardos en el vehículo de transporte. Sin embargo, debido a la cantidad de fardos pequeños que se generan en el campo y a que deben ser apilados y cargados, es aconsejable el uso de fardos grandes. La operación con las hileradoras, permitió mejorar la capacidad de enfardado y reducir los daños en el sistema recogedor.

Con el objetivo de evaluar el funcionamiento de una enfardadora prismática grande otro trabajo fue realizado por Copersucar en Abril de 1999.

En este caso la operación de hilerado consistió en apilar los restos de cosecha depositados en 1 o 2 surcos sucesivos, sobre el siguiente surco y para el enfardado se utilizo una enfardadora prismática grande marca Case modelo 8575 como lo muestra la foto.



Enfardadora prismática grande Case 8575.

En la evaluación de los parámetros de caracterización de los fardos se obtuvieron los resultados que se presentan a continuación:

Tabla 13. Evaluación de los fardos obtenidos con la enfardadora Case 8575.

Parámetros de los Fardos	Hilerado de 1 surco	Hilerado de 2 surcos	Sin Hilarar
DIMENSION (m)	0.8x0.87x1.9	0.8x0.87x1.9	0.8x0.87x1.9
PESO MEDIO (Kg)	242,4	305,8	295,3
DENSIDAD (Kg/m <sup>3</sup> )	183,3	231,2	223,3
HUMEDAD MEDIA (%)	12,0	15,3	13,1
TIERRA (%)	3,5	4,7	3,3
RATROJO SECO (Kg.)	185,4	215,5	230,7
DENSIDAD SECA (Kg/m <sup>3</sup> )	140,2	163,0	174,5

Rastrojo seco: masa de rastrojo limpia y seca contenida en el fardo.

Densidad seca: densidad aparente del fardo, considerando el volumen y el peso del rastrojo limpio y seco.

*COPERSUCAR 1999.*

Si tenemos en cuenta la calidad, los fardos sin hilarar contuvieron una menor cantidad de tierra y presentan un nivel de compactación mayor.

En la evaluación de Parámetros Operativos se obtuvieron los resultados mostrados en la tabla 14:

Tabla 14. Evaluación de parámetros operativos

PARÁMETROS OPERATIVOS DEL ENFARDADO DE RASTROJO LIMPIO Y SECO			
	Hilerado de 1 surco	Hilerado de 2 surcos	Sin Hilarar
Tn enfardadas/h + maniobras	6,5	9,1	9,8
Toneladas enfardadas/h total	3,9	5,5	8,5
Consumo diesel (lt/Tn de rastrojo)	2,0	1,5	1,6
Eficiencia de recogimiento (%)	56	84	73

*COPERSUCAR 1999.*

En este caso la eficiencia indica el porcentaje de rastrojo recogido con relación al disponible en el campo.

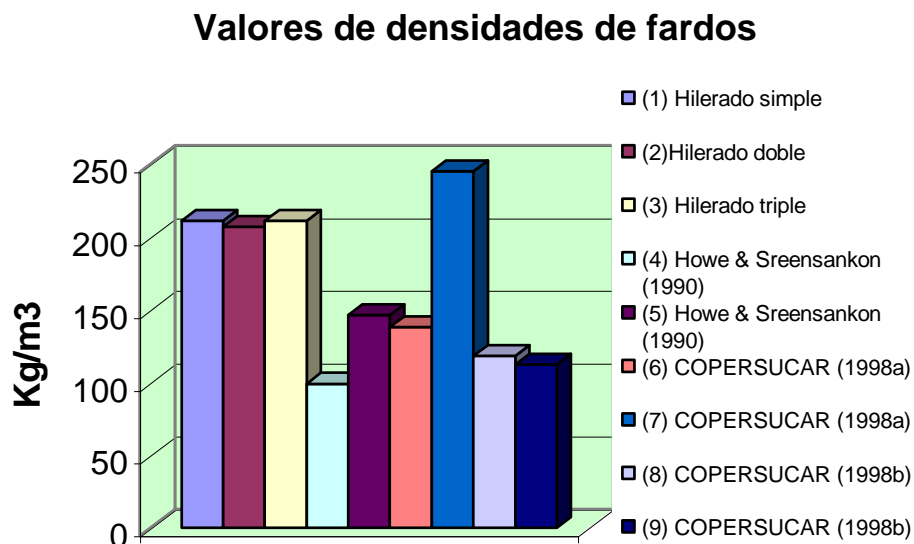
En el desempeño operativo la maquina se comportó mejor cuando no se hiló el rastrojo. Sin embargo la operación con las hileradoras, permite mejorar la capacidad de enfardado y reducir los daños en el sistema recogedor de las enfardadoras.



Vista del campo luego de las operaciones de hilado y enfardado

Conocer la densidad del material que vamos a transportar es importante para la eficiencia del transporte.

En la gráfica siguiente observamos los valores de densidad de los fardos obtenidos por los distintos autores:





(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)

La gran variabilidad obtenida por los distintos autores, es resultado que cada uno trabajó en condiciones de campo diferente y con maquinaria distinta. Se torna difícil estimar los consumos de combustible en el transporte de los fardos para poder comparar los distintos resultados.

Sin embargo, si partimos de los supuestos de que el volumen ocupado por cada fardo es de  $1,55\text{m}^3$ ; la densidad de los fardos es de  $200\text{kg}/\text{m}^3$  y el acoplado de transporte es un semiremolque con una capacidad de carga de  $78\text{m}^3$  y si además tomamos los valores de los tiempos de carga en 60 minutos y descarga en 30 minutos; la distancia promedio recorrida en 20 km y se define un n° de 8 viajes por día, podemos estimar el valor del flete en \$4 por Tn. Este valor surge de particularizar la matriz de cálculos que se utiliza para el flete de la caña.

En las fotos siguientes se observa la carga y distribución de los fardos grandes en el acoplado del camión. El uso de fardos prismáticos es altamente ventajoso en el momento de aprovechar el espacio en el transporte.



Carga y transporte de fardos al ingenio

## **CAPÍTULO V**

### **MODELO DE ANALISIS**

Sumario: 1.- Análisis Económico del RAC (combinación de bagazo y maloja) 2.- Desempeño agronómico 3-Resultados del análisis económico 4.-Presentación del modelo 5.-Alternativas de análisis con la herramienta SOLVER 6.- Apreciaciones del modelo

#### **1.- Análisis económico del RAC (combinación de bagazo y maloja)**

Para determinar la inversión y los costos del armado de cada uno de los fardos, se consideraron las tareas agronómicas necesarias durante el enfardado de RAC, que se diferencian básicamente por la máquina enfardadora utilizada, la potencia y cantidad de tractores empleados.

Se trabajó con tiempos operativos y consumos de gasoil por hora reales (determinados en función de los HP de la maquinaria y el coeficiente de gasto 0,16l/HP/h).

Se consideró para este ejercicio que un frente de la rotoenfardadora estuvo integrado por: tres tractores de 80 HP, una hileradora, y dos rotoenfardadoras Mainero. Tomando un rendimiento de 20 rollos por hectárea y 10 rollos por hora por máquina. Los rollos pesaron en promedio 350 kg cada uno.

El frente de la enfardadora prismática estuvo integrado por: dos tractores, uno de 80 HP y otro de 170 HP, una hileradora y una enfardadora Challenger LB 33 B CUTTER. Este frente puede producir en promedio 25 fardos por hectárea y 20 fardos por hora. Los fardos pesan 450 kg cada uno en promedio.

## **2.- Desempeño agronómico**

El desempeño operativo de las enfardadoras (eficiencia de recolección) está asociada a los diferentes niveles de producción del cañaveral, la planialtimetría del terreno, la variedad de caña de azúcar, el número de días transcurridos desde la cosecha, el contenido de humedad de la maloja, etc. (Digonzelli, *et al*, 2006).

Los altos valores de RAC real en los diferentes lotes evaluados estuvieron asociados principalmente al daño ocasionado por heladas, lo que produjo un despuntado por debajo a la altura de corte normal (perdida de materia prima).

El porcentaje de residuos recolectado con rotoenfardadoras fue de aproximadamente el 57% y, con las enfardadoras prismáticas, el porcentaje fue ligeramente cercano al 65%.

## **3.- Resultados del análisis económico**

En la Tabla 15 se destaca que si bien un frente de enfardadora prismática implica una mayor inversión, la productividad de la maquina por unidad de tiempo es superior comparada a la de un frente de rotoenfardadora. Al tener en cuenta todos los componentes que definen la confección de los fardos en ambas máquinas, se observa que el precio por kg de RAC para un frente de enfardadora prismático es ligeramente menor debido a la disminución del costo del transporte (mayor volumen transportado).



Equipo convencional utilizados para el transporte de RAC

Tabla 15. Comparación de costos de armado de fardos y precios estimativos de estos, dependiendo del frente de recolección.

	<b>Rotoenfardadora</b>	<b>Prismática</b>
<b>Potencia requerida (HP)</b>	90	180
<b>Rendimiento (fardo/ha)</b>	20	25
<b>Distancia a ingenio (km)</b>	30	30
<b>Armado del fardo (\$) (*)</b>	22,90	24,84
<b>Cargado \$/fardo</b>	5	5
<b>Flete al ingenio (\$/fardo)</b>	6	8
<b>Total-armado (\$)</b>	36,97	42,54
<b>Costo de RAC (\$/kg)</b>	0,14	0,10

(\*) Se considera hilerado, enfardado y acondicionamiento.

El RAC residual de la cosecha en verde de la caña de azúcar es, sin duda, un complemento adecuado del bagazo, para ser utilizados como fuentes energéticas renovables en la actividad agroindustrial de Tucumán.

El área cañera de Tucumán dispondría por año, más de 2 millones de toneladas de RAC seco potencialmente disponible y el aprovechamiento energético de este material, considerando una recuperación bioenergética del 55%, podría

significar la cogeneración de unos 150 MW de electricidad durante casi todo el año, o unos 300 MW durante la zafra.

Además, con la utilización energética-económica de este residuo de cosecha se contribuiría de manera significativa a minimizar los problemas ambientales y socioeconómicos ocasionados por la quema de cañaverales y rastrojos, con la consecuente mejora sustancial de la calidad de vida de la población.

En la actualidad, resultaría viable técnica y económicamente la recolección del RAC con las maquinarias existentes en el mercado

En base a las experiencias realizadas, la enfardadora prismática demostró un mejor comportamiento operativo que la rotoenfardadora, teniendo en cuenta el volumen recolectado por superficie (cabezal recolector amplio con menor pérdida de RAC).

A su vez, la obtención de fardos compactos, de mayor tamaño y calidad facilita la colocación de estos en el camión de carga (con una mayor cantidad de RAC transportado), lo que influye directamente en la reducción de los costos de transporte del campo al ingenio por kilogramo de RAC.

Además, los órganos troceadores de estas máquinas permiten también, la obtención de un RAC limpio (menor “trash” mineral) y con un tamaño y granulometría adecuada para ser utilizados en las calderas de los ingenios.

Las cuerdas empleadas en el atado de los fardos es la principal limitante de este tipo de enfardadora, representando el 30% de los costos en el armado, por tal motivo es necesario seguir trabajando en alternativas de este insumo para lograr disminuir los costos de producción.

**4.- Presentación del modelo**

Meses zafra 6

<b>Datos de gas natural</b>	
Cant. M3 gas por dia	100000
Cant.dias por mes	30
Total m3 gas consumido en zafra	18.000.000,00

Precio variable por m3	\$ 1,00
Costo total gas	\$ 18.000.000,00

<b>Datos de bagazo</b>		
M3 de gas reemplazados por dia	20000	20%
Valor gas reemplazado	\$ 3.600.000,00	

Costo combinado actual de gas + bagazo	\$ 14.400.000,00
--	------------------

<b>Datos de maloja</b>	
M3 de gas reemplazados por zafra	2.062.500,00
Valor del gas reemplazado	\$ 2.062.500,00
Costo obtener maloja	\$ 980.000,00
Costo combinado gas + bagazo + maloja	\$ 13.317.500,00

<b>Datos Auxiliares</b>	
Meses de zafra	6
Valor de Maquinaria: Rotoenfardadora	120000 dólares
Valor de Maquinaria: hiladora	6900 dólares
VU de maquinarias	8 años
Precio del gas por m3	\$ 1,00
Precio del dólar	\$ 4,85
Costo del RAC Rotoenfardadora por ha	\$ 980,00
Costo del RAC Prismática por ha	\$ 1.125,00
Costo de Salario básico por Empleado mensual	\$ 5.250,00
Costo de Salario básico por Empleado anual	\$ 31.500,00
Empleados necesarios para el nuevo proceso	2
Aprovechamiento de maloja por ha	0,55
Rendimiento en m3 por ha	3750

Tasa descuento	15%
Consumo del gas diario en el ingenio pesimista m3	100000
Consumo del gas diario en el ingenio optimista m3	1500

<b>Supuestos</b>	
Has	1000
Aprov. por ha	0,55
m3 por ha	3.750,00
Total m3 remplazados	2.062.500

Has rendimiento por equipo	2000
Has rendimiento por empleado	1000
Maquinaria necesaria	1
Personal necesario	2

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Precio del gas por m3	\$ 1,00	\$ 1,20	\$ 1,44	\$ 1,73	\$ 2,07
Costo del RAC Rotoenfardadora por ha	\$ 980,00	\$ 1.274,00	\$ 1.656,20	\$ 2.153,06	\$ 2.798,98
Costo del RAC Prismática por ha	\$ 1.125,00	\$ 1.462,50	\$ 1.901,25	\$ 2.471,63	\$ 3.213,11
Costo de Salario básico por Empleado mensual	\$ 5.250,00	\$ 5.250,00	\$ 5.850,00	\$ 5.850,00	\$ 5.850,00
Costo de Salario básico por Empleado anual	\$ 31.500,00	\$ 31.500,00	\$ 35.100,00	\$ 35.100,00	\$ 35.100,00



Flujos de Fondos	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ahorro del gas con maloja		\$ 2.062.500,00	\$ 2.475.000,00	\$ 2.970.000,00	\$ 3.564.000,00	\$ 4.276.800,00
<b>Estado de Resultados</b>						
Costo de usar la maloja		\$ 980.000,00	\$ 1.274.000,00	\$ 1.656.200,00	\$ 2.153.060,00	\$ 2.798.978,00
Inversion de maquina rotoenfardadora	\$ 582.000,00					
Inversion de maquina hiladora	\$ 33.465,00					
Salario adicional		\$ 63.000,00	\$ 63.000,00	\$ 70.200,00	\$ 70.200,00	\$ 70.200,00
Amortizacion anual de rotoenfardadora		\$ 72.750,00	\$ 72.750,00	\$ 72.750,00	\$ 72.750,00	\$ 72.750,00
Amortizacion anual de hiladora		\$ 4.183,13	\$ 4.183,13	\$ 4.183,13	\$ 4.183,13	\$ 4.183,13
<b>Resultado neto</b>	<b>\$ -615.465,00</b>	<b>\$ 1.096.433,13</b>	<b>\$ 1.214.933,13</b>	<b>\$ 1.320.533,13</b>	<b>\$ 1.417.673,13</b>	<b>\$ 1.484.555,13</b>
<b>VAN</b>	<b>\$ 5.918.667,63</b>					
<b>TIR</b>	<b>187%</b>					

### 5.- Alternativas de análisis con la herramienta SOLVER

La herramienta Solver de Excel nos ayuda a resolver los problemas de optimización, definiendo la celda objetivo, las celdas cambiantes y las restricciones. Obteniendo en nuestro caso, una TIR Máxima, una TIR Mínima y también elegimos dos valores alternativos de TIR, modificando así el valor de las celdas cambiantes.

Nuestra celda objetivo es la TIR del Flujo de Fondo del Proyecto, las celdas cambiantes son: Precio del gas, Costo del RAC y las hectáreas trabajadas para este proyecto. Las restricciones y sus resultados son los siguientes.

Escenario 1

	Lim inferior	Limite superior	TIR 90	TIR 120
Precio del gas	\$ 0,90	\$ 1,50	\$ 0,92	\$ 0,91
Costo del rac	\$ 900,00	\$ 1.300,00	\$ 1.300,00	\$ 1.143,08
Ha trabajadas	1000	5000	1000	1000
TIR MAX	731%			
TIR MIN	150%			

Escenario 2

	Lim inferior	Limite superior	TIR 110	TIR 120
Precio del Gas	\$ 0,90	\$ 1,20	\$ 0,91	\$ 0,90
Costo del rac	\$ 950,00	\$ 1.200,00	\$ 1.200,00	\$ 1.143,08
Ha trabajadas	1000	3000	1000,00004	1000
TIR MAX	257%			
TIR MIN	150%			

Escenario 3

	Lim inferior	Limite superior	TIR 90	TIR 120
Precio del gas	\$ 0,90	\$ 2,00	\$ 0,90	\$ 0,90
Costo del rac	\$ 900,00	\$ 1.500,00	\$ 1.274,18	\$ 1.143,08
Ha trabajadas	1000	9000	1000	1000
TIR MAX	1067%			
TIR MIN	150%			

En el segundo escenario no se puede calcular una TIR de 90% porque aun con estas restricciones la TIR minima es de 108%.

## **6.- Apreciaciones del modelo**

Podemos observar en el modelo de flujos de fondos que la TIR (Tasa Interna de Rentabilidad) en este proyecto es muy alta, significando esto, que la rentabilidad de Inversión de los Activos fijos para este emprendimiento es muy beneficiosa. Incluso cuando cambiamos las restricciones la TIR sigue siendo elevada.

En el escenario 1, las restricciones son estándar, en el escenario 2, las restricciones son mayores, dejando un menor margen y aun así la TIR sigue superando el 100%. En el caso del escenario 3, las restricciones tienen un mayor margen, y por lo tanto la TIR es aún más grande que la del escenario 1.

Es necesario destacar que este modelo es a modo general, ya que existen más variables que pueden influir en este análisis.

## CONCLUSIÓN

Debido a que el gas que se utiliza en las calderas es un recurso escaso y de alto costo, los ingenios se ven en la obligación de buscar nuevas alternativas para su remplazo. Anteriormente, se comenzó a usar el bagazo con este fin, y actualmente se realizan investigaciones sobre el uso de RAC como reemplazo del gas -y en algunos países, ya se aplica-. Es decir, se analiza la posibilidad de que los ingenios cambien un recurso no renovable, por otro renovable.

Podemos concluir que esta alternativa, según nuestro análisis, es viable y con altos beneficios, lo cual se puede observar con los valores de la TIR obtenidos, que siempre son mayores al 100%.

Pero en la práctica de algunos ingenios locales, se concluye que este uso de maloja requiere una mayor atención en su recolección, porque la experiencia demostró que la recolección inadecuada de la maloja del campo contiene altos contenido de tierra y restos varios del campo que disminuyen sus beneficios calóricos, lo cual perjudica en un alto grado el funcionamiento normal de las calderas.

Sin embargo, por esta limitación grave, la tierra, no debemos descartar la posibilidad de realizar tareas de recuperación de los residuos de cosecha mecanizada en verde en los cañaverales, teniendo en cuenta los cuidados necesarios. Se puede considerar mano de obra adicional para el tratamiento de limpieza de

maloja, inversión en maquinarias más eficientes y apoyo gubernamental a los ingenios en investigaciones sobre el tema, motivándolos a realizar esta practica. Y de esta forma, darle mayor importancia al seguimiento del tema con buenas perspectivas de obtener resultados económicos satisfactorios.

## **APÉNDICE**

**Escenario 1****TIR MAX**

Meses zafra 6

<b>Datos de gas natural</b>	
Cant. M3 gas por dia	100000
Cant.dias por mes	30
Total m3 gas consumido en zafra	27,000,000.00

Precio variable por m3	\$ 1.50
Costo total gas	\$ 40,500,000.00

<b>Datos de bagazo</b>		
M3 de gas reemplazados por dia	20000	20%
Valor gas reemplazado	\$ 5,400,000.00	

Costo combinado actual de gas + bagazo	\$ 35,100,000.00
--	------------------

<b>Datos de maloja</b>	
M3 de gas reemplazados por zafra	4,124,105.33
Valor del gas reemplazado	\$ 6,186,158.00
Costo obtener maloja	\$ 1,799,609.60
Costo combinado gas + bagazo + maloja	\$ 30,713,451.60

Datos Auxiliares	
Meses de zafra	6
Valor de Maquinaria:Rotoenfardadora	120000 dolares
Valor de Maquinaria:hiladora	6900 dolares
VU de maquinarias	8 años
Precio del gas por m3	\$ 1.50
Precio del dólar	\$ 4.85
Costo del RAC Rotoenfardadora por ha	\$ 900.00
Costo del RAC Prismatico por ha	\$ 1,125.00
Costo de Salario basico por Empleado mensual	\$ 5,250.00
Costo de Salario basico por Empleado anual	\$ 31,500.00
Empleados necesarios para el nuevo proceso	2
Aprovechamiento de maloja por ha	0.55
Rendimiento en m3 por ha	3750
Tasa dcto	15%
Consumo del gas diario en el ingenio pesimista m3	100000
Consumo del gas diario en el ingenio optimista m3	1500

Supuestos	
Has	1999.566223
Aprov.por ha	0.55
m3 por ha	3,750.00
<b>Total m3 reemplazados</b>	<b>4,124,105</b>

Has rendimiento por equipo	2000
Has rendimiento por empleado	1000
Maquinaria necesaria	1
Personal necesario	2

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Precio del gas por m3	\$ 1.50	\$ 1.80	\$ 2.16	\$ 2.59	\$ 3.11
Costo del RAC Rotoenfardadora por ha	\$ 900.00	\$ 1,170.00	\$ 1,521.00	\$ 1,977.30	\$ 2,570.49
Costo del RAC Prismatico por ha	\$ 1,125.00	\$ 1,462.50	\$ 1,901.25	\$ 2,471.63	\$ 3,213.11
Costo de Salario basico por Empleado mensual	\$ 5,250.00	\$ 5,250.00	\$ 5,850.00	\$ 5,850.00	\$ 5,850.00
Costo de Salario basico por Empleado anual	\$ 31,500.00	\$ 31,500.00	\$ 35,100.00	\$ 35,100.00	\$ 35,100.00



Flujos de Fondos	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ahorro del gas con maloja		\$ 6.186.158,00	\$ 7.423.389,60	\$ 8.908.067,52	\$ 10.689.681,03	\$ 12.827.617,23
<b>Estado de Resultados</b>						
Costo de usar la maloja		\$ 1.799.609,60	\$ 2.339.492,48	\$ 3.041.340,22	\$ 3.953.742,29	\$ 5.139.864,98
Inversion de maquina rotoenfaradora	\$ 582.000,00					
Inversion de maquina hiladora	\$ 33.465,00					
Salario adicional		\$ 63.000,00	\$ 63.000,00	\$ 70.200,00	\$ 70.200,00	\$ 70.200,00
Amortizacion anual de rotoenfaradora		\$ 72.750,00	\$ 72.750,00	\$ 72.750,00	\$ 72.750,00	\$ 72.750,00
Amortizacion anual de hiladora		\$ 4.183,13	\$ 4.183,13	\$ 4.183,13	\$ 4.183,13	\$ 4.183,13
<b>Resultado neto</b>	\$ -615.465,00	\$ 4.400.481,53	\$ 5.097.830,25	\$ 5.873.460,42	\$ 6.742.671,86	\$ 7.694.485,38
VAN	\$ 29.193.464,43					
TIR	731%					

Microsoft Excel 14.0 Informe de confidencialidad  
 Hoja de cálculo: [primer escenario.xlsx]Tir maximo  
 Informe creado: 05/11/2012 12:37:54 a.m.

Celdas de variables

Celda	Nombre	Final Valor	Reducido Degradado
\$J\$6	precio del gas por m3	1,5	6,742799759
\$J\$8	Costo del RAC Rotoenfardadora por ha	900	-0,00331579
\$J\$21	has	1999,566223	0

Restricciones  
 NINGUNO

Microsoft Excel 14.0 Informe de límites  
 Hoja de cálculo: [primer escenario.xlsx]Tir maximo  
 Informe creado: 05/11/2012 12:37:55 a.m.

Objetivo		
Celda	Nombre	Valor
\$B\$35	TIR Año 0	731%

Variable			Inferior	Objetivo	Superior	Objetivo
Celda	Nombre	Valor	Límite	Resultado	Límite	Resultado
\$J\$6	precio de \$	1,50	\$ 0,90	\$ 3,22	\$ 1,50	\$ 7,31
\$J\$8	Costo del \$	900,00	\$ 900,00	\$ 7,31	\$ 1.300,00	\$ 5,97
\$J\$21	has	1999,566	1000	3,7399059	5000	6,1197911

**TIR MIN**

Meses zafra 6

<b>Datos de gas natural</b>	
Cant. M3 gas por día	100000
Cant. días por mes	30
Total m3 gas consumido en zafra	16,200,000.00

Precio variable por m3	\$ 0.90
Costo total gas	\$ 14,580,000.00

<b>Datos de bagazo</b>		
M3 de gas reemplazados por día	20000	20 %
Valor gas reemplazado	\$ 3,240,000.00	

Costo combinado actual de gas + bagazo	\$ 11,340,000.00
--	------------------

<b>Datos de maloja</b>	
M3 de gas reemplazados por zafra	2,062,500.00
Valor del gas reemplazado	\$ 1,856,250.00
Costo obtener maloja	\$ 980,000.10
Costo combinado gas + bagazo + maloja	\$ 10,463,750.10

Flujos de Fondos	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ahorro del gas con maloja		\$ 6.186.158,00	\$ 7.423.389,60	\$ 8.908.067,52	\$ 10.689.681,03	\$ 12.827.617,23
<b>Estado de Resultados</b>						
Costo de usar la maloja		\$ 1.799.609,60	\$ 2.339.492,48	\$ 3.041.340,22	\$ 3.953.742,29	\$ 5.139.864,98
Inversion de maquina rotoenfardadora	\$ 582.000,00					
Inversion de maquina hiladora	\$ 33.465,00					
Salario adicional		\$ 63.000,00	\$ 63.000,00	\$ 70.200,00	\$ 70.200,00	\$ 70.200,00
Amortizacion anual de rotoenfardadora		\$ 72.750,00	\$ 72.750,00	\$ 72.750,00	\$ 72.750,00	\$ 72.750,00
Amortizacion anual de hiladora		\$ 4.183,13	\$ 4.183,13	\$ 4.183,13	\$ 4.183,13	\$ 4.183,13
<b>Resultado neto</b>	\$ -615.465,00	\$ 4.400.481,53	\$ 5.097.830,25	\$ 5.873.460,42	\$ 6.742.671,86	\$ 7.694.485,38
VAN	\$ 29.193.464,43					
TIR	731%					

Microsoft Excel 14.0 Informe de confidencialidad  
 Hoja de cálculo: [primer escenario.xlsx]Tir maximo  
 Informe creado: 05/11/2012 12:37:54 a.m.

Celdas de variables

Celda	Nombre	Final Valor	Reducido Degradado
\$J\$6	precio del gas por m3	1,5	6,742799759
\$J\$8	Costo del RAC Rotoenfardadora por ha	900	-0,00331579
\$J\$21	has	1999,566223	0

Restricciones  
 NINGUNO

Microsoft Excel 14.0 Informe de límites  
 Hoja de cálculo: [primer escenario.xlsx]Tir maximo  
 Informe creado: 05/11/2012 12:37:55 a.m.

Objetivo		
Celda	Nombre	Valor
\$B\$35	TIR Año 0	731%

Variable			Inferior	Objetivo	Superior	Objetivo
Celda	Nombre	Valor	Límite	Resultado	Límite	Resultado
\$J\$6	precio de \$	1,50	\$ 0,90	\$ 3,22	\$ 1,50	\$ 7,31
\$J\$8	Costo del \$	900,00	\$ 900,00	\$ 7,31	\$ 1.300,00	\$ 5,97
\$J\$21	has	1999,566	1000	3,7399059	5000	6,1197911

**TIR MIN**

Meses zafra 6

<b>Datos de gas natural</b>	
Cant. M3 gas por día	100000
Cant. días por mes	30
Total m3 gas consumido en zafra	16,200,000.00

Precio variable por m3	\$ 0.90
Costo total gas	\$ 14,580,000.00

<b>Datos de bagazo</b>		
M3 de gas remplazados por día	20000	20%
Valor gas remplazado	\$ 3,240,000.00	

Costo combinado actual de gas + bagazo	\$ 11,340,000.00
--	------------------

<b>Datos de maloja</b>	
M3 de gas remplazados por zafra	2,062,500.00
Valor del gas remplazado	\$ 1,856,250.00
Costo obtener maloja	\$ 980,000.10
Costo combinado gas + bagazo + maloja	\$ 10,463,750.10

<b>Datos Auxiliares</b>		
Meses de zafra		6
Valor de Maquinaria:Rotoenfardadora	120000	dolares
Valor de Maquinaria:hiladora	6900	dolares
VU de maquinarias	8	años
Precio del gas por m3	\$ 0.90	
Precio del dólar	\$ 4.85	
Costo del RAC Rotoenfardadora por ha	\$ 980.00	
Costo del RAC Prismatico por ha	\$ 1,125.00	
Costo de Salario basico por Empleado mensual	\$ 5,250.00	
Costo de Salario básico por Empleado anual	\$ 31,500.00	
Empleados necesarios para el nuevo proceso	2	
Aprovechamiento de maloja por ha	0.55	
Rendimiento en m3 por ha	3750	

Tasa dcto	15%
Consumo del gas diario en el ingenio pesimista m3	100000
Consumo del gas diario en el ingenio optimista m3	1500

<b>Supuestos</b>	
Has	1000
Aprov. por ha	0.55
m3 por ha	3,750.00
<b>Total m3 reemplazados</b>	<b>2,062,500</b>

Has rendimiento por equipo	2000
Has rendimiento por empleado	1000
Maquinaria necesaria	1
Personal necesario	2

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Precio del gas por m3	\$ 0.90	\$ 1.08	\$ 1.30	\$ 1.56	\$ 1.87
Costo del RAC Rotoenfardadora por ha	\$ 980.00	\$ 1,274.00	\$ 1,656.20	\$ 2,153.06	\$ 2,798.98
Costo del RAC Prismatico por ha	\$ 1,125.00	\$ 1,462.50	\$ 1,901.25	\$ 2,471.63	\$ 3,213.11
Costo de Salario basico por Empleado mensual	\$ 5,250.00	\$ 5,250.00	\$ 5,850.00	\$ 5,850.00	\$ 5,850.00
Costo de Salario basico por Empleado anual	\$ 31,500.00	\$ 31,500.00	\$ 35,100.00	\$ 35,100.00	\$ 35,100.00

Flujos de Fondos	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ahorro del gas con maloja		\$ 1.856.250,00	\$ 2.227.500,00	\$ 2.673.000,00	\$ 3.207.600,00	\$ 3.849.120,00
<b>Estado de Resultados</b>						
Costo de usar la maloja		\$ 980.000,10	\$ 1.274.000,13	\$ 1.656.200,17	\$ 2.153.060,22	\$ 2.798.978,29
Inversion de maquina rotoenfaradora	\$ 582.000,00					
Inversion de maquina hileradora	\$ 33.465,00					
Salario adicional		\$ 63.000,00	\$ 63.000,00	\$ 70.200,00	\$ 70.200,00	\$ 70.200,00
Amortizacion anual de rotoenfaradora		\$ 72.750,00	\$ 72.750,00	\$ 72.750,00	\$ 72.750,00	\$ 72.750,00
Amortizacion anual de hileradora		\$ 4.183,13	\$ 4.183,13	\$ 4.183,13	\$ 4.183,13	\$ 4.183,13
<b>Resultado neto</b>	\$ -615.465,00	\$ 890.183,03	\$ 967.433,00	\$ 1.023.532,96	\$ 1.061.272,91	\$ 1.056.874,84
VAN	\$ 4.383.831,72					
TIR	150%					



Microsoft Excel 14.0 Informe de confidencialidad  
 Hoja de cálculo: [primer escenario.xlsx]Tir minimo  
 Informe creado: 05/11/2012 12:38:30 a.m.

Celdas de variables

Celda	Nombre	Final Valor	Reducido Degradado
\$J\$6	precio del gas por m3	0,9	3,765390635
\$J\$8	Costo del RAC Rotoenfardadora por ha	980,0001	0
\$J\$21	has	1000	0,001475375

Restricciones

NINGUNO

Microsoft Excel 14.0 Informe de límites  
 Hoja de cálculo: [primer escenario.xlsx]Tir minimo  
 Informe creado: 05/11/2012 12:38:30 a.m.

Objetivo		
Celda	Nombre	Valor
\$B\$35	TIR Año 0	150%

Variable			Inferior	Objetivo	Superior	Objetivo
Celda	Nombre	Valor	Límite	Resultado	Límite	Resultado
\$J\$6	precio de \$	0,90	\$ 0,90	\$ 1,50	\$ 1,50	\$ 3,60
\$J\$8	Costo del \$	980,00	\$ 900,00	\$ 1,65	\$ 1.300,00	\$ 0,79
\$J\$21	has	1000	1000	1,4973084	5000	2,4658238

**TIR 90%**

Meses zafra 6

<b>Datos de gas natural</b>	
Cant. M3 gas por día	100000
Cant.días por mes	30
Total m3 gas consumido en zafra	27.000.000,00

Precio variable por m3	\$ 1,50
Costo total gas	\$ 40.500.000,00

<b>Datos de bagazo</b>		
M3 de gas reemplazados por día	20000	20%
Valor gas reemplazado	\$ 5.400.000,00	

Costo combinado actual de gas + bagazo	\$ 35.100.000,00
--	------------------

<b>Datos de maloja</b>	
M3 de gas reemplazados por zafra	4.124.105,33
Valor del gas reemplazado	\$ 6.186.158,00
Costo obtener maloja	\$ 1.799.609,60
Costo combinado gas + bagazo + maloja	\$ 30.713.451,60

<b>Datos Auxiliares</b>		
Meses de zafra	6	
Valor de Maquinaria: Rotoenfardadora	120000	dolares
Valor de Maquinaria: hiladora	6900	dolares
VU de maquinarias	8	años
Precio del gas por m3	\$ 1,50	
Precio del dólar	\$ 4,85	
Costo del RAC Rotoenfardadora por ha	\$ 900,00	
Costo del RAC Prismática por ha	\$ 1.125,00	
Costo de Salario básico por Empleado mensual	\$ 5.250,00	
Costo de Salario básico por Empleado anual	\$ 31.500,00	
Empleados necesarios para el nuevo proceso	2	
Aprovechamiento de maloja por ha	0,55	
Rendimiento en m3 por ha	3750	
Tasa dcto	15%	
Consumo del gas diario en el ingenio pesimista m3	100000	
Consumo del gas diario en el ingenio optimista m3	1500	

<b>Supuestos</b>	
Has	1999,566223
Aprov. por ha	0,55
m3 por ha	3.750,00
<b>Total m3 reemplazados</b>	<b>4.124.105</b>

Has rendimiento por equipo	2000				
Has rendimiento por empleado	1000				
Maquinaria necesaria	1				
Personal necesario	2				
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Precio del gas por m3	\$ 1,50	\$ 1,80	\$ 2,16	\$ 2,59	\$ 3,11
Costo del RAC Rotoenfardadora por ha	\$ 900,00	\$ 1.170,00	\$ 1.521,00	\$ 1.977,30	\$ 2.570,49
Costo del RAC Prismatico por ha	\$ 1.125,00	\$ 1.462,50	\$ 1.901,25	\$ 2.471,63	\$ 3.213,11
Costo de Salario basico por Empleado mensual	\$ 5.250,00	\$ 5.250,00	\$ 5.850,00	\$ 5.850,00	\$ 5.850,00
Costo de Salario basico por Empleado anual	\$ 31.500,00	\$ 31.500,00	\$ 35.100,00	\$ 35.100,00	\$ 35.100,00

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
<b>Flujos de Fondos</b>						
Ahorro del gas con maloja		\$ 1.902.243,75	\$ 2.282.692,50	\$ 2.739.231,00	\$ 3.287.077,20	\$ 3.944.492,64
<b>Estado de Resultados</b>						
Costo de usar la maloja		\$ 1.300.000,00	\$ 1.690.000,00	\$ 2.197.000,00	\$ 2.856.100,00	\$ 3.712.930,00
Inversion de maquina rotoenfaradora	\$ 582.000,00					
Inversion de maquina hileradora	\$ 33.465,00					
Salario adicional		\$ 63.000,00	\$ 63.000,00	\$ 70.200,00	\$ 70.200,00	\$ 70.200,00
Amortizacion anual de rotoenfaradora		\$ 72.750,00	\$ 72.750,00	\$ 72.750,00	\$ 72.750,00	\$ 72.750,00
Amortizacion anual de hileradora		\$ 4.183,13	\$ 4.183,13	\$ 4.183,13	\$ 4.183,13	\$ 4.183,13
<b>Resultado neto</b>	\$ -615.465,00	\$ 616.176,88	\$ 606.625,63	\$ 548.964,13	\$ 437.710,33	\$ 238.295,77
VAN	\$ 1.832.307,72					
TIR	90%					

**Microsoft Excel 14.0 Informe de confidencialidad**

Hoja de cálculo: [primer escenario.xlsx]Tir\_90

Informe creado: 04/11/2012 04:30:59 p.m.

Celdas de variables

Celda	Nombre	Final Valor	Reducido Degradado
\$J\$6	precio del gas por m3	0,9223	0
\$J\$8	Costo del RAC Rotoenfardadora por ha	1300	0
\$J\$21	has	1000	0

Restricciones

Celda	Nombre	Final Valor	Lagrange Multiplicador
\$B\$35	TIR Año 0	0,900000877	0

**Microsoft Excel 14.0 Informe de límites**

Hoja de cálculo: [primer escenario.xlsx]Tir\_90

Informe creado: 04/11/2012 04:31:00 p.m.

Objetivo		
Celda	Nombre	Valor
\$B\$35	TIR Año 0	90%

Variable			Inferior	Objetivo	Superior	Objetivo
Celda	Nombre	Valor	Límite	Resultado	Límite	Resultado
\$J\$6	precio de \$	0,92	\$ 0,90	\$ 0,79	\$ 1,50	\$ 3,05
\$J\$8	Costo del \$	1.300,00	\$ 900,00	\$ 1,73	\$ 1.300,00	\$ 0,90
\$J\$21	has	1000	1000	0,9002202	5000	1,5863276

**TIR 120%**

Meses zafra 6

<b>Datos de gas natural</b>	
Cant. M3 gas por dia	100000
Cant.dias por mes	30
Total m3 gas consumido en zafra	16,356,600.00

Precio variable por m3	\$ 0.91
Costo total gas	\$ 14,863,242.42

<b>Datos de bagazo</b>		
M3 de gas reemplazados por dia	20000	20%
Valor gas reemplazado	\$ 3,271,320.00	

Costo combinado actual de gas + bagazo	\$ 11,591,922.42
--	------------------

<b>Datos de maloja</b>	
M3 de gas reemplazados por zafra	2,062,500.00
Valor del gas reemplazado	\$ 1,874,193.75
Costo obtener maloja	\$ 1,143,077.50
Costo combinado gas + bagazo + maloja	\$ 10,860,806.17

Datos Auxiliares		
Meses de zafra	6	
Valor de Maquinaria: Rotoenfardadora	120000	dólares
Valor de Maquinaria :hiladora	6900	dólares
VU de maquinarias	8	años
Precio del gas por m3	\$ 0.91	
Precio del dólar	\$ 4.85	
Costo del RAC Rotoenfardadora por ha	\$ 1,143.08	
Costo del RAC Prismática por ha	\$ 1,125.00	
Costo de Salario básico por Empleado mensual	\$ 5,250.00	
Costo de Salario básico por Empleado anual	\$ 31,500.00	
Empleados necesarios para el nuevo proceso	2	
Aprovechamiento de maloja por ha	0.55	
Rendimiento en m3 por ha	3750	

Tasa dcto	15%
Consumo del gas diario en el ingenio pesimista m3	100000
Consumo del gas diario en el ingenio optimista m3	1500

Supuestos	
Has	1000
Aprov. por ha	0.55
m3 por ha	3,750.00
<b>Total m3 reemplazados</b>	<b>2,062,500</b>

Has rendimiento por equipo	2000
Has rendimiento por empleado	1000
Maquinaria necesaria	1
Personal necesario	2

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Precio del gas por m3	\$ 0.90	\$ 1.08	\$ 1.30	\$ 1.56	\$ 1.87
Costo del RAC Rotoenfardadora por ha	\$ 980.00	\$ 1,274.00	\$ 1,656.20	\$ 2,153.06	\$ 2,798.98
Costo del RAC Prismática por ha	\$ 1,125.00	\$ 1,462.50	\$ 1,901.25	\$ 2,471.63	\$ 3,213.11
Costo de Salario básico por Empleado mensual	\$ 5,250.00	\$ 5,250.00	\$ 5,850.00	\$ 5,850.00	\$ 5,850.00
Costo de Salario básico por Empleado anual	\$ 31,500.00	\$ 31,500.00	\$ 35,100.00	\$ 35,100.00	\$ 35,100.00



Flujos de Fondos	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ahorro del gas con maloja		\$ 1.874.193,75	\$ 2.249.032,50	\$ 2.698.839,00	\$ 3.238.606,80	\$ 3.886.328,16
<b>Estado de Resultados</b>						
Costo de usar la maloja		\$ 1.143.077,50	\$ 1.486.000,75	\$ 1.931.800,98	\$ 2.511.341,27	\$ 3.264.743,65
Inversion de maquina roto enfaradora	\$ 582.000,00					
inversion de maquina hiladora	\$ 33.465,00					
salario adicional		\$ 63.000,00	\$ 63.000,00	\$ 70.200,00	\$ 70.200,00	\$ 70.200,00
amortizacion anual de roto enfaradora		\$ 72.750,00	\$ 72.750,00	\$ 72.750,00	\$ 72.750,00	\$ 72.750,00
amortizacion anual de hiladora		\$ 4.183,13	\$ 4.183,13	\$ 4.183,13	\$ 4.183,13	\$ 4.183,13
<b>Resultado neto</b>	\$ -615.465,00	\$ 745.049,38	\$ 776.964,87	\$ 773.771,15	\$ 733.998,66	\$ 628.317,64
VAN	\$ 3.042.636,69					
TIR	120%					

**Microsoft Excel 14.0 Informe de confidencialidad**

Hoja de cálculo: [primer escenario.xlsx]tir\_120

Informe creado: 04/11/2012 04:31:41 p.m.

## Celdas de variables

Celda	Nombre	Final Valor	Reducido Degradado
\$J\$6	precio del gas por m3	0,9087	0
\$J\$8	Costo del RAC Rotoenfardadora por ha	1143,0775	0
\$J\$21	has	1000	0

## Restricciones

Celda	Nombre	Final Valor	Lagrange Multiplicador
\$B\$35	TIR Año 0	1,200000075	0

**Microsoft Excel 14.0 Informe de límites**

Hoja de cálculo: [primer escenario.xlsx]tir\_120

Informe creado: 04/11/2012 04:31:41 p.m.

Objetivo		
Celda	Nombre	Valor
\$B\$35	TIR Año 0	120%

Variable			Inferior	Objetivo	Superior	Objetivo
Celda	Nombre	Valor	Límite	Resultado	Límite	Resultado
\$J\$6	precio de \$	0,91	\$ 0,90	\$ 1,16	\$ 1,50	\$ 3,33
\$J\$8	Costo del \$	1.143,08	\$ 900,00	\$ 1,68	\$ 1.300,00	\$ 0,84
\$J\$21	has	1000	1000	1,1998282	5000	2,0168844

**ESCENARIO 2**  
**TIR MAX**

Meses zafra 6

<b>Datos de gas natural</b>	
Cant. M3 gas por dia	100000
Cant.dias por mes	30
Total m3 gas consumido en zafra	21,600,000.00

Precio variable por m3	\$ 1,20
Costo total gas	\$ 25,920,000.00

<b>Datos de bagazo</b>		
M3 de gas reemplazados por dia	20000	20%
Valor gas reemplazado	\$ 4,320,000.00	

Costo combinado actual de gas + bagazo	\$ 21,600,000.00
--	------------------

<b>Datos de maloja</b>	
M3 de gas reemplazados por zafra	2,062,500.00
Valor del gas reemplazado	\$ 2,475,000.00
Costo obtener maloja	\$ 979,999.90
Costo combinado gas + bagazo + maloja	\$ 20,104,999.90

Datos Auxiliares		
Meses de zafra	6	
Valor de Maquinaria: Rotoenfardadora	120000	dólares
Valor de Maquinaria: hiladora	6900	Dólares
VU de maquinarias	8	años
Precio del gas por m3	\$ 1.20	
Precio del dólar	\$ 4.85	
Costo del RAC Rotoenfardadora por ha	\$ 980.00	
Costo del RAC Prismática por ha	\$ 1,125.00	
Costo de Salario básico por Empleado mensual	\$ 5,250.00	
Costo de Salario básico por Empleado anual	\$ 31,500.00	
Empleados necesarios para el nuevo proceso	2	
Aprovechamiento de maloja por ha	0.55	
Rendimiento en m3 por ha	3750	

Tasa descuento	15%
Consumo del gas diario en el ingenio pesimista m3	100000
Consumo del gas diario en el ingenio optimista m3	1500

Supuestos	
Has	1000
Aprov. por ha	0.55
m3 por ha	3,750.00
<b>Total m3 remplazados</b>	<b>2,062,500</b>

Has rendimiento por equipo	2000
Has rendimiento por empleado	1000
Maquinaria necesaria	1
Personal necesario	2

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Precio del gas por m3	\$ 1.20	\$ 1.44	\$ 1.73	\$ 2.07	\$ 2.49
Costo del RAC Rotoenfardadora por ha	\$ 980.00	\$ 1,274.00	\$ 1,656.20	\$ 2,153.06	\$ 2,798.98
Costo del RAC Prismática por ha	\$ 1,125.00	\$ 1,462.50	\$ 1,901.25	\$ 2,471.63	\$ 3,213.11
Costo de Salario basico por Empleado mensual	\$ 5,250.00	\$ 5,250.00	\$ 5,850.00	\$ 5,850.00	\$ 5,850.00
Costo de Salario basico por Empleado anual	\$ 31,500.00	\$ 31,500.00	\$ 35,100.00	\$ 35,100.00	\$ 35,100.00

Flujos de Fondos	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ahorro del gas con maloja		\$ 2.475.000,00	\$ 2.970.000,00	\$ 3.564.000,00	\$ 4.276.800,00	\$ 5.132.160,00
<b>Estado de Resultados</b>						
Costo de usar la maloja		\$ 979.999,90	\$ 1.273.999,87	\$ 1.656.199,83	\$ 2.153.059,78	\$ 2.798.977,71
Inversion de maquina rotoenfaradora	\$ 582.000,00					
Inversion de maquina hiladora	\$ 33.465,00					
Salario adicional		\$ 63.000,00	\$ 63.000,00	\$ 70.200,00	\$ 70.200,00	\$ 70.200,00
Amortizacion anual de rotoenfaradora		\$ 72.750,00	\$ 72.750,00	\$ 72.750,00	\$ 72.750,00	\$ 72.750,00
Amortizacion anual de hiladora		\$ 4.183,13	\$ 4.183,13	\$ 4.183,13	\$ 4.183,13	\$ 4.183,13
<b>Resultado neto</b>	\$ -615.465,00	\$ 1.508.933,23	\$ 1.709.933,26	\$ 1.914.533,29	\$ 2.130.473,34	\$ 2.339.915,41
VAN	\$ 8.988.323,53					
TIR	257%					

**Microsoft Excel 14.0 Informe de límites**

Hoja de cálculo: [segundo escenario.xlsx]tir\_max

Informe creado: 05/11/2012 12:48:36 a.m.

Objetivo		
Celda	Nombre	Valor
\$B\$35	TIR Año 0	257%

Variable			Inferior	Objetivo	Superior	Objetivo
Celda	Nombre	Valor	Límite	Resultado	Límite	Resultado
\$J\$6	precio de \$	1,20	\$ 0,90	\$ 1,50	\$ 1,20	\$ 2,57
\$J\$8	Costo del \$	980,00	\$ 950,00	\$ 2,63	\$ 1.200,00	\$ 2,18
\$J\$21	has	1000	1000	2,5724132	3000	3,7938589

**Microsoft Excel 14.0 Informe de confidencialidad**

Hoja de cálculo: [segundo escenario.xlsx]tir\_max

Informe creado: 05/11/2012 12:48:36 a.m.

## Celdas de variables

Celda	Nombre	Final Valor	Reducido Degradado
\$J\$6	precio del gas por m3	1,2	3,479505777
\$J\$8	Costo del RAC Rotoenfardadora por ha	979,9999	0
\$J\$21	has	1000	0,002453008

## Restricciones

NINGUNO

**TIR 110%**

Meses zafra 6

<b>Datos de gas natural</b>	
Cant. M3 gas por dia	100000
Cant.dias por mes	30
Total m3 gas consumido en zafra	16.461.000,00

Precio variable por m3	\$ 0,91
Costo total gas	\$ 15.053.584,50

<b>Datos de bagazo</b>		
M3 de gas remplazados por dia	20000	20%
Valor gas remplazado	\$ 3.292.200,00	

Costo combinado actual de gas + bagazo	\$ 11.761.384,50
--	---------------------

<b>Datos de maloja</b>	
M3 de gas remplazados por zafra	2.062.500,01
Valor del gas remplazado	\$ 1.886.156,26
Costo obtener maloja	\$ 1.200.000,00
Costo combinado gas + bagazo + maloja	\$ 11.075.228,25

Datos Auxiliares		
Meses de zafra	6	
Valor de Maquinaria: Rotoenfardadora	120000	Dólares
Valor de Maquinaria: hiladora	6900	Dólares
VU de maquinarias	8	Años
Precio del gas por m3	\$ 0,91	
Precio del dólar	\$ 4,85	
Costo del RAC Rotoenfardadora por ha	\$ 1.200,00	
Costo del RAC Prismática por ha	\$ 1.125,00	
Costo de Salario básico por Empleado mensual	\$ 5.250,00	
Costo de Salario básico por Empleado anual	\$ 31.500,00	
Empleados necesarios para el nuevo proceso	2	
Aprovechamiento de maloja por ha	0,55	
Rendimiento en m3 por ha	3750	

Tasa dcto	15%
Consumo del gas diario en el ingenio pesimista m3	100000
Consumo del gas diario en el ingenio optimista m3	1500

Supuestos	
Has	1000,000004
Aprov. por ha	0,55
m3 por ha	3.750,00
<b>Total m3 remplazados</b>	<b>2.062.500</b>

Has rendimiento por equipo	2000
Has rendimiento por empleado	1000
Maquinaria necesaria	1
Personal necesario	2

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Precio del gas por m3	\$ 0.91	\$ 1.10	\$ 1.32	\$ 1.58	\$ 1.90
Costo del RAC Rotoenfardadora por ha	\$ 1,200.00	\$ 1,560.00	\$ 2,028.00	\$ 2,636.40	\$ 3,427.32
Costo del RAC Prismática por ha	\$ 1,125.00	\$ 1,462.50	\$ 1,901.25	\$ 2,471.63	\$ 3,213.11
Costo de Salario básico por Empleado mensual	\$ 5,250.00	\$ 5,250.00	\$ 5,850.00	\$ 5,850.00	\$ 5,850.00
Costo de Salario básico por Empleado anual	\$ 31,500.00	\$ 31,500.00	\$ 35,100.00	\$ 35,100.00	\$ 35,100.00



Flujos de Fondos	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ahorro del gas con maloja		\$ 1.886.156,26	\$ 2.263.387,51	\$ 2.716.065,01	\$ 3.259.278,01	\$ 3.911.133,62
<b>Estado de Resultados</b>						
Costo de usar la maloja		\$ 1.200.000,00	\$ 1.560.000,01	\$ 2.028.000,01	\$ 2.636.400,01	\$ 3.427.320,01
Inversion de maquina rotoenfaradora	\$ 582.000,00					
Inversion de maquina hiladora	\$ 33.463,00					
Salario adicional		\$ 63.000,00	\$ 63.000,00	\$ 70.200,00	\$ 70.200,00	\$ 70.200,00
Amortizacion anual de rotoenfaradora		\$ 72.750,00	\$ 72.750,00	\$ 72.750,00	\$ 72.750,00	\$ 72.750,00
Amortizacion anual de hiladora		\$ 4.183,13	\$ 4.183,13	\$ 4.183,13	\$ 4.183,13	\$ 4.183,13
<b>Resultado neto</b>	\$ -615.465,00	\$ 700.089,38	\$ 717.320,63	\$ 694.798,13	\$ 629.611,13	\$ 490.546,73
VAN	\$ 2.616.900,99					
TIR	110%					

**Microsoft Excel 14.0 Informe de límites**

Hoja de cálculo: [segundo escenario.xlsx]tir\_90

Informe creado: 05/11/2012 12:49:52 a.m.

Objetivo		
Celda	Nombre	Valor
\$B\$35	TIR Año 0	110%

Variable			Inferior	Objetivo	Superior	Objetivo
Celda	Nombre	Valor	Límite	Resultado	Límite	Resultado
\$J\$6	precio de \$	0,91	\$ 0,90	\$ 1,04	\$ 1,20	\$ 2,18
\$J\$8	Costo del \$	1.200,00	\$ 950,00	\$ 1,61	\$ 1.200,00	\$ 1,10
\$J\$21	has	1000,000004	1000	1,0999565	3000	1,680348

**Microsoft Excel 14.0 Informe de confidencialidad**

Hoja de cálculo: [segundo escenario.xlsx]tir\_90

Informe creado: 05/11/2012 12:49:52 a.m.

## Celdas de variables

Celda	Nombre	Final Valor	Reducido Degradado
\$J\$6	precio del gas por m3	0,9145	0
\$J\$8	Costo del RAC Rotoenfardadora por ha	1200	0
\$J\$21	has	1000,000004	0

## Restricciones

Celda	Nombre	Final Valor	Lagrange Multiplicador
\$B\$35	TIR Año 0	1,10000016	0

**Escenario tercero****TIR MAX**

Meses zafra 6

<b>Datos de gas natural</b>	
Cant. M3 gas por día	100000
Cant.días por mes	30
Total m3 gas consumido en zafra	16.356.600,00

Precio variable por m3	\$ 0,91
Costo total gas	\$ 14.863.242,42

<b>Datos de bagazo</b>		
M3 de gas remplazados por día	20000	20%
Valor gas remplazado	\$ 3.271.320,00	

Costo combinado actual de gas + bagazo	\$ 11.591.922,42
--	------------------

<b>Datos de maloja</b>	
M3 de gas remplazados por zafra	2.062.500,00
Valor del gas remplazado	\$ 1.874.193,75
Costo obtener maloja	\$ 1.143.077,40
Costo combinado gas + bagazo + maloja	\$ 10.860.806,07

Datos Auxiliares	
Meses de zafra	6
Valor de Maquinaria: Rotoenfardadora	120000 dolares
Valor de Maquinaria: hiladora	6900 dolares
VU de maquinarias	8 años
Precio del gas por m3	\$ 0,91
Precio del dólar	\$ 4,85
Costo del RAC Rotoenfardadora por ha	\$ 1.143,08
Costo del RAC Prismática por ha	\$ 1.125,00
Costo de Salario básico por Empleado mensual	\$ 5.250,00
Costo de Salario básico por Empleado anual	\$ 31.500,00
Empleados necesarios para el nuevo proceso	2
Aprovechamiento de maloja por ha	0,55
Rendimiento en m3 por ha	3750

Tasa dcto	15%
Consumo del gas diario en el ingenio pesimista m3	100000
Consumo del gas diario en el ingenio optimista m3	1500

Supuestos	
Has	1000
Aprov. por ha	0,55
m3 por ha	3.750,00
<b>Total m3 reemplazados</b>	<b>2.062.500</b>

Has rendimiento por equipo	2000
Has rendimiento por empleado	1000
Maquinaria necesaria	1
Personal necesario	2

Flujos de Fondos	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ahorro del gas con maloja		\$ 8.246.151,96	\$ 9.895.382,35	\$ 11.874.458,82	\$ 14.249.350,58	\$ 17.099.220,70
<b>Estado de Resultados</b>						
Costo de usar la maloja		\$ 1.799.160,43	\$ 2.338.908,55	\$ 3.040.581,12	\$ 3.952.755,46	\$ 5.138.582,10
Inversion de maquina rotoenfardadora	\$ 582.000,00					
Inversion de maquina hileradora	\$ 33.465,00					
Salario adicional		\$ 63.000,00	\$ 63.000,00	\$ 70.200,00	\$ 70.200,00	\$ 70.200,00
Amortizacion anual de rotoenfardadora		\$ 72.750,00	\$ 72.750,00	\$ 72.750,00	\$ 72.750,00	\$ 72.750,00
Amortizacion anual de hileradora		\$ 4.183,13	\$ 4.183,13	\$ 4.183,13	\$ 4.183,13	\$ 4.183,13
<b>Resultado neto</b>	\$ -615.465,00	\$ 6.460.924,65	\$ 7.570.406,92	\$ 8.840.610,82	\$ 10.303.328,25	\$ 11.967.371,73
VAN	\$ 44.527.177,37					
TIR	1067%					

**Microsoft Excel 14.0 Informe de límites**  
**Hoja de cálculo: [tercer escenario.xlsx]tir-max**  
**Informe creado: 05/11/2012 12:54:01 a.m.**

Objetivo		
Celda	Nombre	Valor
\$B\$35	TIR Año 0	1067%

Variable			Inferior	Objetivo	Superior	Objetivo
Celda	Nombre	Valor	Límite	Resultado	Límite	Resultado
\$J\$6	precio de \$	2,00	\$ 0,90	\$ 3,22	\$ 2,00	\$ 10,67
\$J\$8	Costo del \$	900,00	\$ 900,00	\$ 10,67	\$ 1.500,00	\$ 8,69
\$J\$21	has	1999,067141	1000	5,4319658	9000	9,6255856

**Microsoft Excel 14.0 Informe de confidencialidad**  
**Hoja de cálculo: [tercer escenario.xlsx]tir-max**  
**Informe creado: 05/11/2012 12:54:01 a.m.**

Celdas de variables

Celda	Nombre	Final Valor	Reducido Degradado
\$J\$6	precio del gas por m3	2	6,717973232
\$J\$8	Costo del RAC Rotoenfardadora por ha	900	-0,003288594
\$J\$21	has	1999,067141	0

Restricciones  
NINGUNO

**TIR 90%**

Meses zafra 6

<b>Datos de gas natural</b>	
Cant. M3 gas por día	100000
Cant.días por mes	30
Total m3 gas consumido en zafra	16.351.200,00

Precio variable por m3	\$ 0,91
Costo total gas	\$ 14.853.430,08

<b>Datos de bagazo</b>		
M3 de gas reemplazados por día	20000	20%
Valor gas reemplazado	\$ 3.270.240,00	

Costo combinado actual de gas + bagazo	\$ 11.583.190,08
--	---------------------

<b>Datos de maloja</b>	
M3 de gas reemplazados por zafra	2.062.500,00
Valor del gas reemplazado	\$ 1.873.575,00
Costo obtener maloja	\$ 1.274.175,80
Costo combinado gas + bagazo + maloja	\$ 10.983.790,88

Datos Auxiliares		
Meses de zafra	6	
Valor de Maquinaria:Rotoenfardadora	120000	dolares
Valor de Maquinaria:hiladora	6900	dolares
VU de maquinarias	8	años
Precio del gas por m3	\$ 0.91	
Precio del dólar	\$ 4.85	
Costo del RAC Rotoenfardadora por ha	\$ 1,274.18	
Costo del RAC Prismática por ha	\$ 1,125.00	
Costo de Salario básico por Empleado mensual	\$ 5,250.00	
Costo de Salario básico por Empleado anual	\$ 31,500.00	
Empleados necesarios para el nuevo proceso	2	
Aprovechamiento de maloja por ha	0.55	
Rendimiento en m3 por ha	3750	

Tasa dcto	15%
Consumo del gas diario en el ingenio pesimista m3	100000
Consumo del gas diario en el ingenio optimista m3	1500

Supuestos	
Has	1000
Aprov.por ha	0.55
m3 por ha	3,750.00
<b>Total m3 remplazados</b>	<b>2,062,500</b>

Has rendimiento por equipo	2000
Has rendimiento por empleado	1000
Maquinaria necesaria	1
Personal necesario	2

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Precio del gas por m3	\$ 0.91	\$ 1.09	\$ 1.31	\$ 1.57	\$ 1.88
Costo del RAC Rotoenfardadora por ha	\$ 1,274.18	\$ 1,656.43	\$ 2,153.36	\$ 2,799.36	\$ 3,639.17
Costo del RAC Prismática por ha	\$ 1,125.00	\$ 1,462.50	\$ 1,901.25	\$ 2,471.63	\$ 3,213.11
Costo de Salario básico por Empleado mensual	\$ 5,250.00	\$ 5,250.00	\$ 5,850.00	\$ 5,850.00	\$ 5,850.00
Costo de Salario básico por Empleado anual	\$ 31,500.00	\$ 31,500.00	\$ 35,100.00	\$ 35,100.00	\$ 35,100.00



<b>Flujos de Fondos</b>	<b>Año 0</b>	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>	<b>Año 4</b>	<b>Año 5</b>
Ahorro del gas con maloja		\$ 1.873.575,00	\$ 2.248.290,00	\$ 2.697.948,00	\$ 3.237.537,60	\$ 3.885.045,12
<b>Estado de Resultados</b>						
Costo de usar la maloja		\$ 1.274.175,80	\$ 1.656.428,54	\$ 2.153.357,10	\$ 2.799.364,23	\$ 3.639.173,50
Inversion de maquina rotoenfaradora	\$ 582.000,00					
Inversion de maquina hiladora	\$ 33.465,00					
Salario adicional		\$ 63.000,00	\$ 63.000,00	\$ 70.200,00	\$ 70.200,00	\$ 70.200,00
Amortizacion anual de rotoenfaradora		\$ 72.750,00	\$ 72.750,00	\$ 72.750,00	\$ 72.750,00	\$ 72.750,00
Amortizacion anual de hiladora		\$ 4.183,13	\$ 4.183,13	\$ 4.183,13	\$ 4.183,13	\$ 4.183,13
<b>Resultado neto</b>	\$ -615.465,00	\$ 613.332,33	\$ 605.794,59	\$ 551.324,02	\$ 444.906,49	\$ 252.604,74
<b>VAN</b>	\$ 1.852.497,17					
<b>TIR</b>	90%					

**Microsoft Excel 14.0 Informe de confidencialidad**

Hoja de cálculo: [tercer escenario.xlsx]tir-90

Informe creado: 05/11/2012 12:54:34 a.m.

Celdas de variables

Celda	Nombre	Final Valor	Reducido Degradado
\$J\$6	precio del gas por m3	0,9084	0
\$J\$8	Costo del RAC Rotoenfardadora por ha	1274,1758	0
\$J\$21	has	1000	0

Restricciones

Celda	Nombre	Final Valor	Lagrange Multiplicador
\$B\$35	TIR Año 0	0,900000826	0

**Microsoft Excel 14.0 Informe de límites**

Hoja de cálculo: [tercer escenario.xlsx]tir-90

Informe creado: 05/11/2012 12:54:34 a.m.

Objetivo		
Celda	Nombre	Valor
\$B\$35	TIR Año 0	90%

Variable			Inferior	Objetivo	Superior	Objetivo
Celda	Nombre	Valor	Límite	Resultado	Límite	Resultado
\$J\$6	precio de \$	0,91	\$ 0,90	\$ 0,86	\$ 2,00	\$ 4,81
\$J\$8	Costo del \$	1.274,18	\$ 900,00	\$ 1,68	\$ 1.500,00	#¡NUM!
\$J\$21	has	1000	1000	0,8997768	9000	1,7164239

**ANEXO**

Domingo, 02 de Septiembre de 2012

## La quema de maloja y la polución ambiental

*Franco A. Fogliata, ingeniero agrónomo.*



| [Ampliar](#)

La contaminación ambiental por la quema de residuos de la caña de azúcar requiere atención en la Provincia, enfocada en particular en los incendios de maloja y en cañaverales en pie, previo a la cosecha. Frecuentemente se daba mayor importancia a la contaminación hídrica por efectos de la vinaza, pero ahora se agrega el tema objeto de este artículo, donde trataremos de aportar algunas cifras para su real dimensión. Sobre la maloja y los despuntes podemos señalar un valor medio de 15 toneladas por hectáreas del residuo seco (con un 10% y un 12% de humedad), depositados sobre el campo luego de la cosecha, y que en las 243.000 hectáreas cultivadas serían alrededor de 3.645.000 toneladas como cifra global estimada. El elemento carbono (C) es el componente químico dominante del residuo y su cantidad generalmente disminuye desde 40% a 21%, aproximadamente, a medida de que transcurren las semanas luego de la cosecha y las hojas se van secando. Numerosas investigaciones en los Estado Unidos y Brasil buscaron precisar la cantidad y tipo de gases surgidos en la quema de maloja, por la cual emplearon "túneles de viento" y encontraron -como era lógico- que los principales contaminantes eran los compuestos carbonados, como monóxido y dióxido de carbono y metano, que totalizaban el 93% de las emisiones, restando un 4,6% para el oxido nitroso y solamente 0,41% para los azufrados como S02. Lo interesante de esos trabajos efectuados en los EEUU durante

1994, es que las cantidades totales de esos compuestos sumaban 43,12 gr/Kg de maloja seca y para los 15.000 kilogramo/hectárea citados, serían 646, kilogramos que irían a parar a la atmósfera en el supuesto de quemar aquella cantidad, con una incineración del 100%. Pero en la realidad se incineran en promedio un 90% según mediciones efectuadas entre 1968 y 1970, con lo cual la cifra quedaría reducida a 582 kilogramo/hectárea. Relacionadas con toda la maloja del área cañera tucumana, las emisiones teóricas alcanzarían a 2.122.000 toneladas equivalentes de gases/año, que terminan engrosando la capa responsable del "efecto invernadero" y el consabido calentamiento global de la atmósfera.

Con una tecnología parecida a la empleada en Brasil durante 2005, se constató que la quema del cañaveral previo a la cosecha generaba 0,35 kg. de metano (CH<sub>4</sub>) por tonelada de caña y 0,015 kg. de óxido nitroso. Al ser mayor el volumen de biomasa en la quema, los valores de emisión son mayores. Tomando esas cifras y trasladadas a Tucumán, en el supuesto de quemar solamente un 30% del cañaveral (sobre 14.000.000 t molidas) estarían generando una emisión de 1.470.000 toneladas eq. de metano y 63.000 t de óxido nitroso. Nuestras estimaciones locales, tomando en cuenta solamente CO<sub>2</sub> desprendido con la quema de maloja indican cifras que varían desde 0,61 t eq. CO<sub>2</sub> por cada t del residuo en valores de mínima hasta 1,17 t eq. de máxima, dependiendo esto de la concentración del carbono en las hojas al momento de la quema. Sólo con los valores de mínima, las emisiones alcanzarían a 2.200.000 toneladas eq. CO<sub>2</sub>/año para el área cañera cubierta del residuo, valores compatibles con lo encontrado en el extranjero.

Merece consideración también la emisión de partículas que se originan y vuelan durante la quema, pudiendo variar entre 3,5 a 5,6 gr/kg de maloja según comprobaciones de EEUU y Brasil. Nuestras experiencias indican un remanente promedio de un 7% en cenizas para malojas con 12% de humedad. En la actualidad Tucumán esta en un giro interesante hacia la "cosecha de caña en verde" (sin quema), cuyas últimas estadísticas están entre 70% y 90%, aunque quedaría pendiente el tema del tratamiento a la maloja -que también se busca de dejarla sin quemar sobre el suelo

y tener así otro enfoque en las laborales agrícolas-. Pero me inclino por dar mayor énfasis en el aprovechamiento industrial de la misma. Ello evitaría la polución ambiental, el uso en los ingenios del gas natural como combustible adicional y se la mezclaría con el bagazo y puede contribuir en acentuar la co-generación de energía eléctrica para la red pública.

Domingo, 03 de Julio de 2011

## Maloja y bagazo se pueden utilizar como energía en los ingenios

*Franco Fogliata - Ingeniero agrónomo - experto en biocombustibles.*

Recientes noticias revelan la gravedad de la crisis energética, con seria repercusión en las principales agroindustrias del NOA -como la azucarera y citrícola- por los faltantes de gas natural en el período crítico invernal de cada año. Si rescatamos las estadísticas de la Secretaría de Energía observamos la disminución progresiva de las reservas de gas, con una proyección que avizora serias dificultades de provisión para dentro de 10 a 12 años, que hoy se suplen con crecientes importaciones tanto de gas natural como licuado. La provisión de gas de los pozos del NOA no alcanzan y por ello se recurre a la importación desde Bolivia, que suministra casi un 25% de las necesidades regionales (se ubican entre 22 y 23 millones de m<sup>3</sup>/día). Pero hay un detalle importante: el gas de Bolivia viene con una tarifa preferencial, por debajo del precio internacional. El día que se ajusten esos valores, los aprietos de nuestras industrias serán mayores.

Durante la zafra 2010, los ingenios consumieron 100.560.000 m<sup>3</sup>/año de gas natural, lo que incluye molienda y destilerías. Pero es importante destacar la fuerte baja en el consumo de este combustible -producto de inversiones en nuevas calderas y mejor tecnología-, lo que permitió bajar desde los 180 millones de m<sup>3</sup>/año en 2000, a 173 millones en 2006, luego a 160 millones en 2007, pasando a 120 millones en 2009

y llegar a los 100 millones aludidos para 2010. Es decir, el consumo de gas natural mermó un 45.5% en 10 años.

Comenzar a trabajar ahora

La pregunta clásica es ¿qué hacer frente al panorama de creciente escasez? Hay respuestas positivas y alentadoras que requieren tiempo e inversiones, pero es necesario comenzar a trabajar ya. Desde 1980 a 1985 se conocen en la industria azucarera del Caribe que las calderas de los ingenios pueden funcionar correctamente con mezcla de bagazo y maloja (ahora lo llaman RAC) para evitar el costoso gasto del combustible adicional (fuel-oil o gas natural). Esto surgió luego de la gran crisis del petróleo, entre 1973 y 1975.

En 1995, Brasil retomó esa posta y lanzó para su industria azucarera un gran programa financiado por el PNUD y Copersucar -apoyados por el gobierno federal- denominado "energía generada desde la biomasa del bagazo y maloja para accionar turbinas de gas", con la finalidad de reducir a cero el combustible proveniente de fuentes fósiles. A partir de 2000 se sumó la industria azucarera de Colombia. Los resultados fueron impresionantes y hoy funcionan en Brasil varios ingenios con esta modalidad, e incluso generan mucha energía eléctrica que se vende a la red pública. El sistema tiene un punto de partida muy interesante, aún no desarrollado potencialmente en Tucumán y el NOA, y es que la maloja seca en el campo posee un poder calorífico superior (PCS) mejor que el bagazo, portador del 48-50% de humedad que sale de la molienda. Esos poderes caloríficos son, en promedio, de 3.700 cal/Kg versus 2.400.

Lo interesante es que aquellos países desarrollaron económicamente toda una logística de recolección y transporte de la maloja desde el campo al ingenio con buenos resultados. En Tucumán se comenzó tímidamente -a mi entender- a trabajar en ese sentido, pues existen las máquinas enfardadoras de maloja con rindes aceptables y las pruebas en calderas efectuadas por la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (Eeaoc) obtuvieron resultados positivos parecidos

a los de Colombia. Las reuniones técnicas de la Satca (una entidad que agrupa a expertos en caña de azúcar) reflejan lo expresado.

Tres millones de toneladas de maloja

Lo más importante que podemos rescatar es que la disponibilidad total de la maloja en Tucumán, luego de la cosecha en verde, puede llegar a 3 millones t/año, y con las pérdidas lógicas del proceso quedan reducidas a 1,8 - 2 millones/toneladas/año. Efectuando la correspondiente equivalencia calorífica con el gas natural, surge que este residuo seco de la cosecha de caña puede suplir, junto con el bagazo, todas las necesidades de gas natural de los ingenios tucumanos valorada como m<sup>3</sup>/gas/equivalente por hectárea. La disponibilidad total oscilaría entre 200 y 377 millones de m<sup>3</sup>/gas, equivalente en el área cañera tucumana, según la metodología del cálculo y que está detallado en mi libro sobre Biocombustibles (edición 2009). Como se observa, es todo un desafío frente a lo que parece será una larga crisis -a través de los próximos años- de provisión de gas natural.

Este nuevo enfoque va a requerir inversiones, pero económicamente estará justificado.



## INDICE BIBLIOGRÁFICO

### a) General:

COPERSUCAR. PROJETO BRA/96/G31 Geração de energia por biomassa bagaço da canha-de-açúcar e resíduos: Dezembro 1997 01.

-----Geração de energia por biomassa bagaço da canha-de-açúcar e resíduos: Abril 1998 02. Junho 1998 03. Setembro 1998 04

----- Geração de energia por biomassa bagaço da canha-de-açúcar e resíduos: Janeiro 1999 05. Abril 1999 06. Agosto 1999 07.

-----Geração de energia por biomassa bagaço da canha-de-açúcar e resíduos: Junho 2000 08.

CUNALI RIPOLI,M.L.- Mapeamento do palhiço enfardado de cana-de-açúcar (Saccharum spp.) e do seu potencial energético. (Brasil, 2002)

HAMILTON,F.T. 2003 – Enleiramento e enfardamento prismático de palhiço de cana-de-açúcar alguns parâmetros de desempenho operacional e eficiência energética. Piracicaba. Trabajo de investigación bibliográfica.

Manual para ingenieros azucareros- E. Hugot- Compañía Editorial Continental S.A. Mexico 22 D.F. Marzo 1963- pág. 681

Manual de azúcar Caña-James C.P. Chem- Editorial limosa- primera edición:1991. Impreso en México-pág. 73

### b) Especial:

ASCÁRATE, Sebastian, Investigación: Recuperación de los residuos de la cosecha mecanizada para su utilización como combustible adicional en calderas (Tucumán, 2003)

### c) Datos de internet:

<http://www.boletinagrario.com/ap-6,glosario,692,rastrojo.html> (22/10/12)

<http://www.slideshare.net/Gabrania/calderas>  
<http://es.scribd.com/doc/38244335/Caldera-Azucarera>

<http://www2.lagaceta.com.ar/nota/508609/economia/quema-maloja-polucion-ambiental.html> (2/09/2012)

<http://www.lagaceta.com.ar/nota/443537/Economia/Maloja-bagazo-pueden-utilizar-como-energia-ingenios.html> (3/07/2011)

## ÍNDICE

	<u>Pág.</u>
Resumen	
Prólogo.....	1

### CAPÍTULO I

#### EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LA CAÑA

1 Extracción del Jugo.....	3
2 Purificación del jugo: Clarificación.....	4
3 Evaporación.....	5
4 Clarificación del jarabe crudo.....	6
5 Cristalización.....	7
6 Centrifugación o purga; reebullicion de las mieles .....	7

### CAPÍTULO II

#### CARACTERISTICAS DE LA MALOJA CONTEXTO Y PLAN DE ACCIÓN

1 Definición.....	8
2 Ventajas y Desventajas .....	9
El Control de las Malezas.....	10
El Reciclaje de los Nutrientes .....	11
3 Caracterización del rastrojo de caña de azúcar.....	14
4 Análisis del potencial energético de rastrojo.....	17

### CAPÍTULO III

#### CARACTERISTICAS DE LAS CALDERAS Y DEL BAGAZO

1 Definición de caldera .....	19
2 Tipos de Calderas .....	20
3 Consumo de vapor.....	21

4	Definición de bagazo y su uso.....	22
---	------------------------------------	----

#### **CAPITULO IV**

##### **TRATAMIENTO DE MALOJA PARA EL INGENIO**

1	Poder Calórico de los residuos de cosechas .....	23
2	Utilización del rastrojo de caña .....	26
3	Operaciones de Hilerado y Enfardado.....	31

#### **CAPÍTULO V**

##### **MODELO DE ANALISIS**

1	Análisis económico del RAC (combinación de bagazo y maloja)...	40
2	Desempeño agronómico.....	41
3	Resultados del análisis económico.....	41
4	Presentación del Modelo.....	44
5	Alternativas de análisis con la herramienta SOLVER.....	48
6	Apreciaciones del modelo.....	49

<b>Conclusión.....</b>	<b>50</b>
------------------------	-----------

<b>Apéndice.....</b>	<b>52</b>
----------------------	-----------

<b>Anexo.....</b>	<b>89</b>
-------------------	-----------

<b>Índice bibliográfico.....</b>	<b>95</b>
----------------------------------	-----------

<b>Índice Analítico.....</b>	<b>97</b>
------------------------------	-----------