

ICIDCA

sobre los derivados de la caña de azúcar

Volumen 48 No. 3 septiembre - diciembre 2014

ISSN - 0138-6204



Tratamiento de residuales porcinos
para la producción de biogás



Influencia de la permeabilidad del
envase en la calidad del azúcar



Clarificación del jugo de
caña mediante el empleo
de plantas mucilaginosas

Í N D I C E

Metodología para la evaluación integral de proyectos de reconversión azucarera en el concepto de biorrefinería con enfoque difuso

Fernando Efrén Ramos-Miranda, Julio Rafael Gómez-Sarduy,
Erenio González-Suárez, Nancy López-Bello

3

Comportamiento de algunos parámetros de los azúcares crudos analizados durante el quinquenio 2006-2010. Parte 2

Roberto J Rodríguez-Mambuca, Julián Rodríguez-López,
Jesús Mesa-Oramas, Alejandra Sánchez-Herrera,
Miriam Gay-Querol-Camacho

11

Tratamiento de residuales porcinos para la producción de biogás

Dania Alonso-Estrada, Yaniris Lorenzo-Acosta,
Yasser Miguel Díaz-Capdesuñer, Roberto Sosa-Cáceres,
Yamila Angulo-Zamora

16

Influencia de la permeabilidad del envase en la calidad del azúcar

Aracelia Hernández-Gutiérrez, Maribel Rodríguez-Tomé,
Dolores Cordero-Fernández

22

Diagnóstico de la política científica en las investigaciones de los procesos de obtención de rones para mejorar la aptitud ambiental y energética del proceso

Gladys Cañizares-Pentón; Mabel Cuevas-Hernández,
Aleiby Placeres-Remior, Raúl Alberto Pérez-Bermúdez

26

Empleo de la relación residuo producto para la estimación de biomasa cañera potencial, caso de estudio

Lizet Rodríguez-Machín, Raúl Alberto Pérez-Bermúdez,
Diubel Humberto Bretón-Glean, Luis Ernesto Arteaga-Pérez,
Bárbaro Fidel Medina-Álvarez

32

Clarificación del jugo de caña mediante el empleo de plantas mucilaginosas

Walter Quezada-Moreno, Irenia Gallardo-Aguilar

41

Uso del biofertilizante *Azospirillum* como fuente alternativa para la fertilización nitrogenada de la caña de azúcar

Everaldo Becerra-De Armas, Ilia Lugo-Ruiz,
Rafael Más-Martínez, Emma Pineda-Ruiz,
Yudith Viñas-Quintero

49

Gestión ambiental, las interfaces y la integración ciencia, tecnología e innovación en la agroindustria de Aguada de Pasajeros

Nelson Arsenio Castro-Perdomo

54

WebInd. Sistema de información gerencial para Azcuba

Irina Vargas-Vargas, Rubén Monduí-González

62

Comparación ambiental de la generación de energía eléctrica a partir del bagazo y fuel oil

Berlan Rodríguez-Pérez, Ana Margarita Contreras-Moya,
Elena Rosa-Domínguez

70

CONTENTS

Methodology for integral evaluation of sugar mill reconversion projects in biorefineria's concept with diffuse approach

3

Fernando Efrén Ramos-Miranda, Julio Rafael Gómez-Sarduy,
Erenio González-Suárez, Nancy López-Bello

Behavior of some parameters of raw sugars during the five-year period 2006-2010. Part 2

11

Roberto J Rodríguez-Mambuca, Julián Rodríguez-López,
Jesús Mesa-Oramas, Alejandra Sánchez-Herrera,
Miriam Gay-Querol-Camacho

Treatment of pig wastewaters for biogas production

16

Dania Alonso-Estrada, Yaniris Lorenzo-Acosta,
Yasser Miguel Díaz-Capdesuñer, Roberto Sosa-Cáceres,
Yamila Angulo-Zamora

Influence of packaging permeability in sugar quality

22

Aracelia Hernández-Gutiérrez, Maribel Rodríguez-Tomé,
Dolores Cordero-Fernández

Diagnosis on the scientific policy in rum research intended to improve environmental and energetic attitude of the process

26

Gladys Cañizares-Pentón; Mabel Cuevas-Hernández,
Aleiby Placeres-Remior, Raúl Alberto Pérez-Bermúdez

Use of residue-product ratios for estimation of the potential sugarcane biomass, case of study

32

Lizet Rodríguez-Machín, Raúl Alberto Pérez-Bermúdez,
Diubel Humberto Bretón-Glean, Luis Ernesto Arteaga-Pérez,
Bábaro Fidel Medina-Álvarez

Clarification of sugarcane juice by means of mucilagenous plants

41

Walter Quezada-Moreno, Irenia Gallardo-Aguilar

Application of *Azospirillum* biofertilizer as an alternative source for nitrogen fertilizer in the sugarcane crops

49

Everaldo Becerra-De Armas, Ilia Lugo-Ruiz,
Rafael Más-Martínez, Emma Pineda-Ruiz,
Yudith Viñas-Quintero

Environmental management, interfaces and integration science, technology and innovation in agribusiness of Aguada de Pasajeros

54

Nelson Arsenio Castro-Perdomo

WebInd. Management information system for Azcuba

62

Irina Vargas-Vargas, Rubén Monduí-González

Environmental comparison between electricity generation from bagasse and fuel oil

70

Berlan Rodríguez-Pérez, Ana Margarita Contreras-Moya,
Elena Rosa-Domínguez

Metodología para la evaluación integral de proyectos de reconversión azucarera en el concepto de biorrefinería con enfoque difuso

Fernando Efren Ramos-Miranda¹, Julio Rafael Gómez-Sarduy¹, Erenio González-Suárez²,
Nancy López-Bello²

1. Universidad de Cienfuegos, Carretera a Rodas, km 3 ½, Cuatro Caminos, Cienfuegos.Cuba

2. Universidad Central Marta Abreu de Las Villas, Carretera a Camajuaní, km 5 ½,
Sta. Clara, Villaclara. Cuba
framos@ucf.edu.cu

RESUMEN

Se desarrolla el modelo que se ha llamado ADEII (Aplicación Difusa para la Evaluación Integral de Inversiones) que es una forma metodológica en la aplicación de análisis multicriterio para la toma de decisiones en cuanto a la selección de alternativas de reconversión de la industria azucarera cubana, con énfasis en el concepto de biorrefinería y la integración de procesos.

La metodología desarrollada incorpora criterios de evaluación económicos, medioambientales y sociales de la tecnología propuesta y está implementada en ambiente Matlab a partir del uso del método Delphi con enfoque difuso y un sistema de inferencia difusa para la asistencia en la toma de decisiones.

Palabras clave: multicriterio, Delphi, conjunto difuso, biorrefinería.

ABSTRACT

The model ADEII (Aplicación difusa para la evaluación integral de inversiones) is developed. This is a methodological form in the application of analysis and multicriteria form for the decision making to the selection of alternatives of reconversion of the Cuban sugar industry, with emphasis in biorefinery's concept and the integration of processes.

The developed methodology incorporates criteria of evaluation so much economic like environmental and social of proposed technology. Matlab environment is implemented in of the method Delphi with diffuse focus and a system of diffuse inference for assistance in the decision making.

Keywords: multicriteria, Delphi, fuzzy, biorefinery.

INTRODUCCIÓN

Las tecnologías de integración en la conversión de biomasa para producir combustibles, energía, o productos químicos, a partir de biomasa, se está desarrollando a una velocidad significativa, generando un amplio espectro de productos de interés

comercial. El objetivo de estas instalaciones es multipropósito con el fin de lograr de forma sostenible varios productos de interés comercial. Las perspectivas de estas tecnologías son enormes y son descritas ampliamente en todo el mundo (1).

Por otra parte, la evaluación económico-financiera de esos proyectos, realizada de acuerdo con

criterios que comparan flujos de beneficios y costos, permite determinar si conviene realizar un proyecto, o sea, si es o no rentable y de ser conveniente, si es oportuno ejecutarlo en ese momento o se debe postergar su inicio. Además brinda elementos para decidir el tamaño más adecuado de la planta (2, 3).

Los criterios de evaluación que se aplican con más frecuencia por los analistas de proyectos, consisten en comparar los flujos de ingresos con los de costos y se clasifican en dos categorías generales: las técnicas para el análisis de la rentabilidad de la inversión (con y sin financiamiento) y las técnicas para el análisis financiero.

A la primera categoría pertenecen los métodos actualizados como el Valor Actual Neto y la Tasa Interna de Retorno y a la segunda los Análisis de liquidez.

El cálculo manual de los Análisis Financieros y de Rentabilidad es muy trabajoso, y tiene el riesgo de una posible introducción de errores de cálculo. Para evitar esto y aprovechando las ventajas que brindan las técnicas computacionales, se han establecido programas de computación que de forma sencilla, precisa y rápida permiten obtener estos indicadores. La figura 1 muestra los pasos básicos de la metodología.

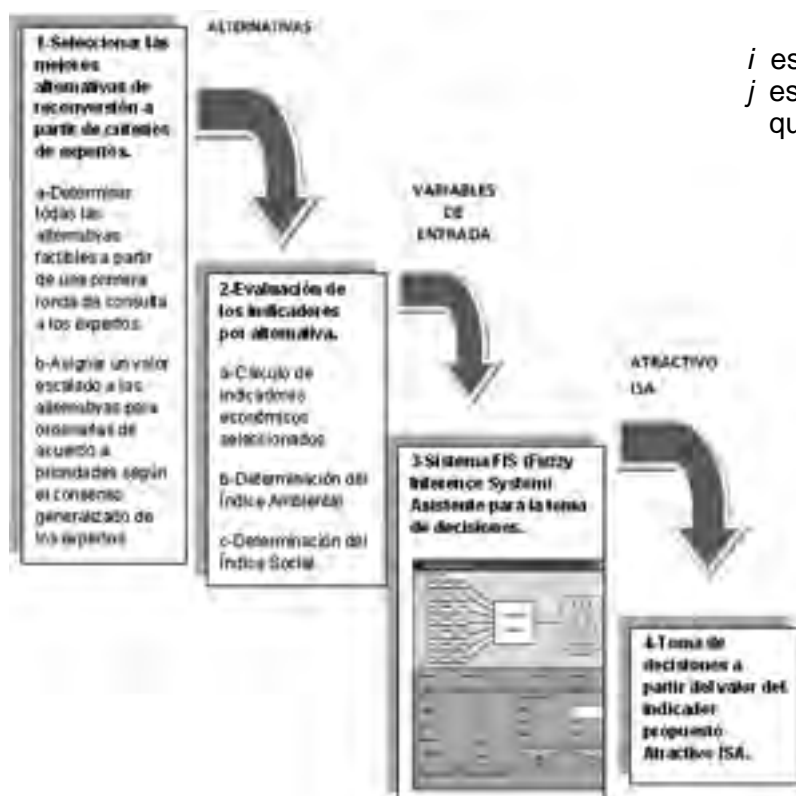


Figura 1. Pasos de la metodología.

DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA

El Valor Neto Actualizado o Valor Actual Neto (VAN) se define como el valor actualizado del flujo de ingresos netos obtenidos durante la vida útil económica del proyecto, a partir de la determinación por año de las entradas y salidas de divisas en efectivo, desde que se incurre en el primer gasto de inversión durante el proceso inversionista hasta que concluyen los años de operación o funcionamiento de la inversión. Matemáticamente se puede expresar como:

$$VAN = \sum_{j=1}^n INJ \cdot a_j$$

donde:

INJ es el saldo entre los ingresos y gastos en los años 1, 2, 3,... j ..., n

a_j es el factor de actualización en los años 1, 2, 3,... j ..., n

El factor de actualización se puede obtener de las tablas de actualización o calcularse mediante la siguiente fórmula:

donde:

$$a_j = \frac{1}{(1+i)^j}$$

i es la tasa de actualización

j es 1, 2,... n, es decir cada año del proyecto en que se generan egresos e ingresos en efectivo.

Para este cálculo, generalmente se utiliza la tasa de interés existente sobre préstamos a largo plazo en el mercado de capitales y la misma debe reflejar el costo de oportunidad del capital que expresa la garantía de un rendimiento mínimo del capital que se exige al proyecto. Esta tasa puede ser determinada también, teniendo en cuenta otras tasas como la LIBOR (London Interbank Offering Rate) y MIBOR (Madrid Interbank Offering Rate), aunque, la primera es la más utilizada.

Es aconsejable calcular el VAN para diferentes tasas de actualización, considerando la conveniencia de introducir otros factores de riesgo adicionales, como son la inflación y la devaluación monetaria.

Si el capital invertido es prestado, la tasa de actualización debe ser superior a la tasa de interés sobre el préstamo.

A los efectos de selección del proyecto, el criterio es que el mismo será rentable si el valor actual del flujo de ingresos es mayor que el valor actual del flujo de costos, cuando estos se actualizan con la misma tasa, es decir cuando la diferencia entre ambos es mayor que cero. Dicho de otra forma, cuando el VAN es positivo, ya que significa que el proyecto cubre sus costos.

Algunos autores (4) recomiendan calcular la relación entre el Valor Neto Actualizado (VAN) y el Costo de la Inversión Actualizado que representa la Tasa de Rendimiento Actualizado del Proyecto (RVAN).

Entre las diversas variantes posibles, que tengan el mismo VAN, conviene escoger la que ofrezca la RVAN más alta, o sea una relación mayor entre los ingresos netos actualizados y la inversión requerida para obtenerlos.

Otro de los indicadores utilizados es la tasa interna de retorno o rendimiento (TIR) que representa la rentabilidad general del proyecto y es la tasa de actualización o de descuento, a la cual el valor actual del flujo de ingresos en efectivo es igual al valor actual del flujo de egresos en efectivo. En otros términos se dice que la TIR corresponde a la tasa de interés que torna cero el VAN de un proyecto, anulándose la rentabilidad del mismo, y se calcula según:

$$TIR = i_1 + \frac{VAN_p \cdot (i_2 - i_1)}{VAN_p + VAN_n}$$

donde:

i_1 es la tasa de actualización en que el VAN es positivo.

VAN_p es el VAN positivo a la tasa de actualización i_1 .

i_2 es la tasa de actualización en que el VAN es negativo.

VAN_n es el VAN negativo a la tasa de actualización i_2 (se suma con signo positivo).

La TIR representa la rentabilidad general del proyecto y expresa por tanto la Tasa de Rendimiento de la Inversión a realizar.

El criterio de selección corresponderá a aquellos proyectos que tengan una mayor TIR, y esta siempre debe ser mayor o igual a aquella que garantice un rendimiento mínimo para la inversión a realizar.

En otras palabras, se puede aceptar el proyecto propuesto si la TIR es mayor o igual que el costo externo del capital determinado en los mercados financieros. En caso contrario, no es propicio ejecutarlo. Es recomendable insistir que el costo de capital pertinente es la tasa de interés que habría que abonar sobre un crédito que se solicite para

realizar el proyecto, o la rentabilidad de la mejor alternativa de inversión, si se emplea capital propio.

Si el capital invertido es prestado, la TIR debe ser al menos dos veces la tasa de interés del capital prestado o tres veces la LIBOR o la MIBOR, no se debe admitir un proyecto que posea una TIR inferior a la tasa de interés del capital prestado.

Este indicador mide el número de años que transcurrirán desde la puesta en explotación de la inversión, para recuperar el capital invertido en el proyecto mediante las utilidades netas del mismo, considerando además la depreciación y los gastos financieros. En otros términos se dice que es el período que media entre el inicio de la explotación y la obtención del primer saldo positivo o período de tiempo de recuperación de una inversión.

El período de recuperación no considera la etapa referida a la construcción por lo que se deduce el tiempo que media entre el inicio de la construcción y el momento de la puesta en explotación. Tampoco se considera para su cálculo la corriente de costo y beneficio durante la vida productiva del proyecto después que se ha reembolsado el costo de inversión original.

La ventaja de este criterio radica en su simplicidad, pero su aplicación no es útil para comparar proyectos, dado que no considera el valor del dinero en el tiempo, sino que compara directamente valores obtenidos en distintos momentos. Más que un criterio económico, este indicador es una medida de tiempo.

No es aconsejable utilizarlo tampoco como criterio básico o de decisión fundamental para seleccionar proyectos. Es por ello que se utiliza sólo como complemento del análisis de rentabilidad de inversión y de indicadores básicos como el VAN y la TIR.

Otro indicador es la razón beneficio-costos que compara el valor actual de las entradas de efectivo futuras con el valor actual del desembolso original y de otros gastos en que se incurran en el período de operación, o sea, la relación por cociente entre los beneficios y costos actualizados a un cierto momento, de manera que:

$$\text{Razón Beneficio- Costo} = \frac{\text{Valor actual de entradas de efectivo}}{\text{Valor actual de salidas de efectivo}}$$

En este método las salidas de efectivo se separan de las entradas, no como en el VAN y el TIR, donde los gastos futuros se engloban con los ingresos del mismo período y sólo se incorpora al análisis el resultado neto, por lo tanto, este criterio sólo es apropiado utilizarlo para decidir si un proyecto se debe ejecutar o no, a partir de que la regla de decisión es que si la razón beneficio-costos es igual

o mayor que la unidad su ejecución es conveniente, ya que el valor presente neto del proyecto es positivo.

De los criterios de evaluación expuestos, todos tienen ventajas e inconvenientes, pero las desventajas del período de recuperación y de la razón beneficio-coste no los hacen aconsejables para decidir la ejecución o rechazo de un proyecto.

La TIR es requerida por casi todos los organismos internacionales de crédito y puede aplicarse en presencia de escasez de capitales. Sin embargo, cabe recalcar que si el problema que se enfrenta es decidir entre proyectos mutuamente excluyentes, el criterio del VAN es el único que permite adoptar una decisión, sin inducir a error, en cuanto a cuál proyecto es más rentable y conveniente.

Por lo antes expuesto, se puede concluir que generalmente en criterios de evaluación, conviene calcular para cada proyecto el VAN y la TIR, y el resto sólo como información adicional cuando se requiera.

Consideraciones ambientales y sociales

En la metodología que se propone se incorporan como variables influyentes en la toma de decisiones, no solo los indicadores económicos anteriormente señalados, sino consideraciones acerca de los cambios ambientales y sociales que producirá el proyecto sin que ello llegue a constituir una evaluación de impacto propiamente dicha.

Estas consideraciones se introducen a partir de dos variables denominadas Índice Ambiental (IA) e Índice Social (IS) y para determinarlas se emplea como metodología la opinión de expertos. En el caso de las consideraciones ambientales, se propone una ronda para evaluar en una escala del 0 al

10 los factores globales seleccionados que influirán en el medio ambiente.

En la tabla 1 se muestran los factores ambientales a evaluar, la primera columna contiene los k factores a evaluar (para este caso $k=5$) y en la segunda columna se ubican los valores de las unidades de importancia dadas por cada experto i (5) para la alternativa considerada. De esta forma se tiene un total de matrices de factores ambientales globales igual al producto del número de expertos por el número de alternativas (UI_{ik}).

Particularmente, los factores ambientales se obtienen de la información catalogada en Elementos metodológicos para la introducción de prácticas de producción más limpia. Alternativas para el aprovechamiento económico de residuales (6) y que han sido simplificados para los objetivos de ese trabajo.

El índice ambiental obtenido finalmente para cada alternativa por experto es un número entre 0 y 1. Con esta información se construye la matriz de datos para el método Delphi. Esta matriz está compuesta por tantas filas como alternativas se vayan a evaluar y el número de columnas coincide con los expertos. Cada elemento de la matriz es el valor del Índice Ambiental del experto i para la alternativa j (IA_{ij}). Al aplicar el método Delphi con enfoque difuso y el programa elaborado en Matlab (7) se obtienen los números difusos globales que integran la opinión de los expertos y que cuantifican el Índice Ambiental global de cada alternativa (8).

Para evaluar las consideraciones sociales del proyecto, se sigue una metodología similar elaborando una matriz de beneficios sociales a los cuales cada experto asigna un peso en una escala de 0 al 10 que servirá para la posterior valoración de las variables sociales consideradas. La tabla 2 muestra la matriz de beneficios para un proyecto determinado.

Tabla 1. Matriz de factores ambientales globales del i -ésimo experto para una alternativa

	UI
Uso del bagazo y el RAC	UI_{i1}
Ciclo del agua cerrado	UI_{i2}
Eficiencia energética	UI_{i3}
Emisiones de humo e inquemados	UI_{i4}
Uso de los subproductos (cachaza, ceniza, etc.)	UI_{i5}
Índice Ambiental del experto i para la alternativa j	$IA_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^5 UI_{ik}}{50}$

Tabla 2. Matriz de beneficios sociales globales del i -ésimo experto para una alternativa

Indicador	UI
Empleo (cantidad, salario, empleo para mujeres)	UI_{i1}
Viviendas	UI_{i2}
Vida social	UI_{i3}
Infraestructura urbanística	UI_{i4}
Generación de divisas o sustitución de importaciones	UI_{i5}
Índice Social del experto i para la alternativa j	$IS_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^5 UI_{ik}}{50}$

Aquí también el índice social obtenido finalmente para cada alternativa por experto es un número entre 0 y 1. Nuevamente se aplica el método Delphi con enfoque difuso para obtener los números difusos globales que integran la opinión de los expertos y que cuantifican el Índice Social global de cada alternativa (9).

Como es bien conocido, el grado de pertenencia a un conjunto difuso se puede obtener por evaluación subjetiva, especialmente para el caso; "ad hoc", mediciones físicas y análisis de frecuencia o probabilidades. El primer método es el empleado en este trabajo, y está automatizado en un software que se describe en el artículo titula "Modelo de decisión para seleccionar alternativas de inversiones de reconversión azucarera y biorrefinerías basado en el método Delphi con enfoque difuso (7). Los datos de entrada se obtienen del criterio de los expertos como se describió anteriormente. A modo de ejemplo y por razones de espacio, solo se muestran brevemente los resultados del procedimiento para la cuantificación de los indicadores para la alternativa No. 1. Los pasos son los siguientes:

- Definición de los aspectos a considerar como indicadores y que impactan en el indicador en cuestión (columna 1 de la tabla 2).
- Se construye una matriz (tabla 2) en la que los elementos son los pesos dados a cada indicador por el experto encuestado en una escala del 0 al 10 como se explicó anteriormente.

- Se calcula el índice social del i-ésimo experto para cada alternativa j considerada según la ecuación.

$$IS_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^5 UI_{ik}}{50}$$

Los resultados se muestran en la última fila de la tabla 3.

- Se repite el procedimiento para cada alternativa y se construye una matriz con los índices sociales de cada una por cada experto (ver tabla 4). Esta tabla constituye una de las entradas de datos al sistema de inferencia difusa que se describe posteriormente, y es la cuantificación numérica de las variables cualitativas incluidas. De igual manera, se procede para el cálculo del índice ambiental.

Sistema FIS (Fuzzy Inference System). Asistente para la toma de decisiones

En el primer paso de la metodología, mostrado en el primer bloque de la Figura 1 y descrito anteriormente se consideró un cuestionario Delphi en dos rondas, diseñado para obtener información útil para plantear las alternativas de reconversión a evaluar. Como se explicó, la primera vuelta servirá para obtener una relación inicial de las alternativas con mejores posibilidades de viabilidad en el escenario azucarero nacional actual, a criterio de los expertos. Se escogen diez alternativas sobre tecnologías bajo el concepto de biorrefinería para la

Tabla 3. Criterio de los expertos para cuantificar numéricamente el índice social de la alternativa 1 a partir de variables cualitativas

		E 1	E 2	E 3	E 4	E 5	E 6	E 7	E 8	E 9
Alternativa 1	Empleo (cantidad, salario, empleo para mujeres)	5	4	4	4	5	3	5	3	5
	Viviendas	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Vida social	4	5	5	5	4	4	5	4	5
	Infraestructura urbanística	3	2	4	3	4	3	4	3	3
	Generación de divisas o sustitución de importaciones	8	7	7	8	7	8	6	9	8
	Índice Social del experto i para la alternativa j	0,4	0,36	0,4	0,4	0,4	0,36	0,4	0,38	0,42

Tabla 4. Índices sociales a partir del criterio de los expertos para cada alternativa seleccionada

Alternativa	E 1	E 2	E 3	E 4	E 5	E 6	E 7	E 8	E 9
A1	0,4	0,36	0,4	0,4	0,4	0,36	0,4	0,38	0,42
A2	0,4	0,36	0,4	0,4	0,4	0,36	0,4	0,38	0,42
A3	0,44	0,42	0,46	0,44	0,44	0,42	0,46	0,44	0,44
A4	0,42	0,4	0,42	0,4	0,42	0,4	0,42	0,4	0,4

reconversión de una fábrica de azúcar. En la segunda vuelta, las alternativas se van acotando, las respuestas se van validando y se intenta evitar las contradicciones internas entre respuestas, aplicando el método Delphi con enfoque difuso para lograr convergencia en las opiniones de los expertos.

Al estimar el atractivo de cada alternativa los decisores consideran una variedad de factores y las interrelaciones entre dichos factores. Así las características cualitativas y las escalas numéricas de medidas pueden permitir graduaciones en cuanto a la medida en la que pertenecen a los conjuntos relevantes que se evalúan. Este atractivo de cada una de las alternativas es una medida que ayuda a la toma de decisión y se obtiene mediante un Sistema de Inferencia Difuso (FIS por sus siglas en inglés) desarrollado particularmente para este fin.

Los sistemas de decisión difusos se basan en la teoría de conjuntos difusos y permiten incorporar en los modelos, un componente de incertidumbre que los hace más efectivo en términos de aproximación a la realidad. En ellos se emplean variables lingüísticas usadas para manejar información cualitativa o cuantitativa imprecisa, de esta manera el contenido de las variables se puede etiquetar al tomar como valores palabras del lenguaje natural.

En un FIS lo primero es la formación de una base de conocimiento dada por un experto en el problema de que se trate que es capaz de explicar cómo funciona el sistema a través de un conjunto de reglas lingüísticas en las que se ven implicadas las variables de entrada y salida. Por esta razón, es necesario definir la forma y rango de las etiquetas de todas las variables en términos difusos. El proceso de diseño del sistema FIS consta de cinco pasos como se muestra en la figura 2.

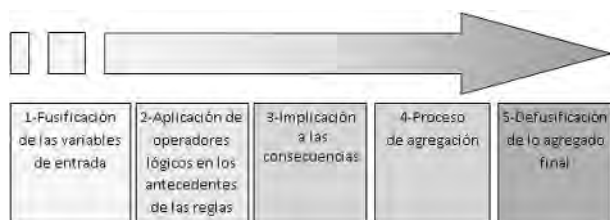


Figura 2. Pasos en el diseño de un sistema de inferencia difuso.

El sistema de decisión difuso se implementó utilizando el Toolbox Fuzzy Logic del Matlab versión 7.10.0.499 (R2010a). Este sistema es de tipo Mandani y determina el atractivo de una alternativa de reconversión con el concepto de biorrefinería en función de cuatro variables de entrada: el VAN asociado a la inversión, la TIR, el Índice Ambiental y el Índice Social. El sistema FIS Asistente para la toma de decisiones se aplica a todas las alternativas

consideradas de manera individual.

La figura 3 muestra los rangos y las etiquetas definidas por el experto para las variables del sistema.

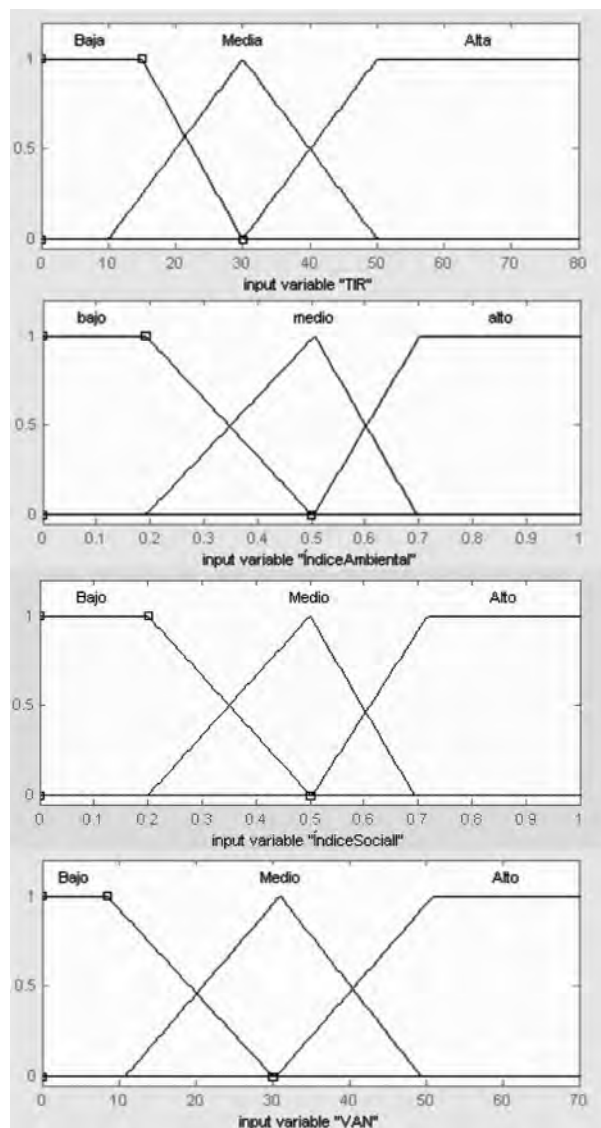


Figura 3. Funciones de pertenencia de las cuatro variables de entrada.

La estructura de las reglas del sistema de decisión es del tipo: *If (VAN is Alto) and (TIR is Alta) and (Índice Ambiental is Alto) and (Índice Social is Bajo) then (Atractivo is atractiva)*. De este modo, a cada una de las cuatro variables de entrada se les podrá asignar una de tres etiquetas (Bajo, Medio y Alto) disponiendo el experto por tanto de 81 reglas para asignar el incentivo a la permanencia correspondiente a cada combinación posible de etiquetas del antecedente de la regla. La variable de salida Atractivo se ha estructurado en cuatro clases posibles con las funciones de pertenencia que se muestran en la figura 4.

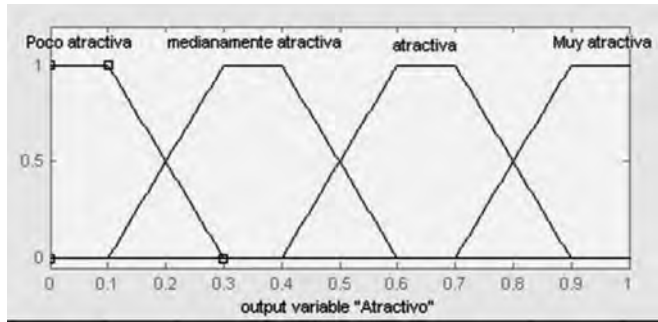


Figura 4. Funciones de pertenencia de la variable de salida atractivo ISA.

El sistema de reglas *IF-THEN* definido para este sistema se muestra en el Anexo 2. Una vez que se ha definido la base del conocimiento (variables de entrada y salida y reglas de decisión) el proceso de inferencia difuso (tipo Mandani) se desencadena para cada cuarteta de valores "crips" correspondientes a las variables de entrada. Un ejemplo de aplicación que ilustra el funcionamiento de este sistema de Inferencia difuso es el caso de una alternativa "A" con los siguientes datos resultado de su evaluación: VAN = 40 MM\$, TIR = 43 %, Índice Ambiental = 0,5 y el Índice Social = 0,75. Para este caso el visor de reglas se muestra en la figura 5 con un Atractivo ISA resultante igual a 0,744 lo que tiene mayor grado de pertenencia a Atractivo.

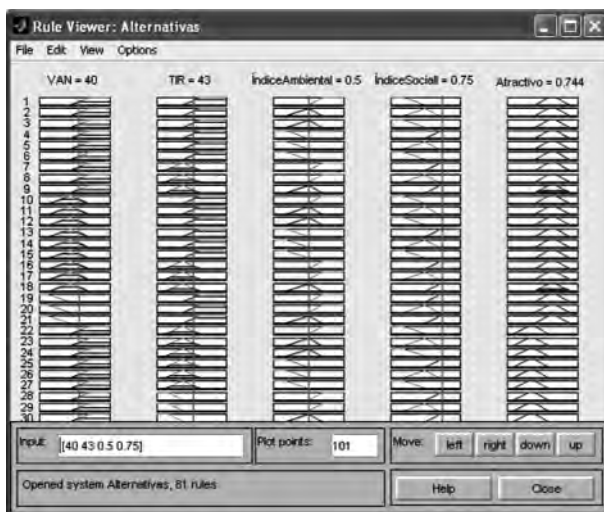


Figura 5. Reglas del FIS alternativas.

Las figuras 6 a la 10 corresponden a los gráficos de superficie que muestran el comportamiento de la salida en función de dos entradas seleccionadas, manteniendo las dos restantes en valores previamente seleccionados.

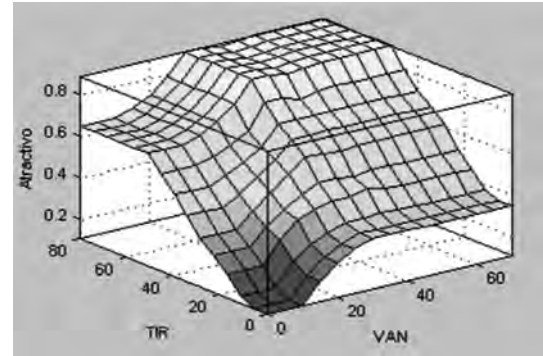


Figura 6. Atractivo ISA vs TIR y VAN para un índice ambiental = 0,4 y un índice social = 0,75.

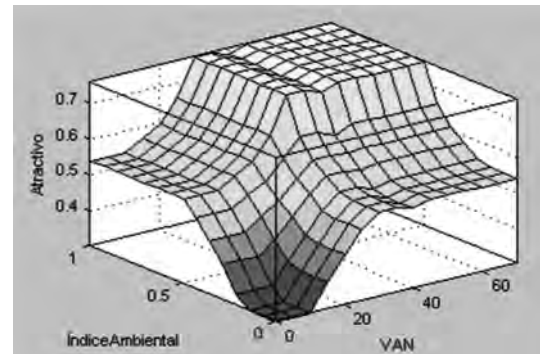


Figura 7. Atractivo ISA vs índice ambiental y VAN para un índice social = 0,75 y TIR = 43 %.

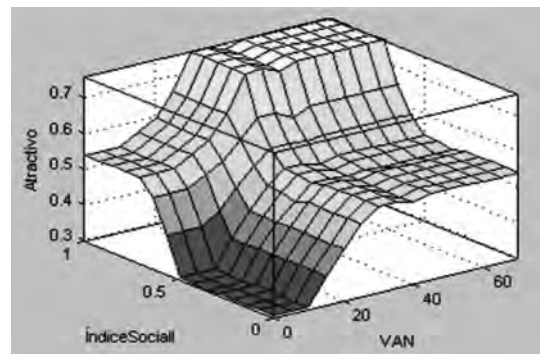


Figura 8. Atractivo ISA vs índice ambiental y VAN para un índice social = 0,75 y TIR = 43 %.

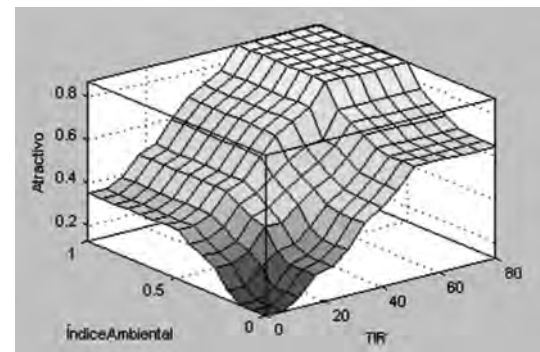


Figura 9. Atractivo ISA vs índice ambiental y TIR para un índice social = 0,75 y un VAN = 40 MM \$.

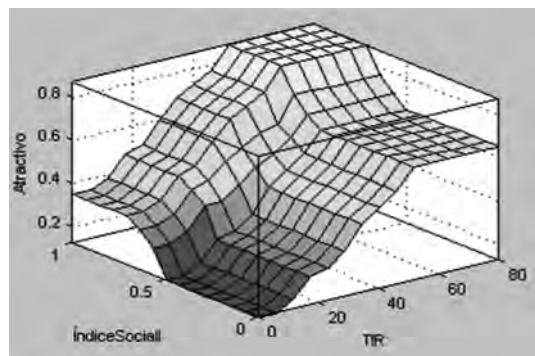


Figura 10. Atractivo ISA vs índice social y TIR para un índice ambiental = 0,75 y un VAN = 40 MM \$.

Toma de decisiones

El último paso de la metodología es la selección de los decisores de la mejor alternativa de reconversión a biorrefinería. Esta decisión no solo estará fundamentada por un análisis clásico de indicadores económicos sino que estará asistida por criterios medioambientales y sociales. La alternativa a seleccionar será la que tenga mayor valor del Atractivo ISA.

CONCLUSIONES

1. Se ha desarrollado un modelo de decisión híbrido a partir del método Delphi con enfoque difuso, indicadores económicos, ambientales y sociales y un sistema de inferencia difuso para la selección y evaluación del atractivo en alternativas de reconversión para la industria azucarera.
2. La metodología desarrollada a partir del modelo tiene en cuenta la importancia de los expertos consultados, resolviendo el problema de otros métodos que rechazan algunos expertos por no cumplir determinadas exigencias.
3. A diferencia de otros métodos reportados en la literatura especializada, este permite cuantificar el consenso del grupo de expertos en un número difuso global obteniéndose un orden de importancia de las alternativas de reconversión según la opinión del grupo de expertos.
4. El software desarrollado en ambiente Matlab para la automatización de los cálculos facilita la aplicación rápida y flexible permitiendo una visualización gráfica de manera que se pueda ver en cualquier momento toda la información numérica y lingüística de las variables y las relaciones entre ellas.

5. Las variables a considerar como entradas del sistema de inferencia difusa y que se calculan para cada alternativa seleccionada son el VAN, la TIR, un Índice Ambiental y un Índice Social. Las dos primeras caracterizan el análisis financiero del proyecto y las segundas incorporan criterios ambientales y sociales. Este sistema FIS da como salida una variable que toma valores entre cero y uno y que se ha denominado Atractivo ISA para caracterizar la alternativa más atractiva integralmente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ballesteros, M. ed. Biorrefinerías. Situación actual y perspectivas". Universidad de Jaén. 2008.
2. González, E. Los estudios previos para minimizar la incertidumbre en la absorción de tecnologías que emplean la biomasa como fuente de productos químicos y energía". CITED. ISBN959-16-0305-3. 154. 2004.
3. González, E.; Nodarse, M.T. Lauchy Ceñudo, A. La transferencia de tecnología en el desarrollo diversificado de la industria de la caña de azúcar. Centro Azúcar. 28 (4): 9-13). ISSN 0253-577. 2001.
4. González, V. M. Procedimiento para la ejecución de estudios previos inversionistas en la industria de procesos químicos y fermentativos. Tesis de Maestría en Gestión de la Ciencia y la Innovación Tecnológica, Universidad Central Marta Abreu de Las Villas. 2008.
5. Francisco, W., López, E., Castellanos, J. A., Gil, S. "Metodología de la Investigación Científica", Cienfuegos, Cuba, CEEMA, Universidad de Cienfuegos. 2008.
6. CITMA. Elementos metodológicos para la introducción de prácticas de producción más limpia. Alternativas para el aprovechamiento económico de residuales. 1998.
7. Ramos, F., Gómez, J.; González, E.; López, N. Modelo de decisión para seleccionar alternativas de inversiones de reconversión azucarera y biorefinerías basado en el método Delphi con enfoque difuso. Icidca sobre los derivados de la caña de azúcar, 48(2), 2014.
8. Parsiani, N. D. Project evaluations using fuzzy logic and risk analysis techniques. Tesis de Máster en Ciencias, University of Puerto Rico. 2006.
9. Gavilán, S. L. M. Método de evaluación para proyectos sociales. 1999.

Comportamiento de algunos parámetros de los azúcares crudos analizados durante el quinquenio 2006-2010. Parte 2

Roberto J. Rodríguez-Mambuca, Julián Rodríguez-López, Jesús Mesa-Oramas, Alejandra Sánchez-Herrera, Miriam Gay-Querol Camacho.

Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA)
Carretera de Boyeros a la CUJAE. k m 2 ½., Boyeros, La Habana. Cuba
roberto.rmambuca@icidcaby.azcuba.cu

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es brindar información sobre el comportamiento de diferentes parámetros con incidencia en la calidad del azúcar crudo producido durante el quinquenio 2006-2010 tales como: partículas ferromagnéticas, ceniza, granulometría, insolubles, dextrana y almidón, y evaluar las tendencias de esos índices por provincias.

Palabras clave: partículas ferromagnéticas, dextrana, almidón, calidad del azúcar crudo.

ABSTRACT

The objective of present paper is to provide information about the behavior of different indexes which affect raw sugar quality during the five-year period 2006-2010 such as: ferromagnetic particles, ash, granulometry, insolubles, dextran and starch and to assess trends of these parameters by different provinces.

Keywords: ferromagnetic particles, dextran, starch raw sugar quality.

INTRODUCCIÓN

A partir de la década del 60, las fábricas de azúcar crudo han tenido que enfrentar nuevos y más difíciles retos, entre ellos, mantener la calidad que exigen los refinadores y continuar con costos de producción competitivos. Entre las principales dificultades que han tenido que vencer se encuentran la aparición de variedades que aportan jugos refractarios en el área de clarificación y el incremento de la mecanización. A estas se le suman, la presencia en el mercado de nuevos edulcorantes tanto naturales como sintéticos.

Japón, Corea, Malasia y Singapur, son países que se caracterizan por ser un mercado con cultura de calidad, surgida sobre la base de productores que tratan de bajar sus precios, haciendo sus industrias refinadoras más rentables a cuentas de procesar crudos de más alta calidad (1).

Japón, presta mayor atención a los niveles de azúcares reductores, dextrana y almidón, aunque existen refinerías que son más exigentes con la ceniza y otras con la dextrana. Los refinadores coreanos, más por los niveles de azúcares reductores y de ceniza, mientras Malasia y Singapur consumen azúcares brasileiros, y por tanto, sus

requisitos están influidos por esta causa (1). Esta región últimamente está muy interesada por la filtrabilidad, el color y la dextrana (1), Marruecos, Egipto, Irán, Dubai y Arabia Saudita, valoran más el color, la pol y la dextrana (1).

El objetivo de esta segunda parte del trabajo, es informar sobre los indicadores de la calidad no mostrados en la primera parte del trabajo: partículas ferromagnéticas, ceniza, granulometría, insolubles, dextrana y almidón.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la primera parte del trabajo, se da una explicación exhaustiva sobre las muestras recibidas y su procesamiento antes de ser analizadas. En esta segunda parte del trabajo, se muestran los resultados de los indicadores de la calidad antes mencionados en la introducción.

Índices: características y factores que influyen en valor

Partículas ferromagnéticas

El contenido de partículas ferromagnéticas se establece mediante la determinación gravimétrica de estas (2).

Las partículas ferromagnéticas se encuentran presentes debido a la deficiente limpieza en las Empresas Azucareras (UEB), la no utilización de pinturas anticorrosivas y a los electroimanes instalados o su inadecuada limpieza.

Ceniza

La ceniza representa un doble papel negativo en el proceso de refinación, durante la decoloración y en la cristalización.

Algunos autores (3) reportan que cuando los afinados tienen un contenido de ceniza por encima de 0,30 %, aparecen dificultades en la decoloración. La ceniza se determinó aplicando la técnica de la conductividad específica de una solución acuosa de la muestra (4).

El incremento en el contenido de ceniza se debe principalmente a la mala calidad de la materia prima, al exceso de cal empleada, a una clarificación deficiente y al alto contenido de cogollo que acompaña a la caña que va al basculador.

Granulometría

Para determinar este parámetro, se utiliza el método MA-CV, el cual se basa en que la distribución cristalográfica del azúcar cumpla con la ley de distribución probabilística de Gauss (5). El tamaño y la uniformidad del azúcar crudo, reviste gran importancia por causa de las afectaciones que

estos parámetros provocan durante la afinación del azúcar, proceso previo a su refinación.

El tamaño de grano se ve afectado por la mala calidad de la materia prima y el deficiente trabajo operacional en el área de cristalización (tacho).

Insolubles

La determinación de los insolubles se realizó mediante la filtración a presión reducida (6).

Los insolubles que acompañan al azúcar son fundamentalmente las sales que contiene la cal que se utiliza en la clarificación, aquellas que logran pasar de los jugos al azúcar y el bagacillo.

Dextrana

La metodología empleada en la determinación de este polímero se basa en la poca solubilidad de la dextrana en solución hidroalcohólica y su posterior medición de la turbidez (7).

Desde el punto de utilización del azúcar crudo, la presencia de dextrana ocasiona muchos inconvenientes. Pueden citarse por su importancia industrial los siguientes: el aumento de la viscosidad de los productos intermedios; las dificultades en la cristalización; el aumento del deterioro de las mieles y las afectaciones en el proceso de refinación.

En relación con el incremento en las concentraciones de dextrana, este es favorecido por la mala calidad de la materia prima y la falta de higiene en el central.

Almidón

La técnica empleada en este indicador fue la de yoduro-yodato, para formar el complejo azul de almidón-yodo (8).

En cuanto a los niveles de almidón en azúcares crudo, este indicador resulta afectado fundamentalmente cuando la caña viene acompañada del cogollo, que es la parte de la planta rica en este componente, por lo que depende de la variedad empleada y no de la manipulación del hombre.

RESULTADOS Y DISCUSION

Aspectos generales.

A continuación se exponen los resultados de los parámetros estudiados en esta segunda parte del trabajo.

Partículas ferromagnéticas

La norma vigente (6 mg/Kg), NC 85:2006, solo fue cumplida por las provincias de Villa Clara y Pinar del Río. Se obtuvieron valores muy próximos. Camagüey, La Habana y Matanzas mejoraron en los últimos tres

años y le correspondió a Guantánamo los resultados más elevados. Aunque en el año 2009 los valores aumentaron, en el año 2010 mejoraron ostensiblemente y la provincia de Cienfuegos de menos en el año 2008 a más, en los años 2009 y 2010.

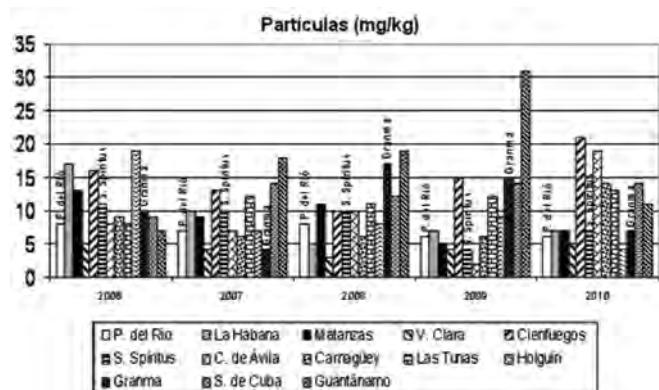


Figura 1. Partículas ferromagnéticas determinadas en este ciclo.

Ceniza

Se observa que todas las provincias cumplieron la norma NC 79:2000 (0.25%), con la excepción de la provincia de Ciego de Ávila, en el año 2007. A partir del 2009, se nota un incremento en este indicador con relación al año 2008. A Matanzas le correspondieron los valores más bajos durante este ciclo.

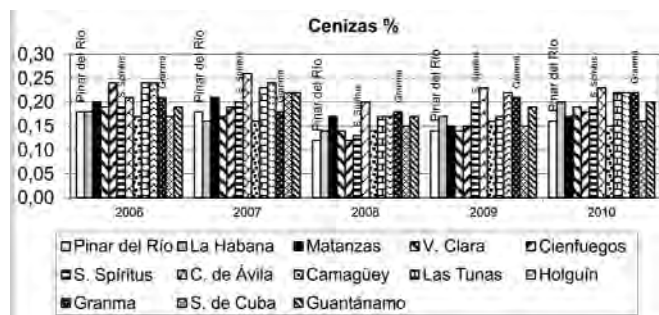


Figura 2. Comportamiento de las cenizas en el quinquenio 2006-2010.

Granulometría

La norma para este indicador es de 55% el mínimo, sobre malla 20. Las provincias de La Habana, Matanzas y Camagüey son las de más bajo cumplimiento y le corresponden a Sancti Spiritus, Holguín y Santiago de Cuba los mejores indicadores.

Insolubles

Se observan los insolubles que suelen acompañar, en algunos casos, a los azúcares, y les atribuyen al producto una impresión no grata.

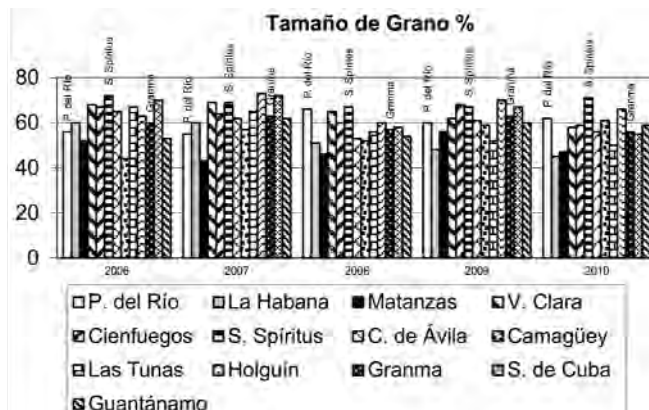


Figura 3. La granulometría durante el ciclo 2006-2010.

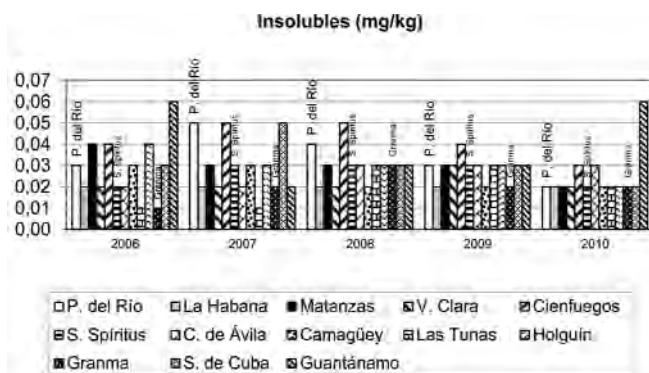


Figura 4. Los insolubles en los azúcares durante los años 2006- 2010.

Todas las provincias fueron cumplidoras de la norma vigente (6 ppm). La Habana resultó la más destacada y Guantánamo fue la rezagada.

Dextrana

El nivel de deterioro de la caña de azúcar puede ser medido por el nivel de polisacáridos en sus jugos, siendo la dextrana o polisacáridos tipo dextrana, los que principalmente se forman durante la infección bacteriana.

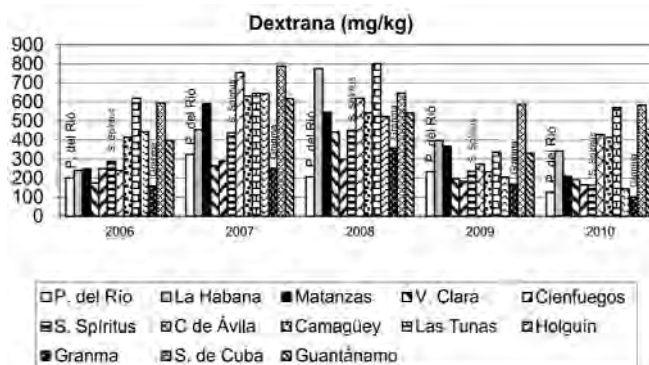


Figura 5. La dextrana y su presencia en las diferentes provincias durante los años 2006 - 2010.

A continuación se analiza el comportamiento de la dextrana, parámetro muy seguido por los países de Asia y Medio Oriente, cuya norma era de 350 g/kg, que como se aprecia en la figura 5, del año 2006 al 2008, exhibe un incremento y en el 2009 y 2010 se revierte. Las provincias con mejores resultados fueron: Pinar del Río, Villa Clara, Cienfuegos y Granma. A la provincia de Santiago de Cuba le correspondieron los más altos valores del período analizado.

Almidón

Por último se mostrará el almidón presente en el azúcar, cuyos niveles son muy vigilados por los refinadores japoneses.

Este indicador de la calidad posee una instrucción ramal que regula el valor en 200 mg/kg, que como se aprecia en la figura 6, fue cumplida por

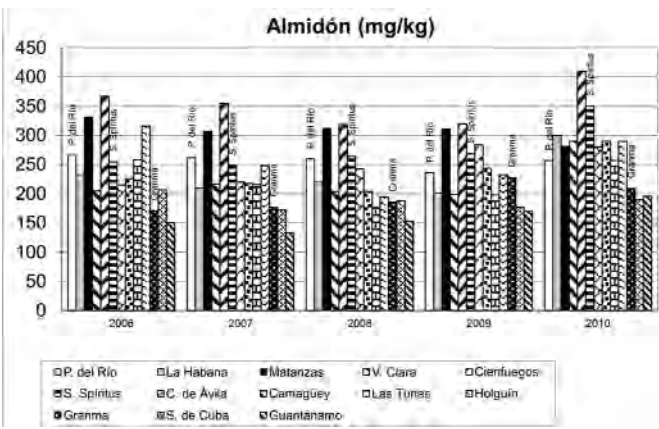


Figura 6. El almidón y sus niveles en las diferentes provincias durante los años 2006 - 2010.

Tabla 1. Resumen de los resultados obtenidos en los ensayos seleccionados por el cliente

Ensayo	Desfavorable	Período	Destacado
Partícula ferromagnéticas	Mayoritariamente	2006-2010	Villa Clara
Ceniza	C. de Ávila	2007	Pinar del Río y Camagüey
Granulometría	Matanzas, Camagüey, Guantánamo	2006	Sancti Spíritus
	Matanzas	2007	Holguín
	La Habana, Matanzas, C. Ávila, Camagüey	2008	Pinar del Río, Villa Clara y Sancti Spíritus
	Las Tunas	2009	Cienfuegos, Sancti Spíritus y Stgo. de Cuba
	La Habana, Matanzas y Las Tunas	2010	Holguín
Insolubles			La Habana
Dextrana	Camagüey, Las Tunas , Holguín, Stgo. de Cuba y Guantánamo	2006	Granma y Villa Clara
	Mayoritariamente	2007	Granma
	Mayoritariamente	2008	Pinar del Río
	Guantánamo y La Habana	2009	Granma
	La Habana, C de Ávila, Camagüey, Las Tunas, Stgo. de Cuba y Guantánamo	2010	Pinar del Río, Cienfuegos, Sancti Spíritus, Holguín y Granma
Almidón	Mayoritariamente	2006	Guantánamo
	Mayoritariamente	2007	Guantánamo
	Pinar del Río, La Habana, Matanzas, Cienfuegos, Sancti Spíritus, C. de Ávila.	2008	Guantánamo
	Pinar del Río Matanzas, Cienfuegos, Sancti Spíritus, C. de Ávila Camagüey, Holguín y Granma	2009	Santiago de Cuba y Guantánamo
	Mayoritariamente	2010	Santiago de Cuba y Guantánamo

Guantánamo y Santiago de Cuba En tanto las provincias de La Habana, Villa Clara y Granma, aunque incumplidores, tienen un resultado satisfactorio con relación a las demás.

En la tabla 1 se resumen los resultados obtenidos.

- La mayoría de las UEB presentan alto contenido de partículas ferromagnéticas.
- El contenido de ceniza conductimétrica, no presentó problemas.
- Santiago de Cuba, Guantánamo y Las Tunas presentaron problemas con la dextrana durante el ciclo.
- Los años 2009 y 2010, se caracterizaron por un incremento en el contenido de almidón.

CONCLUSIONES

1. Se experimenta una mejora en casi todos los índices de calidad analizados, con relación a años anteriores.
2. La provincia de Guantánamo incrementó las partículas ferromagnéticas en los últimos tres años.
3. Matanzas y La Habana deben mejorar el tamaño del grano.
4. Aunque la norma de insolubles fue cumplida por todas las provincias, este indicador debe mejorarse.
5. Se debe ser más exigente con respecto a los indicadores de la calidad, dextrana y almidón, pues ambas normas o requisitos son incumplidas durante el ciclo estudiado.

RECOMENDACIONES

1. Se debe exigir el cumplimiento de las normas establecidas, tanto en la agricultura como en la industria.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Casanova, E.; Salerno, M. Evaluación de algunos mercados y proveedores por su calidad. ATAC. La Habana. 2.pp. 5-9, Julio-Diciembre 2001.
2. Sanfiel, F.H.; Fernández, F. Determinación gravimétrica de partículas ferromagnéticas. En: Métodos analíticos para azúcar crudo. La Habana. Publicaciones Azucareras. 2006. pp.190-191.
3. López-Oña, J. V. Inicial *versus* Revised Raw Sugar Quality Standards. Sugar y Azúcar. New York, 74 (5) pp. 42-49, May-1979.
4. NC 79:2000. Determinación de Ceniza en Azúcar Crudo. Método Conductimétrico
5. NC 84:2000. Determinación granulométrica en azúcar crudo: Determinación de la Distribución Cristalométrica Mediante Tamizado.
6. Sanfiel, F.H.; Fernández, F. Determinación gravimétrica de insolubles en azúcar crudo. En: Métodos analíticos para azúcar crudo. La Habana. Publicaciones Azucareras. 2006. pp. 123-125.
7. NC 80: 2000. Determinación de dextrana en azúcar crudo. Método modificado de la turbidez con alcohol.
8. Sanfiel, F.H.; Fernández, F. Método de la CSR modificado para la determinación espectrofotométrica de almidón en azúcar crudo. En: Métodos analíticos para azúcar crudo. La Habana. Publicaciones Azucareras. 2006. pp. 145-150.



Tratamiento de residuales porcinos para la producción de biogás

Dania Alonso-Estrada¹, Yaniris Lorenzo-Acosta¹, Yasser Miguel Díaz-Capdesuñer²,
Roberto Sosa-Cáceres², Yamila Angulo-Zamora¹

1. Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA).
Vía Blanca 804 y Carretera Central, San Miguel del Padrón, La Habana. Cuba
2. Instituto de Investigaciones Porcinas. Carretera Guatao, km. 1½. Punta Brava, La Lisa,
La Habana. Cuba
dania.alonso@icidca.edu.cu

RESUMEN

Se demuestra la aplicabilidad del tratamiento anaeróbico de residuales porcinos para la producción de biogás en cinco casos de estudio y la metodología de cálculo para el diseño de plantas de este tipo, utilizando biodigestores de cúpula fija. Los resultados obtenidos corroboran que esta propuesta permite la conversión del 80 % de estos residuos en energía, aportando beneficios económicos a la granja, garantizando la cocción de alimentos con el combustible generado, y la utilización de las aguas tratadas como agua de riego, lo que proporciona beneficios ecológicos importantes.

Palabras clave: Tratamiento de residuales porcinos, digestión anaerobia, biogás, reactores de cúpula fija.

ABSTRACT

The applicability of the anaerobic treatment of pig wastewaters for biogas production is demonstrated by means of five cases of study and the calculus methodology for the design of this type of plants, using fixed dome biodigestors. The obtained results corroborate that this proposal allows the conversion of 80% of these residuals in energy, bringing economic benefits to the farm, guaranteeing food cooking of with that fuel, and utilization of treated waters in irrigation purposes, reaching at the same time important ecological benefits.

Keywords: Treatment of residual swinish, anaerobic digestion, biogas, fixed dome reactors.

INTRODUCCIÓN

La contaminación del medio ambiente sugiere la necesidad de asumir una nueva actitud de administración y desarrollo sostenible, para conservar y al mismo tiempo mantener la sostenibilidad de los recursos. La mitigación de estos impactos ambientales impone mejorar las prácticas actuales de gestión para lograr un tratamiento adecuado de los

residuos que se generan, con el consecuente aprovechamiento ecológico de los mismos. El tratamiento y depuración del estiércol y otros desechos orgánicos producidos por los animales en las instalaciones agropecuarias forma parte de estas mejoras.

Una de las formas en que se puede tratar el estiércol para reducir la contaminación, atribuible a explotaciones pecuarias, es mediante el proceso

de biodigestión anaeróbica (1). La creación de un sistema de este tipo que permita captar la producción de biogás proveniente de las excretas de animales descompuestas en biodigestores, permite contar con una fuente alternativa de energía y a la vez disminuir la liberación al ambiente de gases de efecto invernadero.

La producción de biogás mediante la fermentación anaeróbica es una tecnología ampliamente usada en múltiples países como un medio eficaz de descontaminación y como fuente de energía renovable. El uso de la digestión anaeróbica para el tratamiento de los residuos pecuarios es una práctica difundida por las ventajas que ofrece como fuente alternativa de energía, como generadora de abonos orgánicos y por su bajo costo de inversión, lo que hace que haya sido implementada de forma generalizada por países desarrollados y subdesarrollados (1). Esta tecnología resuelve tres dificultades actuales: la reducción de la elevada carga orgánica de estos residuos, la producción de biocombustible y la obtención de bioabono como fertilizante agrícola.

El aprovechamiento y diversificación del uso del biogás puede mejorar los indicadores económicos de una granja, al convertirse en una fuente de energía, ya sea para la cocción de alimentos, para la generación de la electricidad utilizada y como fuente segura de ingresos financieros. En nuestro país se reportan más de 450 biodigestores de cúpula fija para la cocción de alimentos a escala familiar (2).

El presente trabajo se basa en la utilización del estiércol porcino como sustrato en biodigestores para la producción de biogás y su empleo en la cocción de alimentos en cinco empresas como el caso de estudio. Para tal efecto, se diseñaron biodigestores del tipo cúpula fija, alimentados diariamente con el residual porcino en cada una de las cinco empresas estudiadas. Así, el trabajo tiene como objetivos:

- Presentar la aplicabilidad del tratamiento anaeróbico de residuales porcinos para la producción de biogás.
- Mostrar en cinco casos de estudio, la metodología de cálculo para el diseño de una planta de tratamiento de efluentes porcinos utilizando biodigestores de cúpula fija.

MATERIALES Y MÉTODOS

Digestión anaerobia y producción de biogás

La digestión o fermentación anaerobia se produce en cuatro etapas donde interaccionan varios grupos de diferentes bacterias: las hidrolíticas y fermentativas, las acetogénicas productoras de hidrógeno, las homoacetogénicas y las metanogénicas;

son estas bacterias las que han sido reconocidas como la base para la fermentación de sustratos y el metabolismo del producto final, el biogás. La interacción de estos grupos causa la degradación de la materia orgánica para producir metano (50-70 %) y dióxido de carbono (20-35 %), principales componentes del biogás, y el resto agua, amoníaco e hidrógeno (3).

El proceso de fermentación anaerobia depende de diversos factores, por ejemplo: el pH, la temperatura, la disponibilidad de nutrientes, la presencia de sustancias tóxicas, el tiempo de retención, la relación carbono:nitrógeno (C:N) y el nivel de carga (4). Estos parámetros son importantes para los digestores avanzados de alto nivel, los cuales han alcanzado un control independiente del Tiempo de Retención de los Sólidos Biológicos (TRSB) y del Tiempo de Retención Hidráulico (TRH) a través de la retención de la biomasa; siendo la medición del TRH más fácil y más práctico que el TRSB al nivel de las granjas (4). Los cambios bruscos en algunos de estos factores provocan la inhibición del proceso ya que puede aumentar el nivel de microorganismos presentes, esto debe ser de conocimiento para el control del mismo y para conocer hacia dónde dirigir el sistema de digestión para la producción de biogás, por lo que se requiere de una operación estable del digestor para mantener los grupos bacterianos en equilibrio dinámico y armónico (5). Los procesos de fermentación anaeróbica se pueden realizar con tecnologías simples. Además de aportar energía y fertilizantes, la técnica del biogás mejora la sanidad y la protección ambiental (3).

Tratamiento anaeróbico de residuos porcinos en biodigestores de cúpula fija para la obtención de biogás

En el tratamiento anaeróbico de residuales porcinos se emplean biodigestores de cúpula fija, donde el proceso se realiza de forma continua, y el efluente a tratar es líquido. Estos reactores tienen como característica que el residual no esté en contacto con el aire, la temperatura de digestión puede estar entre 15-35 °C, tienen facilidad de mantenimiento, poseen capacidad para tratar diversos volúmenes de residuales y una mayor presión de trabajo que los modelos de polietileno (PVC), entre otras tecnologías criollas. Su aplicabilidad es eficiente y recomendable por la alta calidad del biogás y una mejor depuración de los residuales en cuanto a Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) (3).

Para las condiciones cubanas, las plantas de cúpula fija se han situado como el tipo de biodigestor más propuesto por los ingenieros y proyectistas nacionales para la solución de los residuales agro-

pecuarios. Su construcción se realiza con paredes de bloques de hormigón y cúpula de ladrillos, empleando otros materiales conocidos como cemento, arena, piedra y acero constructivo, lo que asegura una alta resistencia y durabilidad de la obra. No presenta partes móviles propensas al desgaste, así como tampoco partes metálicas propensas a la corrosión (6). Además su construcción resulta ser una inversión económica viable, su período útil de vida y tiempo de explotación es de 25 años, aportando beneficios ecológicos importantes.

Esta tecnología consiste en instalar el biodigestor de forma soterrada de forma tal que los afluentes (residuales de las naves) entren y salgan del biodigestor por gravedad; aquí ocurre el proceso de fermentación anaerobia descrito anteriormente. El residual entra a través del tanque de carga, hasta que el líquido alcance el nivel de llenado, luego pasa al biodigestor y ocupa el espacio de volumen de líquido con un TRH, y queda como resultado el volumen máximo del gas. Una vez que comience la producción de biogás, este empuja el residual dentro del biodigestor hacia el tanque de compensación y a su vez el efluente se dirige al siguiente órgano del Sistema de Tratamiento de Residuales (STR).

La eficiencia de la tecnología de cúpula fija reduce la carga contaminante entre 75-90 % dependiendo de las características del residual porcino, así como de la eficiencia y control de operación del biodigestor.

Los efluentes tratados en biodigestores de cúpula fija pueden ser dispuestos en una laguna de oxidación y empleados para el riego de cultivos, debido al bajo porcentaje de sólidos totales presentes en estos. El uso de esta agua para riego es posible para todo tipo de cultivo exceptuando su utilización en hortalizas, vegetales u otros alimentos de consumo fresco. Se puede disponer de ella en cuerpos receptores cumpliendo con la normativa vigente del país. En la figura 1 se muestra el diagrama de bloque de este proceso.

Los efluentes porcinos sin tratar pueden ir directamente a una laguna. También el efluente líquido postratado se puede pasar por un lecho de secado

donde se obtiene biofertilizante seco que puede ser empleado en todo tipo de cultivo, siempre que cumpla con las normas de biofertilizantes (3), posibilitando la sustitución de abono orgánico.

Ventajas de esta tecnología:(3).

- Reactor de cúpula fija con una eficiencia entre 75-90 %.
- Se obtienen ahorros en el consumo de un gas combustible útil para cualquier fin energético.
- Disminuye considerablemente la generación de lodos y los costos de disposición final de estos.
- Se obtienen biofertilizantes a partir del tratamiento de los lodos en lechos de secado.
- Es un sistema que requiere bajos costos de inversión con un impacto ambiental positivo

Metodología para el diseño y caracterización de biodigestores de cúpula fija como productores de biogás a partir de excretas de cerdos

El volumen de los biodigestores se calcula según la cantidad de residuales a tratar teniendo en cuenta el TRH. La vía más práctica para calcular el volumen de una planta de biogás se obtiene a través de la siguiente ecuación (ec. 1):

$$V_d = V_r * TRH, (m^3) \quad (ec. 1)$$

Donde:

V_d - volumen de digestión

V_r - volumen de residual diario ($m^3/día$)

TRH - tiempo de retención hidráulico (día).

El volumen de residual diario (V_r) se calcula mediante la suma de la excreta y orina (teniendo en cuenta la cantidad de animales y el peso promedio por categoría) (ec. 2), sumando además el agua de limpieza empleada.

$$V_r (m^3/día) = \text{Volumen excreta} + \text{Volumen agua limpieza} \quad (ec. 2)$$

Donde el volumen de excreta (V_e) se determina mediante la ecuación (ec. 3). Este parámetro tiene implícito el volumen de orina de los animales.

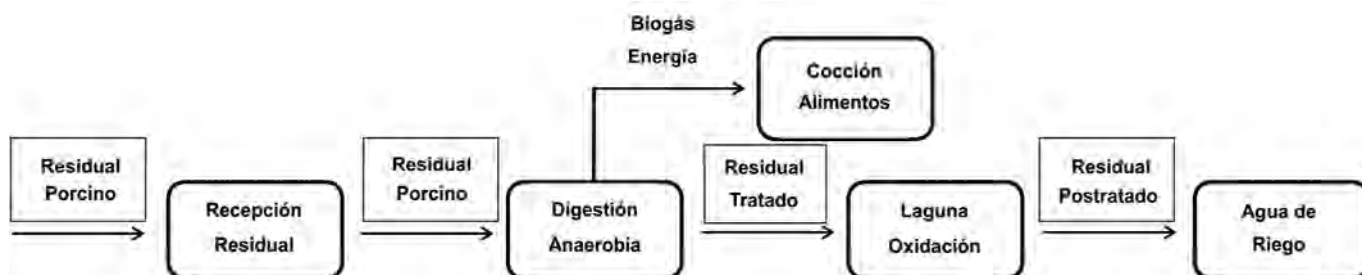


Figura 1. Diagrama de bloque del proceso para la obtención de Biogás

Tabla 1. Cantidad y categoría de animales por empresas

Nombre del centro	Estructura de las cochiqueras seleccionadas para biogás							
	Total animales	Reproduct.	Atas	Onas	Crías	Preceba	Ceba	Verracos
Finca Canímar	89	30	1	2	10	13	30	3
Finca Horacio Rodríguez	109	40	1	3	14	17	30	4
Finca La Caoba	204	80	2	2	28	34	50	8
Finca Elpidio Gómez	89	30	1	2	10	13	30	3
Finca Vicente	194	70	1	2	24	30	60	7

Atas: Cochinas; Onas: Lechonas; Reproductoras: Puercas

$Ve \text{ (m}^3/\text{día)} = 0,05 * (\text{Cantidad de animales} * \text{Peso promedio por categoría})$ (ec. 3)

El TRH se establece en el orden de los 21 días mínimos, tiempo suficiente de retención para degradar estos residuales en un sistema de tratamiento primario de este tipo (3). La carga contaminante en kg DBO/día se determina mediante la ecuación (ec. 4)

$\text{Carga contaminante} = \Sigma (\text{cantidad de animales por categoría} * \text{Peso promedio}) * 0,0097(\text{kgDBO}/\text{día})$ (ec. 4)(7)

El potencial de producción de biogás se determina mediante la ecuación (ec. 5)

$\text{Potencial de producción de biogás} = (\text{total de excreta (kg)} * 0,12 * 450) / 1000(\text{m}^3/\text{día})$ (ec. 5)(7)

El análisis del diseño de la planta de tratamiento de efluentes se realizó en cinco empresas porcinas (tabla 1) proponiendo biodigestores de cúpula fija para cada caso de estudio.

Premisas técnicas y económicas para la evaluación del potencial de producción de biogás en granjas porcinas utilizando sus efluentes

- Los pesos promedios para cada categoría de animales (tabla 2).
- El tiempo de operación de la planta durante 300 días anuales.
- El agua para la limpieza de los corrales de 20 L por animal.
- El tiempo de retención hidráulica se consideró aproximadamente en 21 días.
- La construcción de los digestores se debe realizar por albañiles con experiencia en este tipo de obra.

Tabla 2. Pesos promedios para cada categoría de animales

Categoría de animales	Peso promedio (kg)
Preceba	15
Ceba	55
Lechonas	50
Cochinas	80
Reproductoras	95
Crías	4
Verracos	120

- Todo el biogás producido se utiliza para la cocción de alimentos de la misma granja integral porcina.
- Dos operarios como mano de obra directa a la producción de biogás.
- El metro cúbico de biogás se considera equivalente a 0,5 L de diesel.
- Se considera combustible diesel con un costo por litro de 0,99 CUC.
- No hay costo de adquisición del terreno, la planta se ubica dentro de un área ya concebida.
- Los insumos, así como otras materias primas y materiales, se sustentan en índices de consumo previamente establecidos en las fichas de costo elaboradas por el Grupo Empresarial al que pertenecen.

Para realizar los cálculos se utilizó la información de cada una de las empresas de estudio, (tabla 1) y se utilizó una hoja de cálculo en Excel con las ecuaciones correspondientes. Se determinó el volumen del digestor, el potencial de producción de biogás ($\text{m}^3/\text{día}$), la carga contaminante generada ($\text{t. DBO}/\text{año}$) y el volumen de residuales ($\text{m}^3/\text{día}$) para cada caso.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la (tabla 3) se muestran los resultados en cuanto al volumen de residuales, la carga contaminante generada en toneladas de DBO al año, la capacidad de los digestores y el potencial de producción de biogás para cada una de las empresas referenciadas. Los resultados obtenidos están en correspondencia con el volumen de sustrato usado para alimentar al bioreactor (cantidad de excreta) en cada caso, lo cual depende de la cantidad de animales que existen en cada empresa y sus categorías.

Los cálculos evidencian (tabla 3) que es necesario la construcción de biodigestores de 48, 70 y 90 m³ según capacidad de las granjas porcinas de los casos de estudio, para lograr una completa conversión del sustrato y una eficiente producción de biogás. Los resultados de tamaño y capacidad de instalación de los digestores, se encuentran en óptimo rango según lo reportado en la literatura, lo que está en correspondencia con el número de animales en cada granja (8).

Según la capacidad de los digestores a construir se determinarán los materiales y equipos necesarios, estos se encuentran preestablecidos en el material de consulta a productores porcinos (8).

En cuanto a la reducción de los parámetros ambientales DQO, DBO y otros; los efluentes porcinos con esta tecnología y en las condiciones cubanas de alimentación animal, métodos de limpieza y control de operación del proceso; eliminan un 80 % de la carga contaminante, la que puede ser dispuesta directamente a un cuerpo receptor cumpliendo la normativa cubana vigente (3).

Beneficio económico de la producción de biogás

Considerando las premisas técnicas y económicas para la evaluación del potencial de producción de biogás, es posible un beneficio económico en cada granja de estudio por ahorro de combustible para la cocción de alimentos (tabla 4) y un impacto ambiental positivo. A partir de la cantidad de biogás generado en cada finca, es posible la utilización de hornillas para la cocción de alimentos en un tiempo de 8 y 11 horas al día. Por ello es necesaria la instalación de cocinas de 2 hornillas industriales y 4 hornillas, según la capacidad de generación de biogás al día (8). La utilización de este sistema representa una efectividad económica favorable pues su PRI (Período de recuperación de la inversión) no excede los 2 años y tiempo de explotación de la instalación es de 25 años (8).

Tabla 3. Producción de biogás y capacidad de digestores

Nombre del Centro	Volumen de residuales (m ³ /día)	Carga contaminante (t. DBO/año)	Capacidad digestores a construir (m ³)	Producción de biogás (m ³ /día)
Finca Canímar	2	19	48	14
Finca Horacio Rodríguez	3	23	70	17
Finca La Caoba	5	43	90	33
Finca Elpidio Gómez	2	19	48	14
Finca Vicente	4	41	90	31

Tabla 4. Ahorro CUC/año y tiempo de cocción

Nombre del centro	Ahorro CUC/año	Cocción de alimentos
Finca Canímar	2079	Cuatro hornillas durante 11 horas.
Finca Horacio Rodríguez	2524,5	Cuatro hornillas durante 11 horas.
Finca La Caoba	4900,5	Dos hornillas industriales durante 8 horas.
Finca Elpidio Gómez	2079	Cuatro hornillas durante 11 horas.
Finca Vicente	4603,5	Dos hornillas industriales durante 8 horas.

CONCLUSIONES

La mejor opción de tratamiento de los residuos porcinos, según las características y capacidades de las empresas de estudio, es la digestión anaerobia empleando biodigestores de cúpula fija; siendo esta una tecnología simple que, además de energía y biofertilizante controla y disminuye la contaminación ambiental.

La capacidad de los digestores está en dependencia de las categorías de animales, por lo que se propone para las empresas "Canimar" y "Elpidio Gómez" un biodigestor de 48 m³ de capacidad, para las empresas "La Caoba" y "Vicente" uno de 90 m³, así como en "Horacio Rodríguez" uno de 70 m³.

Desde el punto de vista económico la implementación de esta tecnología es ventajosa ya que su PRI no excede los 2 años, aporta beneficios económicos a la granja, con un período útil de vida y tiempo de explotación de 25 años, lo que tributan beneficios ecológicos importantes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Florean, R.; Panichelli, A. R.; Hilbert, J.A. Software para la evaluación técnico económica financiera de los biodigestores rurales, Biogás, 2005.
2. Oficina Nacional de Estadística de Cuba, ONE. Inventario Nacional de Fuentes de Energía Renovables. [en línea]. 2012, [Consulta: 25

marzo de 2013]. Disponible en Web: <http://www.one.cu.>,2012.

3. Díaz, Y. M. Influencia de la adición de residuos de matadero procesados a dietas porcinas en la producción y calidad del biogás y los biofertilizantes en biodigestores de cúpula fija, [Tesis para optar por el grado de Máster en Mecanización Agrícola], Universidad Agraria de La Habana "Fructuoso Rodríguez". Mayabeque, 2012.
4. An, B. X. The impact of low-cost polyethylene tube biodigesters on small farms in Vietnam. Uppsala. [Thesis (in option MSc)]: Univ. Uppsala 82, 1996.
5. Díaz, Y. M. Memorias del Diplomado Sistemas Integrados de Producción Agropecuaria. Universidad Autónoma de Nayarit, México. ISBN: 978-959-7208-10-5, 2011.
6. García, O. H.; González, L. L. Diseño y evaluación de un biodigestor para obtener gas metano y biofertilizante a partir de la fermentación de cachaza y residuos agropecuarios. Centro Universitario Sancti Spiritus, 2010.
7. Instituto de Investigaciones Porcinas, IIP. Software para el cálculo de la Tecnología de producción de biogás de porcino. Microsoft Office Excel 2007, 2012.
8. Rosa, R.; Chao, R.; Díaz, Y. Biodigestores de cúpula fija recomendables en la producción porcina, Folleto Instituto de Investigaciones Porcinas, La Habana, C.P 19 200, 2011.

Un centro moderno al servicio del medio ambiente



CENGMA

**Centro Nacional de Gestión
de Medio Ambiente
de la Industria Azucarera**



Influencia de la permeabilidad del envase en la calidad del azúcar

Aracelia Hernández-Gutiérrez, Maribel Rodríguez-Tomé, Dolores Cordero-Fernández

Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA).
Vía Blanca 804 y Carretera Central, San Miguel del Padrón, La Habana, Cuba
aracelia.hernandez@icidca.edu.cu

RESUMEN

Se estudia de forma comparativa la velocidad de transmisión de vapor de agua de diferentes materiales para el envase de azúcar empleados en el país, por el método de la hoja volante del Equipo para la "Medición de la Permeabilidad al Vapor de Agua". Se concluye que la velocidad de transmisión de vapor de agua de las bolsas de polietileno de baja densidad, presentan propiedades adecuadas. Se destaca la calidad de la superficie impresa en el papel "Buen día" que presenta una superficie con alta lisura y brillo, de excelente contraste de tintas. Se hace patente además la necesidad una correcta manipulación, envasado y almacenamiento del azúcar en condiciones de humedad y temperatura controladas para mantener sus propiedades organolépticas.

Palabras clave: envases para azúcar, permeabilidad, velocidad de transmisión de vapor de agua.

ABSTRACT

Presently work deals with the studies of water vapor transmission rate of different sugar packaging by the method of L&W BK Code 45AB LorentzenWettree equipment in a comparative way. The water vapor transmission rates of low density polyethylene compared to other usual sugar packaging was similar and with suitable properties for this use. The quality of paper "Buen día" showing high surface smoothness, gloss, and excellent ink contrast is characteristic of coated paper but with very high prices in comparison of the others sugar packaging studied. With the evidence of the appropriate characteristics of studied sugar packaging, proper handling, packaging and storage of sugar in controlled humidity and temperature to maintain their organoleptic properties is a clear need.

Keywords: sugar packaging, permeability, water vapor transmission rate.

INTRODUCCIÓN

Las funciones de los envases son contener, proteger, conservar y presentar los alimentos; con lo cual contribuyen a mantener la calidad nutricional, sanitaria y organoléptica de los mismos durante su vida de anaquel. En las últimas décadas, el

envasado ha ido adquiriendo un papel cada vez más importante desde el punto de vista de la mercadotecnia y de la conveniencia para el consumidor (1, 2).

Los envases por lo general se fabrican "hechos a la medida" para un producto específico y generalmente con materiales de barrera que son exce-

lentes para un uso determinado, si se utilizan para otro fin o para calidades diferentes del mismo producto puede ser un verdadero fracaso. Es por esta razón que deben estudiarse las características del producto a envasar y las propiedades que se desean conservar para escoger el envase adecuado.

Un requerimiento importante en la selección del sistema de envasado para alimentos, es la permeabilidad del material, que es la propiedad que tienen las películas plásticas flexibles o complejas de permitir el paso de gases o vapores a través de su estructura molecular, ya sea hacia adentro o hacia afuera del envase.

Para algunos envases es necesario conocer la velocidad de transmisión de vapor de agua, definida como la masa de vapor de agua que atraviesa la unidad de superficie de un material de envase dado, bajo condiciones específicas de temperatura y humedad relativa expresada en $\text{g/m}^2\cdot\text{d}$, sobre todo para aquellos alimentos que tienden a perder o ganar humedad, como es el caso del azúcar, puesto que pueden ser afectadas las propiedades organolépticas de estos durante su almacenamiento (3-6).

Los papeles recubiertos o estucados de barrera son aquellos destinados al envase de diferentes productos que deben conservarse adecuadamente para evitar su deterioro y envejecimiento así como aumentar su durabilidad. Entre ellos se encuentran los papeles para envases de minidosis de azúcar que generalmente presentan una capa de polímeros de diferentes calidades y que pueden aplicarse en dispersiones acuosas, o por extrusión. El más usado para este fin ha sido el polietileno (PE) que presenta adecuadas características de barrera (7-9).

Un problema que se presenta en el envasado de productos secos en polvo, es su bajo contenido de humedad con relación a la humedad relativa del aire circundante, aspecto que se hace crítico en países tropicales como el nuestro, en los que este indicador es alto, entre 80 y 90 %, y donde lo antes dicho se agrava además, con el incremento de la temperatura debido a que las propiedades de barrera caen drásticamente, cerca de 50 % con un incremento de 10 °C (10).

En el presente trabajo se estudia de forma comparativa la velocidad de transmisión de vapor de agua de diferentes materiales empleados en el país para el envase de azúcar, por el método de la hoja volante del equipo para la "Medición de la Permeabilidad al Vapor de Agua" L&W BK Code 45 de AB LorentzenWettre. Se informan las variables que afectan la velocidad de transmisión de vapor de agua, así como las actividades preliminares para el montaje de la norma cubana vigente adoptada de la ISO (11).

MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos se realizaron por el método de la hoja volante del equipo L&W BK Code 45 (AB LorentzenWettre, Suecia), del Laboratorio de Pruebas Físicas del ICIDCA, cuyos resultados muestran alto valor de incertidumbre.

Para el desarrollo de la prueba, según las instrucciones, se coloca CaCl_2 como desecante en la bandeja de la parte inferior del equipo, y se añaden 15 ml de agua sobre el algodón que debe colocarse en el interior de cada una de las 6 cápsulas utilizadas para la prueba. Finalmente se coloca la muestra previamente cortada en la parte superior de las cápsulas haciendo función de tapa y se cierra el equipo herméticamente para la ejecución del ensayo. Las cápsulas se pesan al inicio y después de mantenerse 24 horas dentro del equipo bajo condiciones establecidas.

Se realizaron las determinaciones de la Velocidad de transmisión de Vapor de Agua (WVTR) por sus siglas en inglés, a diferentes muestras de envases de azúcar, suministradas por clientes del Laboratorio de Pruebas Físicas. A estas muestras se les realizaron además ensayos adicionales necesarios para su comparación puesto que algunas son complejos base papel y otras, bolsas de polietileno de baja densidad. Se determinó el gramaje, el espesor o calibre, la densidad y el peso de la capa de recubrimiento, todas según las normas ISO vigentes.

Un requisito indispensable de las muestras o probetas de ensayo es que deben estar libres de marcas, huecos, dobleces y otras anomalías en su superficie para no introducir errores en la determinación de la WVTR.

Se mantuvieron constantes la temperatura y la humedad relativa durante la realización de los ensayos, puesto que estos factores son esenciales para lograr que la determinación se realice con el mínimo de errores en la ejecución. La humedad relativa del laboratorio se mantuvo entre $50 \pm 2 \%$ y la temperatura entre $23 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$.

Los resultados se expresan como el promedio de la pérdida de peso de las cápsulas entre el área expuesta de la muestra, que en todos los casos fue de 25 cm^2 , habiéndose pesado estas al inicio y después de 24 horas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se muestran los resultados obtenidos en las propiedades físicas de los materiales de envase. Como puede observarse todos los materiales de envase estudiados presentan una adecuada velocidad de transmisión de vapor de agua, en el rango de 15 a $30 \text{ g/m}^2\cdot\text{d}$.

Tabla 1. Resultados de las propiedades físicas de diferentes materiales de envases de azúcar

Propiedades	1	2	3	4	5	6
Gramaje(g/m ²) ISO 536:1995	67 ± 1	52 ± 3	57 ± 2	55 ± 1	58 ± 2	-
Calibre (μm) ISO 534:2005	60 ± 5	70 ± 5	84 ± 5	80 ± 4	64,4 ± 1,3	-
Densidad (g/cm ³) ISO 534:2005	1,12 ± 0,02	0,75 ± 0,05	0,68 ± 0,06	0,69 ± 0,05	0,90 ± 0,03	-
Peso de recubrimiento de barrera (g/m ²)	14 ± 1	12 ± 1	15 ± 2	14 ± 1	-	-
Velocidad de transmisión de vapor de agua (g/m ²).d	28 ± 5 25 ± 4	34 ± 2 29 ± 1	32 ± 2 29 ± 1	30 ± 2 28 ± 2	17 ± 4	14 ± 3

1- Minidosis Buen día,

2- Minidosis Coralia Club

3- Comercial A,

4- Comercial B,

5- Bolsa PE sencilla

6- Bolsa PE doble

El gramaje de todos los materiales de barrera estudiados fue similar, pero hay que destacar la diferencia de gramaje de las bolsas de polietileno (55 g/m²) en comparación con el peso de la capa de recubrimiento de polietileno en los complejos base papel para minidosis de azúcar con los que se han comparado, que oscilan entre 10 y 15 g/m². Estos complejos base papel de las muestras 1, 2, 3 y 4 se obtienen generalmente por aplicación superficial del polietileno por extrusión.

La muestra de papel de minidosis de azúcar conocidas por "Buen día" de circulación nacional, presenta gran diferencia en la densidad en comparación con el resto, puesto que se obtuvieron a partir de un papel estucado para impresión, de ahí su alta densidad. El papel de este envase presenta el más alto gramaje y el menor calibre con valores adecuados de peso de recubrimiento y de WVTR. Las bolsas de polietileno empleadas también como envases de azúcar presentan también valores adecuados de esta propiedad

Como puede observarse, la mayor incertidumbre en las mediciones se obtuvo en la (WVTR) donde los errores estándar de estimación son altos en casi todos los casos, de ahí que este método tenga mayor valor cuando se emplea para acciones comparativas.

Está en ejecución el montaje del ensayo para la determinación de la (WVTR) por la norma cubana vigente que exige trabajar en cámara climática con temperatura y humedad relativa controlada y regulable, y con velocidad de circulación de aire entre 30 y 50 m/min. La duración del ensayo varía dependiendo de la calidad del material de envase a ensayar con pesadas a intervalos planificados con

una larga duración para el caso de envases con baja permeabilidad con lo cual se minimizan los errores en la determinación.

CONCLUSIONES

La velocidad de transmisión de vapor de agua de las bolsas de polietileno de baja densidad, en comparación con la de otros envases habituales para minidosis de azúcar, resultó similar y muestran cualidades idóneas de esta propiedad.

Se destaca la calidad de la superficie impresa en el papel "Buen día" la que posee una alta lisura y brillo, y un excelente contraste de tintas, característico de papeles estucados o recubiertos para impresión, que presentan una alta densidad pero con precios muy elevados en comparación con el resto de los estudiados.

Con las evidencias de las características adecuadas de los envases de azúcar estudiados se hace patente la necesidad de una correcta manipulación, envasado y almacenamiento del azúcar en condiciones de humedad y temperatura controladas para mantener sus propiedades organolépticas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Marini, J.; Beatrice, C.A.G.; Isaac, C.S.; Branciforti, M.C.; Alves, R.M.V.; Bretas, R.E.S. Influence of lamellar nanoclays in the transport properties of blown films of semi-crystalline polymers. 11th International Conference on

- advanced materials. ICAM 2009. Rio de Janeiro, Brazil, Sept. 20.25, 2009.
2. De Leiris, J.P. Water activity and permeability. Food packaging and preservation. Theory and Practice. M Mathlouthi Ed. Elsevier Applied Science Pub. London. pp. 213-234. 1986.
 3. Schwartzberg, H.G. Modeling of gas and vapor transport through hydrophilic films. Food packaging and preservation. Theory and Practice. Elsevier Applied Science Pub. London. pp. 115-136. 1986.
 4. McHugh T.H.; Avena-Bustillos R.; Krochta J.M. Hydrophilic edible films: modified procedure for water vapor permeability and explanation of thickness effects. J Food Sci 58(4): pp. 899-903. 1993.
 5. Hirvikorp, T.; Vähä-Nissi, M.; Harlin, A.; Karppinen, M. Comparison of some coating techniques to fabricate barrier layers on packaging materials. Thin Solid Films 518 (2010), pp. 5463-5466.
 6. Fisher, J. Different Test Methods for high barrier WVTR Testing. MOCON Webinar Series, June, 2010.
 7. Hirvikorp, T. Thin Al_2O_3 barrier coatings grown on bio-based packaging materials by atomic layer deposition. Doctoral dissertation for the degree of Doctor of Science in Technology, Finland. 18th of November, 2011.
 8. Bäumlér, E.; Chalapud, M.; Carelli, A.A.; Martini, S. Análisis físicos, químicos y sensoriales. Libro de trabajos completos. IV Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Córdoba, Argentina, 14 a 16 de Noviembre de 2012. pp. 36-47.
 9. Bertuzzi, M. A.; Armada, M.; Gottifredi, J. C.; Aparicio, A. R.; Jiménez, P. Estudio de la permeabilidad al vapor de agua de films comestibles para recubrir alimentos. Congreso Regional de Ciencia y Tecnología. Secretaría de Ciencia y Tecnología. Universidad Nacional de Catamarca. Buenos Aires N° 177. (440). Salta, Argentina. 2002.
 10. Alarcón, X. "Estudio de la Relación entre la Estructura, Procesamiento, Propiedades Mecánicas y Transferencia de Vapor de Agua en Películas Multicapa de Polietileno utilizadas en Empaques Alimenticios" (Tesis, Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2005.
 11. NC ISO 2528:2009. Materiales en láminas- Determinación de la velocidad de transmisión del vapor de agua - Método gravimétrico (de la Cápsula).

CERALBE

Centro de Referencia de Alcoholes y Bebidas

Servicios analíticos

Asesoría tecnológica

Capacitación y entrenamiento

Actividad científico-técnica

LABEB,
Laboratorio Acreditado por
NC-ISO/IEC 17025:06



Diagnóstico de la política científica para mejorar la aptitud ambiental y energética del proceso de obtención de ron

Gladys Cañizares-Pentón¹; Mabel Cuevas-Hernández²; Aleiby Placeres-Remior³; Raúl Alberto Pérez-Bermúdez⁴

1. Oficina Territorial de Normalización; Carretera Central, km 303. Banda a Placetas. Santa Clara, Villa Clara. Cuba. gladys@otn.vcl.cu

2. Ronera Central, Calle 2da. CAI George Washington, Santo Domingo, Villa Clara. Cuba.

3. Departamento de Marxismo, Universidad Central de Las Villas, Carretera a Camajuaní, km 4½, Santa Clara, Villa Clara, Cuba

4. Centro de Estudios Energéticos y Tecnologías Ambientales (CEETA), Facultad de Ingeniería Mecánica. Universidad Central de Las Villas Cuba.

RESUMEN

Se trata sobre la gerencia de conocimiento para el desarrollo de procesos de producción de ron; con énfasis en la vigilancia tecnológica como fundamento para la elaboración y gerencia de proyectos de investigación & desarrollo en el perfeccionamiento de la aptitud ambiental. La formación de recursos humanos y la producción de conocimientos se ofrecen como un producto que posibilita la gerencia de conocimientos actuales y prospectivos, mediante el crecimiento de las capacidades de aprendizaje tecnológico. Finalmente, se ofrecen las experiencias de la colaboración entre el mundo empresarial y los centros de generación de conocimientos, realizadas a través de los proyectos de formación de recursos humanos, los procesos de transferencia y la asimilación de tecnología, para el perfeccionamiento de la aptitud ambiental de las instalaciones de producción de ron, así como la visión de esta colaboración para asegurar un desarrollo desde el punto de vista energético y ambiental, respectivamente.

La existencia de proyectos de colaboración en el vínculo universidad - empresa y redes de expertos proporcionan una valiosa vía para incrementar las capacidades de conocimiento en la búsqueda de procesos más aptos en cuanto al medio ambiente.

Palabras clave: política científica, investigaciones, ron, aptitud ambiental, gestión energética.

ABSTRACT

The ideas are expressed in this work about the knowledge management for the development of processes of production of rum; with emphasis in the technological surveillance as foundation of the elaboration and management of investigation projects & I develop for the improvement of the environmental aptitude of these facilities. The human resources formation and the production of knowledge offer as a product that facilitates the management of current and prospective knowledge by means of the growth of the capacities of technological learning. Finally, the experiences they offer of the collaboration between the managerial world and the generation of knowledge centers, carried out through projects of human resources formation, in the transfer processes and technology assimilation for the improvement of the environmental aptitude of the facilities of production of rum, as well as the vision of the collaboration among companies and generation of knowledge centers that he makes sure a development energetically sustainable and environmentally compatible.

The projects of collaboration existence in the link - university - company and experts' nets provide a valuable road of increasing the capacities of knowledge in the search of more capable processes from the environmental point of view.

Keywords: scientific politics, investigations, rum, environmental aptitude, energy administration.

INTRODUCCIÓN

La situación por la que actualmente atraviesa la industria química a nivel mundial es compleja. La escasez de capital y las legislaciones en materia ambiental son cada vez más severas, es por ello que esta industria está obligada a hacer eficientes los procesos, utilizando materias primas alternativas y aprovechando los recursos que brindan sus propios procesos, favoreciendo así a la protección de los recursos naturales. Se requiere por tanto su contribución para "no sobrepasar los límites de la capacidad del planeta para suplir fuentes de energía y asimilar los residuos de su producción y uso" (1).

Los análisis realizados en varias empresas cubanas, ponen de manifiesto el insuficiente nivel de gestión energética que existe, así como las posibilidades de crear las capacidades técnico-organizativas para administrar eficientemente la energía. Esto puede lograrse al aplicar con eficacia un sistema de gestión energética como método de gerencia proactiva y sistemática de todos los factores, acciones y herramientas asociadas con la adquisición o generación de nuevo conocimiento en las empresas, en función de las nuevas estrategias de redimensionamiento y diversificación.

Por ello, con una acertada política de Investigación Científica e Innovación Tecnológica, se propicia la incorporación del progreso técnico a los sectores productivos y de servicios, constituyendo una valiosa alternativa de competitividad económica y bienestar social, que puede abrir paso a la economía en términos de comercio internacional, pero para ello se requiere que el desarrollo de la educación, la ciencia y la tecnología sean parte integrada del desarrollo del país, y esten vinculados con las esferas productivas.

La industria de la caña de azúcar y sus derivados, no se encuentra exenta de esta situación. Se ha comprobado que en la mayoría de los casos, las producciones relacionadas con la misma provocan un efecto negativo para el medio ambiente (2), dado principalmente por el vertimiento de residuos materiales y energéticos al medio. No existe un aprovechamiento adecuado de los recursos en estos procesos, lo que ha traído como resultado una baja eficiencia técnica y económica.

Política científica en Cuba

Fidel Castro expresaba que el futuro de nuestra patria tenía que ser, necesariamente, un futuro de hombres de ciencia (3) y señalaba que la revolución social se había hecho precisamente para hacer la revolución técnica; se plantea de este modo, como principio fundamental para una verda-

dera política científica y tecnológica nacional, la necesaria unidad del desarrollo científico-tecnológico con el progreso social. Esta temprana conciencia fue el punto de partida en la creación de instituciones de investigación y en la aplicación de las medidas básicas para la potenciación de los recursos humanos, encaminado a la generación y utilización de los conocimientos científicos y tecnológicos y a la integración de este sector como institución social de la sociedad cubana. La necesidad de la Política Científica está dada por la existencia de recursos limitados y la elevación cada vez más acentuada de los costos de los resultados científicos que se obtienen, esta a su vez, permitirá definir cuáles son las líneas de investigación priorizadas a ejecutar, en función de los objetivos socioeconómicos trazados.

En las condiciones específicas de Cuba, en la actualidad debe considerarse lo planteado en el Lineamiento 132 del VI Congreso del PCC en relación a que se debe: "Perfeccionar las condiciones organizativas, jurídicas e institucionales para establecer tipos de organización económica que garanticen la combinación de investigación científica e innovación tecnológica, desarrollo rápido y eficaz de nuevos productos y servicios, su producción eficiente con estándares de calidad apropiados y la gestión comercializadora interna y exportadora, que se revierta en un aporte a la sociedad y en estimular la reproducción del ciclo. Extender estos conceptos a la actividad científica de las universidades" (4).

Estrategia para el alcance de los objetivos de la política científica

En consecuencia con lo anterior, una de las líneas de la Política Científica de la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas (UCLV): "Estrategia y tecnologías para la obtención de productos químicos de alto valor agregado", (que incluye la temática investigativa para la obtención de productos químicos por vía transformativa en el desarrollo de tecnologías para la producción de derivados del etanol), escoge como una alternativa viable, la incorporación de la gestión de la energía y la gestión ambiental al sistema de gestión empresarial. Así, se ha visto como proyecto de interés actual, la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía (TGTEE), como vía para diagnosticar la situación energética en la producción de ron en la UEB Ronera Central, ubicada en el municipio de Santo Domingo, provincia Villa Clara, perteneciente a la Corporación CUBARON, que permita evaluar su estado, es decir, aplicar un diagnóstico para identificar las deficiencias técnico-organizativas y

los principales potenciales de ahorro energético, con vistas a la implementación del Sistema de gestión energética que contribuya a la mejora de la aptitud del proceso (5), a partir de mitigar el impacto ambiental que provoca el uso y consumo de portadores energéticos (6).

El diagnóstico o revisión energética constituye un requisito en la implementación de los sistemas de gestión de la energía, según el modelo de la norma ISO 50001, la cual plantea que "cada organización debe desarrollar, registrar y mantener una revisión energética y que la metodología y el criterio utilizados deben estar documentados" (7).

METODOLOGÍA EMPLEADA

Para la ejecución del diagnóstico se conformó un equipo evaluador integrado por 11 expertos, tomando en consideración conocimientos, experiencia, veracidad y voluntariedad. Las técnicas utilizadas fueron:

- diagnóstico energético preliminar
- diagnóstico energético de primer nivel (DEN 1),
- herramientas de diagnósticos propuestas en la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía (TGTEE) (8), recomendada por especialistas del Centro de Estudios Energéticos y Tecnologías Ambientales (CEETA) de la UCLV que incluye:
 - Gráficos de Pareto.
 - Gráficos de control.
 - Gráfico de consumo y producción en el tiempo.
 - Diagramas de dispersión y correlación.
 - Diagramas de consumo - producción.
 - Diagrama Índice de Consumo - Producción.
 - Gráfico de tendencia o de sumas acumulativas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como actividad inicial o diagnóstico energético preliminar y de primer nivel, se realizó un recorrido por la instalación para observar el estado técnico y de conservación del equipamiento, documentos del proceso, su planificación, los análisis de la información estadística de los consumos de energía y combustible, así como los registros de datos de operación a partir de los cuales se obtienen los consumos de las diferentes corrientes del proceso, teniendo en cuenta además los balances de masa y energía existentes, incluidos los de los portadores energéticos que utiliza la organización: crudo nacional, electricidad, diesel y gasolina, es decir hacer evaluaciones físicas en sitio (9). También se realizaron entrevistas al personal administrativo y a trabajadores.

Posteriormente se aplicaron las herramientas de la TGTEE y los resultados de la aplicación de algunas se muestran a continuación, partiendo de los datos históricos de consumo registrados en la fábrica y la definición de la estructura de consumo de portadores energéticos promedio para un año.

Existió un incremento en los consumos de crudo y electricidad en el 2012 con respecto al 2011, lo cual estuvo motivado fundamentalmente por el incremento de los niveles de actividad y desviaciones en algunos índices de consumos. La estructura de consumo del año 2012 se comportó de forma similar a la reportada en el 2011, según se muestra en figura 1:

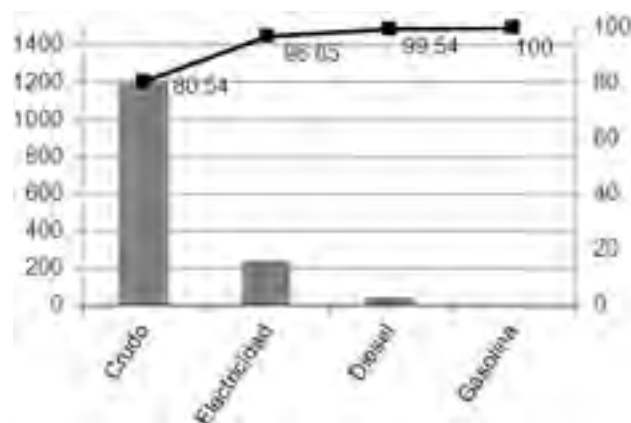


Figura 1. Comportamiento de los portadores energéticos 2012 (gráfico de Pareto).

Como se puede observar, los portadores energéticos cuyo uso deciden la eficiencia energética de la entidad son el crudo nacional y la electricidad, alcanzando el 96,85 % del consumo total de combustible equivalente convencional de la fábrica, y de estos el crudo nacional es el de mayor incidencia representando el 80,54 % de consumo, centrado el mismo en el generador de vapor de la destilería, único equipo que utiliza dicho portador. Teniendo en cuenta este comportamiento se centró el estudio en los portadores crudo y electricidad.

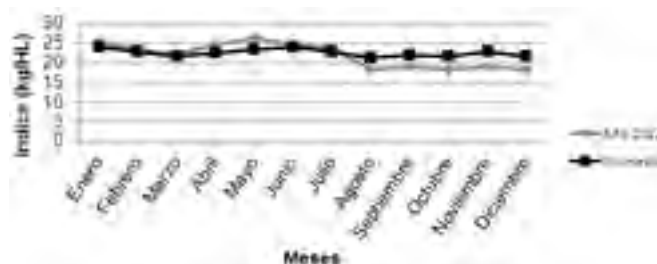


Figura 2. Comportamiento de los índices de consumo de crudo nacional.

Del gráfico 2 se puede observar que no existe un comportamiento normal durante todo el periodo, por la presencia de errores sistemáticos en los consumos, dado fundamentalmente por el mal estado técnico del quemador de la caldera. Al observar el gráfico de consumo y producción en el tiempo para este portador resulta evidente que existe una relación no lineal entre los consumos de crudo nacional y la producción, por lo que se requirió plantear la correlación entre ellos. Para ese portador se plantearon además el resto de los diagramas sugeridos por la TGTEE.

Para el caso del portador electricidad, se procedió al análisis del comportamiento de los índices de consumo según los niveles de actividad (NA):

Como se puede observar, existe variabilidad en los índices de consumo para las tres producciones fundamentales que se desarrollan en la fábrica. Se centró el análisis en cada actividad de forma independiente, para el año 2012.

El índice del 2012 es superior al del 2011 debido a que se ejecutaron actividades no planificadas en áreas de mantenimiento y servicios que conllevaron a consumos superiores a los del 2011, aunque el índice real obtenido se comportó por debajo del planificado para este año.

Para este caso el índice del 2012 es inferior al del 2011 aunque en ninguno de los dos años se lograron los índices planificados, debido a las afectaciones tecnológicas de la destilería, pero se obtuvo una recuperación de estos en el último trimestre del 2012.

Respecto a la línea promedio se observa que existen meses donde el índice real alcanzado para el 2012 es superior, debido fundamentalmente a que en esos meses los niveles promedios de embotellado fueron inferiores.

De forma general los índices de electricidad de la fábrica, al cierre del 2012, son superiores a los del 2011.

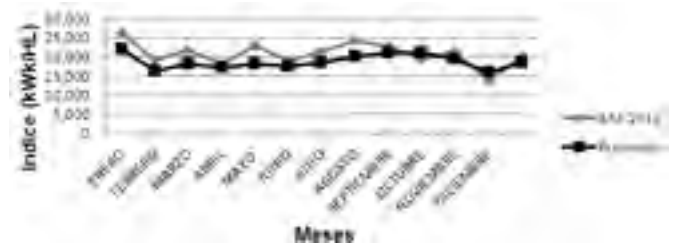


Figura 3. Comportamiento del índice de consumo de electricidad 2012 para la producción de rones a granel.

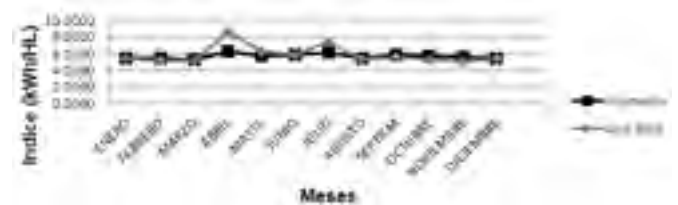


Figura 4. Comportamiento del índice de consumo de electricidad 2012 para la producción de alcohol etílico fino.

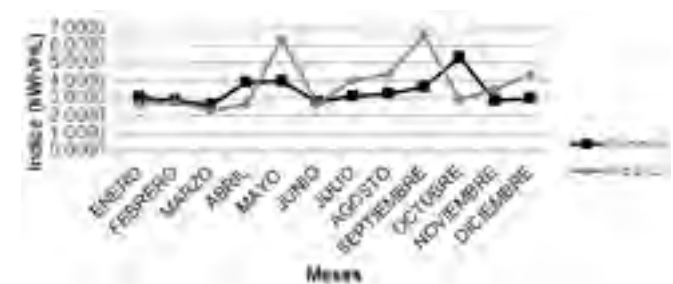


Figura 5. Comportamiento del índice de consumo de electricidad 2012 para la producción rones embotellados.

Tabla 1. Índices de consumo del portador electricidad

Actividades	2010			2011			2012		
	Cons. (kWwh)	NA (HL)	Índice (kWh/HL)	Cons. (kWh)	NA (HL)	Índice (kWh/HL)	Cons. (kWh)	NA (hL)	Índice (kWh/hL)
Producción de alcohol etílico fino	296690	54218,00	5,4722	285836	50017	5,7148	311688	56309	5,5353
Producción rones embotellados	148904	51007	2,9193	137624	50989	2,6991	111371	32013	3,4789
Producción rones a granel	191134	114149	1,6744	206481	113044	1,8266	260707	128488	2,0290
Total	636738	219373	2,9025	629941	214050	2,9430	683766	216810	3,1538

Por otra parte, también se identificaron las principales deficiencias energéticas de la planta UEB destilería, identificada como el área clave desde el punto de vista energético y ambiental, así como los principales potenciales de ahorro energético. Como resultado se tuvo que:

- El estado técnico de los equipos tecnológicos no es bueno.
- Las columnas de destilación se encuentran muy deterioradas, corroídas, con salideros de vapor y de líquido (agua, soluciones hidroalcohólicas),
- El quemador de la caldera presenta un mal estado técnico, lo que provoca una combustión ineficiente.
- Las plantas de tratamiento y enfriamiento de agua presentan mal estado técnico.
- Existen pérdidas por no aislamiento térmico de las columnas de destilación y caldera (generador de vapor).
- Son altos los valores de los gases de escape (alrededor de 260 °C) en el generador pirotribular instalado.
- No se realizan periódicamente las pruebas hidráulicas y de combustión a la caldera.
- La ejecución de las reparaciones planificadas ha estado afectada por la disponibilidad de los recursos necesarios.
- No se recupera el condensado de las columnas agotadora y recuperadora, siendo sus temperaturas de 101 a 103 °C
- El generador de vapor es utilizado al 50 % de su capacidad.
- No se precalienta el aire de la combustión.
- No está completa la instrumentación necesaria para el control de las operaciones
- No existe suficiente capacitación del personal sobre los equipos claves, control operacional requerido en estos puestos, impactos negativos al medio ambiente y riesgos para la salud que representan las condiciones de operación actuales.
- En los análisis económicos y revisiones por la dirección de los índices de consumo y costos de producción no se profundiza en la incidencia energética sobre los mismos.
- Existen programas de ahorro de la energía pero no programas de gestión de la energía.

Como se puede apreciar el 80 % de las deficiencias energéticas identificadas están localizadas en la caldera, por lo cual este constituye el equipo clave.

Teniendo en cuenta las deficiencias detectadas, se propuso un plan de medidas para lograr una mejor eficiencia energética en la UEB destilería, que abarca:

- Medidas técnico organizativas, encaminadas a la aplicación de la gestión energética y de las

buenas prácticas de consumo, operación y mantenimiento.

- Inversiones para la aplicación de tecnologías de mayor eficiencia.

Todas contribuyen a disminuir los consumos de energía y a mejorar la aptitud ambiental del proceso.

Como la empresa necesita integrar la gestión energética a su sistema de gestión empresarial, a partir del diagnóstico energético realizado, se debe definir:

- El compromiso de la alta dirección a través de su política energética o política integrada de gestión,
- El representante de la dirección y el equipo de gestión de la energía,
- La planificación energética y los requisitos legales a cumplimentar, estableciendo la línea de base, los indicadores de desempeño, los objetivos, las metas los planes de acción para la gestión de la energía, y los indicadores de desempeño, tanto energéticos como ambientales.

Todo ello coherente con la política definida y teniendo en cuenta el principio de sostenibilidad ambiental. Se debe además, implementar una serie de requisitos para demostrar que el sistema de gestión de la energía (SGEn) opera de forma eficaz (Ej: competencia y formación del personal, comunicación, control de la documentación, diseño, adquisición de productos y servicios de energía, etc) así como otros para verificar y revisar que el sistema funciona (Ej: evaluación del consumo energético real contra el esperado, eficacia de los planes de acción, auditorías internas, no conformidades, corrección, acción correctiva y acción preventiva). Estos últimos son los que permitirán tomar decisiones y acciones para su mejora.

Los requisitos a implementar deben integrarse en los procedimientos que actualmente tiene la empresa como parte de su sistema de gestión empresarial, dada la ventaja que representan los sistemas integrados de gestión (10).

CONCLUSIONES

1. A través de la cooperación tecnológica se puede iniciar un acercamiento entre las instituciones universitarias y el sector empresarial, lo que permite avanzar en el intercambio de las potencialidades y conocimiento, favoreciendo la concreción de proyectos comunes y la apuesta a metas mayores, encaminadas a promover el bien común.

2. Una política científica consecuente permite viabilizar la terminación de las investigaciones y simultáneamente incentivar la formación de recursos humanos.
3. La aplicación de las herramientas de diagnóstico energético permitió identificar que las principales deficiencias energéticas de la organización están en las pérdidas energéticas originadas por falta de aislamiento térmico de las columnas de destilación, no aprovechamiento del calor de las corrientes calientes en el proceso de destilación y la generación de vapor, mal estado técnico de los equipos tecnológicos (columnas, generador, planta de tratamiento), todas en el área clave, UEB destilería.
4. El portador energético que más incide en la eficiencia energética de la ronera es el crudo cubano que se utiliza en la UEB destilería, representando el 80 % del consumo total de la institución.
5. En el plan de medidas propuesto se identifican las acciones a desarrollar para elevar la eficiencia energética de la institución, que a su vez constituyen sus principales potenciales de ahorro energético.
6. El plan de acción propuesto constituye el punto de partida para el diseño del sistema que integre la gestión de la energía al sistema de gestión empresarial de la ronera central.

RECOMENDACIONES

1. Fortalecer la cooperación tecnológica entre las instituciones universitarias y el sector empresarial, para avanzar en el intercambio de las potencialidades y el conocimiento, favoreciendo la concreción de proyectos comunes, en cumplimiento a la política científica.
2. Generalizar la aplicación de las herramientas de diagnóstico energético para identificar las principales deficiencias energéticas de las organizaciones.
3. Diseñar sistemas de gestión empresariales que integren la gestión ambiental y energética que

coadyuven a la mejora de la gestión empresarial en su conjunto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. OUTLOOK 2013 EXXONMOBIL.pdf "The outlook for energy: a view to 2040" [en línea], [Consulta: 23 de octubre de 2013]. Disponible en: <http://www.exxonmobil.com/energyoutlook>
2. González, C. M.; Acevedo Duarte, L.; González S., E. Procesos integrados minimiza el impacto ambiental. XXV Congreso Latinoamericano de Química. Cancún México. Septiembre 2002
3. Castro, F. Discurso en el acto conmemorativo del XX Aniversario de la Sociedad Espeleológica de Cuba, 15 de enero 1960. En: Núñez Jiménez, A.: Veinte años explorando a Cuba. Imprenta del INRA. La Habana. pp. 292-309. 1961.
4. PCC. Lineamiento de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución, VI Congreso, 2011
5. ISO. Energy management systems. Requirements with guidance for use. ISO 50001:2011
6. ISO. Environmental management systems. Requirements with guidance for use. ISO 14001:2004.
7. NC. Sistemas de gestión de la energía. Requisitos con orientación para su uso. Norma Cubana NC-ISO 50001:2011. La Habana. Cuba. Oficina Nacional de Normalización. 2011
8. Borroto, A. E. Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía. Cienfuegos, Cuba: Editorial Universo Sur, ISBN 959-257-114-7. pp 17-25. 2009.
9. Schneider Electric. ISO 50001: Recomendaciones para su cumplimiento. Libro blanco. pdf Julio 2012. [en línea] [Consulta: 16 de octubre de 2013]. Disponible en: <http://www.schneider-electric.com/mx>
10. Karapetrovic, S.; Casadesús, M.; Heras, I. Empirical analysis of integration within the standards-based integrated management systems Int J Quality Res 4 (1): pp. 25-35, 2010.

Empleo de la relación residuo producto para la estimación de biomasa cañera potencial. Caso de estudio

Lizet Rodríguez-Machín¹; Raúl Alberto. Pérez-Bermúdez¹; Diubel Humberto Bretón-Glean¹;
Luis Ernesto Arteaga-Pérez²; Bárbaro Fidel Medina-Álvarez¹

1. Centro de Estudios Energéticos y Tecnologías Ambientales, Facultad Ingeniería Mecánica, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas (UCLV), Carretera a Camajuaní km 5,5; Santa Clara, Villa Clara, Cuba.
lizetr@uclv.edu.cu
2. Facultad Química y Farmacia, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas (UCLV), Carretera a Camajuaní km 5,5; Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

RESUMEN

El panorama energético de la biomasa va tomando un mayor auge ante el vaticinado agotamiento de los combustibles fósiles, el impacto ambiental que representa y la seguridad energética asociada. El presente trabajo se desarrolla en la Unidad Empresarial de Base (UEB) Héctor Rodríguez. Esta unidad emplea el bagazo obtenido en el proceso industrial de producción de azúcar para la generación de calor y de electricidad sin estimar adecuadamente su potencial. El propósito de esta investigación es aplicar las ecuaciones matemáticas para la estimación de la biomasa herbácea potencial al caso de la biomasa cañera (bagazo) y conocer su disponibilidad con fines energéticos. Se aplicó el método de evaluación con relación residuo producto (RRP), el valor calculado está dentro del rango de los reportados en la literatura, pero fue preciso emplear el RRP calculado para el país por ser este más representativo que el calculado para la UEB. Se estimó que la biomasa potencial en central azucarero entre 2007 y 2012 fue de 98 856 t de bagazo. El potencial bruto máximo fue de 3 222 MW-h/día, lo cual permite establecer el límite superior a alcanzar en cuanto a potencial de biomasa se refiere en el proceso industrial pero no tiene en cuenta la totalidad de la caña producida en el proceso agrícola.

Palabras clave: bagazo, potencial, estimación, relación residuo producto.

ABSTRACT

The current scenario of energy from biomass is taking a major boom since the prediction of the exhaustion of fossil fuels, the inherent environmental impact and the necessity of energy safety associated. The study presented herein was carried out in Hector Rodriguez Entrepreneurial Base Unit (EBU). This unit uses the bagasse obtained in the sugar production process for the generation of heat and electricity without an adequate estimation of its potential. The purpose of this research is to apply the mathematical equations for estimating the potential herbaceous biomass to the case of sugar cane biomass (bagasse), enabling their availability for energy purposes. Evaluation method concerning to residue product ratio (RRP) was applied. The calculated value is within the range of those reported in the literature, but it was necessary to use the estimated RRP for the whole country since it shows a higher representativity than that calculated for the UEB. It was estimated that the potential in sugar mill biomass between 2007 and 2012 was 98 856 t of bagasse. The maximum gross potential is MW-h/día 3222, which sets the upper limit to achieve a biomass potential regarding to the biomass in the manufacturing process but does not take into account all cane produced in the agricultural process.

Keywords: bagasse, potential, estimation, residue-to-product ratio.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad los combustibles fósiles constituyen la fuente de energía más empleada mundialmente para generar electricidad. Según datos publicados por Exxon Mobil, en el año 2010 la energía que demandó esta actividad provino de los combustibles fósiles (67 %), de fuentes energéticas renovables 20 % y de energía nuclear 13 % (1).

La biomasa representa entre 12 y 15 % de la energía que se consume actualmente a nivel mundial y 35 % del consumo en los países del tercer mundo (2). El 64 % de la energía proveniente de la biomasa se produce a partir de la madera y sus residuos, seguido por los residuos sólidos urbanos (24 %), los residuos agrícolas (5 %) y los gases de vertedero (5 %) (3-5). En el mundo se han establecido estrategias para enfrentar las consecuencias del uso de los combustibles fósiles como fuentes principales de energía primaria, entre ellas están las de ahorro de energía que incluyen: aumento de la exergía del portador de energía y el uso de Fuentes Renovables de Energía (FRE) como la solución más lógica ante esta problemática.

En Cuba, las principales fuentes de biomasa para la producción de energía se encuentran concentradas en el bagazo de caña (incluyendo la paja de caña) y la leña; representando estas alrededor de 1 249 700 toneladas equivalentes de petróleo (TEP) (99,6 % del total) (6). Su utilización sostenible para la generación eléctrica puede contribuir a desarrollar un sistema energético distribuido, con participación significativa de las fuentes renovables e impactos positivos en el entorno y la economía local (7).

Los lineamientos de la política económica y social del partido y la revolución tienen bien establecida la política energética del país en cuanto a las FRE y el sector agroindustrial asociado, sobre todo a la producción azucarera; los que se refieren a la agroindustria y las producciones azucareras, incluyendo sus derivados. Señalan como objetivos principales, potenciar el aprovechamiento de las distintas fuentes renovables de energía entre las que se encuentra la biomasa; el incremento de la producción de caña con el reordenamiento de las áreas, así como, aumentar de forma gradual la producción de azúcar y derivados de la caña (8).

La disponibilidad de la fuente apropiada, aspectos económicos relacionados con la cosecha, almacenamiento, transportación y las opciones tecnológicas para convertir el combustible son elementos fundamentales para el éxito de un proyecto vinculado con el uso de la biomasa. Las principales razones del fracaso de proyectos energéticos de biomasa son los cambios en el suministro o la demanda de biomasa y cambios en la calidad de la misma. Las evaluaciones de biomasa suelen res-

ponder a la necesidad de conocer la cantidad existente o utilizable de un recurso. Estas deben ser útiles para conocer el tamaño o capacidad de producción de energía de una zona, o para la toma de decisión de la ubicación de una planta (9).

Teniendo en cuenta que no se han encontrado reportes, en Cuba, en cuanto a la determinación de la Relación Residuo Producto para el bagazo y su empleo en la estimación de la biomasa cañera potencial, se llevó a cabo el presente trabajo para el caso de estudio UEB Héctor Rodríguez, perteneciente al municipio Sagua la Grande en la provincia Villa Clara. Este fue uno de los centrales que se mantuvo moliendo tras la depresión de la industria azucarera a principios del milenio. Esta UEB cuenta con 14 cooperativas agropecuarias con 12 711 ha destinadas a la producción agrícola de la caña de azúcar. El propósito del presente estudio es determinar la Relación Residuo Producto para el bagazo en el país y aplicar ecuaciones para la estimación de la biomasa potencial al mencionado caso de estudio que permita conocer su disponibilidad con fines energéticos.

DESARROLLO

Las preocupaciones medioambientales pueden ayudar económicamente a la biomasa haciéndola un combustible competitivo. Al contrario de los combustibles fósiles, la biomasa no genera tras la combustión un aumento neto del dióxido de carbono ya que el emitido fue, y de nuevo es, fuente para generar la biomasa. Además, posee bajas temperaturas de combustión, lo cual ayuda a reducir las emisiones de NOx. Sin embargo, a menos que la biomasa sea usada de forma eficiente, moderna y limpia, los beneficios medioambientales sólo tendrán lugar parcialmente. Sin embargo, presenta como desventaja el contenido de reducidas cantidades de azufre, produciendo pequeñas emanaciones de dióxido de este componente (2).

Se han realizado numerosos estudios para evaluar la contribución de la biomasa al suministro de energía global futuro, los que difieren significativamente en sus conclusiones. Las valoraciones de recursos más optimistas reportan un potencial futuro de bioenergía de tamaño similar, o aún mayor, que el consumo actual de energía primaria global. Sin embargo, también hay valoraciones de potenciales de bioenergía más bajos, que estiman para el año 2050 unos 47 EJ/año (ExaJoule/año), casi diez veces menor que los estimados más altos de 450 EJ/año. Además, la demanda futura puede ser alta aún en ausencia de políticas dirigidas a mitigar el cambio climático. Por otro lado, la cantidad total de residuos de los sectores alimenticio y forestal son sustanciales en

un contexto global, y se estima para el año 2100 un potencial de alrededor de 270 EJ/año (2, 10).

Las ventajas del uso de la biomasa para la producción de biocombustible se centran en el impacto positivo en las economías locales, al completar el ciclo de producción, comercialización y uso local; además de la versatilidad para satisfacer demandas de diferentes servicios energéticos tanto en la producción de electricidad, calor y frío. La mayor complejidad radica precisamente en la necesidad de implementar todos los eslabones de la cadena tecnológica de producción de biomasa, conversión en biocombustible y cambios tecnológicos en los equipos de uso final.

Procesos de transformación de la biomasa

La conversión de la biomasa en combustible permite la producción de tres tipos de biocombustibles:

- Biocombustibles sólidos: Por ejemplo astillas de madera, briquetas, pellets, etc.
- Biocombustibles líquidos: En este grupo se incluyen los productos de la pirólisis, el etanol y el biodiesel.
- Biocombustibles gaseosos: Los más comunes son el biogás producto de la digestión anaeróbica de residuales orgánicos y el gas pobre o de madera obtenido a partir de la gasificación termoquímica de la biomasa.

Para la obtención de estos productos existen procesos de conversión de biomasa tales como los termo-químicos, biológicos y mecánicos. En el primer caso se emplean tres vías: la pirólisis, la gasificación y la combustión, en el segundo los productos se obtienen por fermentación o digestión (11).

Estimación de la biomasa potencial

Las evaluaciones de recursos son una parte fundamental en el estudio de viabilidad de una planta de biomasa, y ello requiere conocer bien las potencialidades de generación de biomasa según su naturaleza, sea esta primaria o secundaria. Estas deben permitir conocer los recursos potenciales y/o utilizables en una zona proporcionando información válida de acuerdo al nivel de detalle deseable, además de facilitar la toma de decisión de la ubicación de una planta.

En la actualidad existen dos campos en los que se realiza la evaluación de la biomasa residual potencial y disponible, ellos son el agrícola y el forestal. A su vez, la biomasa agrícola se ha dividido en dos grupos: biomasa de cultivos herbáceos y biomasa de poda de cultivos leñosos. El estudio de evaluación se ha dividido en tres partes:

1. Estimación de la biomasa potencial. La biomasa potencial es aquella que se genera o es posible generar en una zona.

2. Estimación de la biomasa disponible. La biomasa disponible es la parte de la biomasa potencial que es posible utilizar en unas condiciones determinadas.
3. Revisión y generación de resultados.

Existen métodos de evaluación con relaciones RRS y RRP. La RRS es la relación residuo superficie y RRP es la relación residuo producto (12). Los valores son sólo indicativos del potencial de residuos disponibles para su uso como fuente de energía. Puede haber cierta confusión acerca de cómo exactamente ha sido calculada la RRP, y el sentido de la proporción. En general, la relación indica la cantidad de residuo disponible por cada tonelada de producto del cultivo (13).

La RRS tiene la ventaja de ser más sencillo de obtener por conversaciones con los agricultores o por medidas de campo. Basta con conocer las superficies dedicadas a un cultivo para obtener una aproximación del residuo potencial. Sin embargo la RRS está sometida a una gran variabilidad. Ambas metodologías son las más extendidas en el campo de la evaluación de recursos. Partiendo de datos de hectáreas (terreno agrícola o forestal) y multiplicando por la RRS, se puede estimar la cantidad de biomasa producida en dicha área (generalmente en base anual). Si el dato conocido es la producción (agrícola, forestal o de producto final en una industria) se puede hallar la cantidad de biomasa, multiplicando dicha producción por el RRP. Dado que para el uso de la RRS o RRP adecuado se necesita de un ingente esfuerzo de muestreo para cada especie, suele ser aceptado el uso de relaciones promedios obtenidas de la bibliografía (12).

Las metodologías de estimación del potencial de biomasa se adecuan al tipo de biomasa, estas pueden ser: estimación de la biomasa residual agrícola herbácea, estimación de la biomasa residual agrícola leñosa y la estimación de la biomasa residual forestal. El objeto de estudio del presente trabajo se centra en la biomasa residual agrícola herbácea.

Estudio de la biomasa residual agrícola herbácea potencial

La utilización de la RRP es el método más extendido para la estimación de existencias de biomasa herbácea. Para cuantificar la biomasa herbácea se parte de la superficie y el rendimiento por cultivo y se calcula la producción media de cultivo en un período de años, ver ecuación 1. Las relaciones RRP son muy variables, según la fuente consultada, varían según la especie, la variedad, la temporada de cosecha y el tipo de maquinaria utilizada (14).

$$Biomasa\ potencial = \left[\sum_n \frac{(Superficie_n \bullet Rendimiento_n)}{n} \right] * RRP \quad (1)$$

Donde:

Superficie (ha),

Rendimiento (t/ha),

RRP: Relación Residuo Producto ($t_{residuo}/t_{cultivo}$).

En los residuos herbáceos normalmente el grano o fruto es el producto principal que se recolecta anualmente mientras que el resto de la planta se suele considerar residuo o subproducto. La forma más usual de estimar el residuo es mediante el uso de índices de superficie o del tipo residuo/producto. Para la estimación de estos índices se pueden emplear varios métodos: muestreo previo a la cosecha, muestreo tras la cosecha y muestreo de la producción total de parcelas. Teniendo en cuenta que la biomasa cañera se encuentra dentro del grupo de biomasa herbácea, en el presente trabajo se empleará el método que utiliza la RRP.

Disponibilidad de la biomasa y estimación del potencial bruto

La metodología para la caracterización de la fuente que origina o genera la biomasa es a partir de fuentes que proporcionan datos estadísticos generales e información propias del sector de la actividad económica en estudio. La información se recopila y se presenta su distribución por región. Se determina la cantidad de desecho que se genera y se analiza la fuente y el nivel de confiabilidad de la información obtenida. Posteriormente se procede a extrapolar la información hacia el universo por región, con datos específicos, si existen, si no se adoptan ciertas consideraciones que permitan evaluar la biomasa. A continuación se procede a establecer un rango de valores, que contenga con probabilidad la información. Por último se recopilan datos de las propiedades físicas, químicas, termodinámicas y el calor específico del combustible de la fuente de biomasa para la estimación del potencial energético (17). El potencial se obtiene con la siguiente relación:

$$Potencial\ bruto = Biomasa\ disponible \cdot CEC \quad (2)$$

Donde:

Biomasa disponible (kg, m³, ha/ tiempo),

CEC: Calor específico del combustible (J/kg, m³).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El suministro total de energía primaria en Cuba, ha sido dominado por el petróleo y la biomasa

cañera (ver tabla 1). En la generación de electricidad, los combustibles fósiles representaron el 81 % de la energía consumida para este fin, el restante 19 % de las fuentes energéticas lo constituyeron la biomasa con 15 %, y otras FRE incluyendo la hidráulica, eólica y solar.

Tabla 1. Producción nacional de energía primaria en el 2010. Fuente: adaptado del anuario estadístico de Cuba 2010 [8].

Producción nacional de energía	Valor
Petróleo, millones t	3 024 ^(a)
Gas natural, millones m ³	1 072
Madera, millones m ³	1 141
Productos de la caña de azúcar, millones t	3 488
De ellos bagazo de caña de azúcar, millones t	3 027

(a) Incluyendo mezcla de otros derivados que son añadidos al petróleo para disminuir su viscosidad.

Típicamente, cada tonelada métrica de caña de azúcar procesada rinde 0,11 toneladas métricas de azúcar, mientras genera también 0,27 toneladas métricas de bagazo y 0,25 toneladas métricas de residuos agrícolas. En la tabla 2 se muestran los principales residuos del procesamiento de la caña de azúcar incluyendo el bagazo y los desechos de la caña de azúcar 'RAC'.

Tabla 2. Indicadores para el cálculo de la biomasa cañera. [17]

Biomasa	t/t caña molida
Bagazo + RAC en el central azucarero	31,9 %
RAC dejados en campo	16,7 %
RAC separados en centro de limpieza	11,0 %

Fuente: Fundamentos de termotecnia (17)

Estimación de la biomasa cañera y su potencial, caso de estudio UEB Héctor Rodríguez

El esquema de generación del central azucarero Héctor Rodríguez que se presenta en la figura 1 muestra de forma general su estructura. El mismo está compuesto por tres calderas de vapor, una de 25 t de vapor/h, marca Stirling de fabricación norteamericana y dos Retal de 55 t de vapor/h, de fabricación nacional. Estas se alimentan con el bagazo

obtenido en el proceso industrial y parte de la paja proveniente de la caña que no fue completamente beneficiada. El vapor directo de las calderas es de 1,8 MPa a 340 °C de temperatura como promedio, el cual alimenta a los turbogeneradores. El central cuenta con dos turbogeneradores de marca Kaluga de fabricación Rusa que generan una potencia de 4 MW cada uno. El vapor de escape procedente de los turbogeneradores se utiliza en los pre- evaporadores. Este vapor es de una presión promedio de 0,11 MPa. El vapor de fuga de los pre-evaporadores, unido con el de escape de los turbogeneradores se utiliza en los procesos tecnológicos (tachos) para la obtención de azúcar. Los calentadores primarios y secundarios utilizan vapor de escape de 0,05 MPa.

El central tiene una capacidad nominal de molienda de 4 600 t de caña/día (191 t de caña/h), de donde se obtiene entre el 30 y el 33 % de bagazo de la caña molida por estimación. El balance energético refleja que diariamente 6 t de bagazo/h quedan disponibles para otros usos, en el caso de este central, el excedente se vende a la refinería Quintín Banderas.

Potencial de biomasa con fines energéticos

Se recopilaron los datos del comportamiento de las distintas unidades productoras de caña de azúcar pertenecientes a la UEB Héctor Rodríguez entre el 2007 y el 2012, y se calcularon los rendimientos de caña por área de tierra sembrada, así como las áreas destinadas al cultivo. Con los valores promedio de los rendimientos por área cultivada y el área destinada para la siembra se obtuvo la producción de caña, que se ofrece en la tabla 3.

El central azucarero emplea 1 080 m³ de leña para las diferentes pruebas de funcionamiento del equipamiento fabril y la arrancada de las calderas. En la casa de bagazo es donde se almacena la biomasa cañera; la cual tiene una capacidad de almacenamiento de alrededor de 800 t de bagazo. La biomasa cañera se utiliza como combustible en el período de zafra que comprende de tres a cuatro meses en el año.

Tabla 3. Producción de caña en la UEB Héctor Rodríguez en los años de estudio

Año	Producción de caña (t)
2007	317 963
2008	396 046
2009	409 574
2010	338 210
2011	343 476
2012	391 543
Promedio	366 135

Estimación de la biomasa potencial

La estimación de la biomasa potencial en el central azucarero, desde el punto de vista estratégico, puede ser una herramienta eficaz con el fin de contar con información valiosa que permita conocer la cantidad de bagazo disponible y poder realizar una planificación más acertada. Contando con las cifras de producción de la caña en la UEB y los residuos generados, así como el área total de caña sembrada y los rendimientos de estas últimas, bastará para conocer el potencial con que se cuenta; en lo adelante se determinan los elementos mencionados anteriormente.

La UEB Héctor Rodríguez cuenta con un área destinada al cultivo de caña de azúcar de 12 711 ha promediada a partir de las últimas seis zafas. La industria azucarera está buscando alternativas para obtener un mayor rendimiento en las cosechas y lograr como meta mínima 35 t de caña/ha en cada unidad productora. La media de los valores de humedad del bagazo, en la unidad en estudio, es 49,44 %, el valor se acerca al reportado por Curbelo en el 2011 quien presentó un valor promedio en el país de 50 % (16).

Biomasa residual potencial

Con el promedio de superficie por rendimiento y el valor de la relación residuo producto para el bagazo se puede calcular la biomasa potencial,

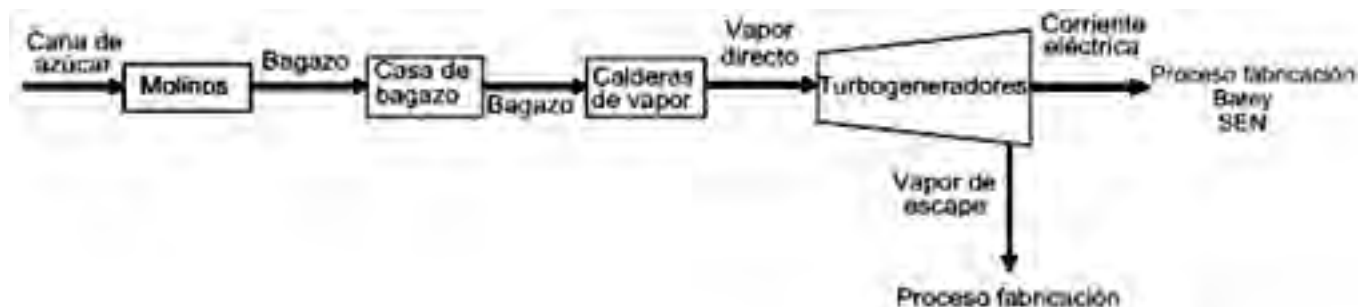


Figura 1. Esquema de generación del central azucarero Héctor Rodríguez.

partiendo de la ecuación (1). Algunos autores reportaron valores de RRP para el bagazo de 0,25 y 0,3 respectivamente (17,18). Los autores del presente trabajo determinaron el valor de RRP para bagazo de la caña de azúcar en Cuba, se utilizó para el cálculo la siguiente ecuación:

$$RRP = \frac{\text{Generación de bagazo}}{\text{Producción de caña}} \cdot \text{Humedad}$$

Donde:
 Generación de bagazo:(t de bagazo)
 Producción de caña:(tcaña),
 RRP: Relación Residuo Producto (t de bagazo / t de caña).

Para ello se recopilan los datos, entre el 2007 y el 2012, del comportamiento de las distintas unidades productoras de caña de azúcar pertenecientes a la UEB Héctor Rodríguez, se calculan los rendimientos de caña por área de tierra sembrada, así como las áreas destinadas al cultivo de caña. Con los valores promedio de los rendimientos (3) de caña por área cultivada que se muestran en la figura 2 y el área destinada para la siembra de caña se obtiene la producción de caña para cada año, la cifra promedio en el período es de 366 135 t de caña.

En la tabla 4 se muestran las RRP calculadas en los años de estudio para la UEB Héctor Rodríguez. Estos valores se determinan a partir del bagazo producido en cada zafra con respecto a la producción de caña, estas relaciones se calculan en base húmeda. El valor promedio de las RRP calculadas para la UEB es de 0,22. Se calculó además esta relación para el país entre el 2005 y el 2010, resultando este valor igual a 0,27.

Con la media de la producción de caña y el valor de la RRP promedio se obtienen los datos

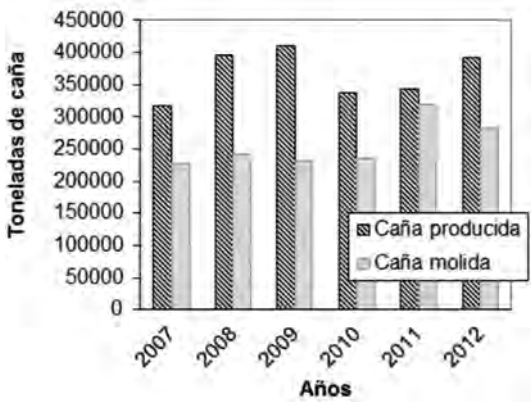


Figura 2. Producción y molienda de caña en la UEB Héctor Rodríguez entre 2007 y 2012.

Tabla 4. Valores calculados de RRP en base húmeda (49,44%) entre 2007 y 2012

Año	RRP
2007	0,22
2007	0,22
2007	0,22
2007	0,22
2007	0,22

necesarios para determinar la biomasa potencial en la UEB Héctor Rodríguez, este valor es de 81 938 t de bagazo para el período comprendido entre 2007 y 2012 con RRP de 0,22. La producción de biomasa cañera está por debajo del valor de la biomasa potencial estimada, excepto para el 2011 y 2012. Esto indica que el valor del RRP no es adecuado para la estimación, por lo que es necesario un mayor número de datos para el cálculo del promedio del mismo, teniendo en cuenta las irregularidades en la zafra en los años de estudio.

Con el valor de la RRP se recalcula la biomasa potencial, siendo este valor 98 856 t de bagazo. En la figura 3 se presenta el bagazo producido en el área de molienda, en el período de estudio y se compara con la cuantía de biomasa potencial calculada empleando el método de estimación con RRP. Con el valor de RRP asumido, la producción de biomasa cañera está por debajo del valor de la biomasa potencial estimada para todo el período de estudio, reflejando que se puede tomar el valor de RRP del país para el este y otros casos de estudio.

La diferencia entre el valor del bagazo producido y la biomasa potencial estimada radica en que el último valor se determina a través de la superficie destinada para la siembra y el rendimiento de caña estimado. Además, existe un potencial de bio-

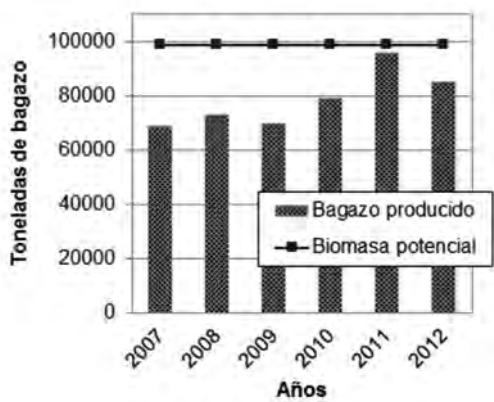


Figura 3. Comparación de la biomasa potencial estimada con la producción de bagazo.

masa cañera no cuantificado, sin utilizar, entre las posibles razones se tienen que una parte se pierde en los campos por no realizar un corte adecuado (ya sea manual o mecanizado), el cogollo y parte de la paja no se recolectan y otra parte de la paja no se recolectan en los centros de acopio, donde se beneficia la caña cortada. Otra causa puede ser que en ocasiones no se muele toda la caña por cuestiones estratégicas, y otras se deja para moler en la siguiente zafra.

Lo anterior indica que existe potencial de biomasa, que si una parte de ella se colectara pudiera ser empleado, al igual que el bagazo, en la generación de electricidad, el resto quedaría en el suelo como protección e incorporación de nutrientes al mismo. Adicionalmente se puede analizar la posibilidad de emplear otros métodos de conversión como la pirólisis y la gasificación que permiten la obtención de una amplia gama de productos químicos y ofrecen la posibilidad de otras aplicaciones. El uso de la biomasa para la producción de bio-combustibles tiene ventajas relacionadas con el impacto positivo en las economías locales, al completarse el ciclo de producción, comercialización y uso en la localidad. Se incluye además la versatilidad de poder satisfacer demandas de calor y frío además de la muy empleada producción de electricidad. Fuera de zafra, la generación de electricidad, está condicionada por dos factores principales: la tecnología de generación de electricidad y la disponibilidad de biomasa. Para generar fuera del período de zafra es necesario cerrar el ciclo de vapor empleando equipos de proceso con superficies de transferencia de calor, como los tachos o los evaporadores, para la condensación del vapor, teniendo en cuenta que la tecnología utilizada para la generación de electricidad en la industria azucarera cubana se basa en turbinas de contrapresión y en calderas con una presión de trabajo como promedio de 19 bar (16).

Disponibilidad de la biomasa y estimación del potencial bruto

La estimación del potencial bruto en el central se realizó a partir de la biomasa disponible con que cuenta el mismo y el valor del calor específico del bagazo. El calor específico de combustión de una sustancia es la cantidad de calor que se desprende durante la combustión completa de su unidad de masa. Al ser el bagazo un combustible sólido se va a expresar en kJ/kg (18). En este trabajo se toma el valor del calor específico del bagazo (50 % de humedad) de 7,64 MJ/kg. El potencial bruto se calcula de acuerdo a la ecuación (2) y el potencial bruto máximo se determina teniendo en cuenta la capacidad nominal de molienda y el porcentaje que históricamente ha representado el bagazo, se obtu-

Tabla 5. Biomasa disponible en la UEB Héctor Rodríguez

Año	Biomasa disponible (t de bagazo/día)	Potencial bruto (MW-h/día)
2007	1 104	2344
2007	1 104	2409
2007	1 104	2346
2007	1 104	2699
2007	1 104	2778
2007	1 104	2069

vo un valor de 3 222 MW-h/día. En la tabla 5 se muestran los valores calculados de la biomasa disponible a partir de la cantidad de bagazo generado por día, según los datos con que se cuenta en cada zafra (t de bagazo/día).

Los resultados de la determinación del potencial bruto en la UEB Héctor Rodríguez en los años de estudio, según la biomasa disponible en el central, se exponen en la figura 4. El potencial bruto varía de acuerdo al bagazo generado por zafra, por lo cual mientras mayor porcentaje de bagazo se pueda obtener por tonelada de caña molida, mayor va a ser el potencial, también puede jugar un papel fundamental la humedad del bagazo ya que esta puede afectar de una forma positiva o negativa el valor del calor específico de combustión, ya que mientras menor porcentaje de humedad tenga el residuo mayor va a ser el poder calorífico en la combustión. En la figura 4 se muestra además la relación que existe entre el potencial bruto y el potencial bruto máximo, en los años de estudio para la UEB Héctor Rodríguez.

Como se puede observar en la figura anterior existe irregularidad en los valores del potencial bruto debido a las diferencias en la molienda de caña durante el período evaluado, producto las condiciones existentes en el país, la depresión en la

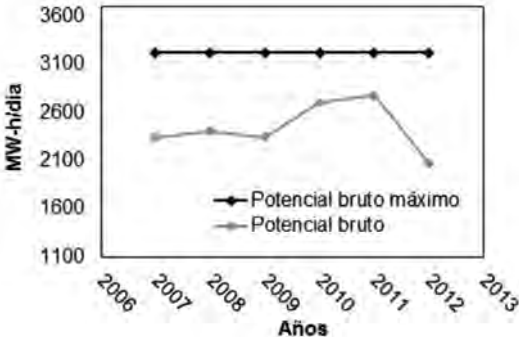


Figura 4. Comparación del potencial bruto máximo.

producción agrícola cañera y las deficiencias que aún existen para lograr una producción de azúcar estable y eficiente. En ese valor influyen también otros factores como pueden ser la rotura de equipos durante la cosecha o la molienda, lo que afecta posteriormente los procesos industriales y de generación de energía; otro elemento determinante es el plan de azúcar asignado, lo que propicia que la cantidad de caña que requiera moler el central puede variar de acuerdo a esta cifra comprometida. Si se alcanzan las condiciones productivas idóneas y se obtienen altos rendimientos en la cosecha y producción se puede aproximar en un futuro no lejano a los valores máximos de potencial bruto que estarían por el orden de 3 222 MW-h/día, para mantener el potencial de forma tal que cubra la demanda energética de la localidad y quede un excedente energético aún mayor para aportar al SEN o el empleo de otras formas de transformación de la biomasa incluso más eficientes que la actual.

CONCLUSIONES

El valor calculado de RRP promedio para esta forma de biomasa es 0,22 para el caso de estudio UEB Héctor Rodríguez.

El valor coincide con los resultados publicados previamente (0,25 y 0,3 respectivamente),

Esta cifra dista de ser representativa para este central azucarero, dado que al determinar la biomasa potencial, en algunas zafras se encuentra por debajo del bagazo producido en la molienda.

Las irregularidades en los valores del potencial bruto pueden estar dadas por las diferencias en la molienda de caña, teniendo en cuenta las condiciones existentes en el país, la depresión en la producción agrícola cañera y las deficiencias que aún existen para lograr una producción de azúcar estable y eficiente. Puede influir además la rotura de equipos durante la cosecha o la molienda, lo que afecta posteriormente los procesos industriales y de generación de energía; otro elemento determinante es el plan de azúcar asignado, lo que propicia que la cantidad de caña que requiera moler el central pueda variar de acuerdo a esta cifra comprometida.

El conocimiento de la existencia de un potencial de biomasa, que si se colecta pudiera ser empleado en la generación de electricidad, es de gran importancia para la matriz energética cubana. Adicionalmente se puede analizar la posibilidad de emplear otros métodos de conversión como la pirólisis y la gasificación que permiten la obtención de una amplia gama de productos químicos y ofrece la posibilidad de otras aplicaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Fernández, N. Plantas de Biomasa [Online]. Available: www.limpiezastecnicasindustriales.com 2010. [Accessed 10-02- 2012].
2. Pérez-Bermúdez, R.A. Estudio termo-económico del beneficio del gas de gasificación de biomasa en lecho fluidizado con fines energéticos. Tesis para optar por el título de Doctor en Ciencias Técnicas, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. 2005.
3. Demirbas, A. Combustion Systems for Biomass Fuel. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*. 29 (303-312). 2007.
4. Demirbas, A. Modernization of Biomass Energy Conversion Facilities. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*. 2 (227 - 235). 2007. Balat, M. Mechanisms of Thermochemical Biomass Conversion Processes. Part 2: Reactions of Gasification". *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*. Vol. 30, 2008. pp. 636 - 648.
5. ONE. "Anuario Estadístico de Cuba 2010". Oficina Nacional de Estadísticas, República de Cuba. 2011.
6. Babu, B.V., Chaurasia, A.S. Modeling, simulation and estimation of optimum parameters in pyrolysis of biomass. *Energy Conversion and Management*. 44 (2135-2158) 2003.
7. Lineamientos de la política económica y social del Partido y la Revolución. VI Congreso del Partido Comunista de Cuba. 18 de abril de 2011.
8. Pyrolysis Final Report Part 2 - Determination of norms and standards for biomass fast pyrolysis liquids as an alternative renewable fuel for electricity and heat production" [Online]. Available: www.care.demon.co.uk/ALTENERIIReportFinal [Accessed 12-10- 2012]. Berndes, G., Hoogwijk, M., van Den Broek, R. The contribution of biomass in the future global energy supply: a review of 17 studies. *Biomass and Bioenergy*, 25. 2003.
9. Yaman, S. Pyrolysis of biomass to produce fuels and chemical feedstocks. *Energy Conversion and Management*. 45 (651-671) 2004. Sebastián-Nogués, F., García-Galindo, D., Rezeau, A. *Energía de la Biomasa*. Prensas Universitarias de Zaragoza: Zaragoza. 2010.
10. Cooper, C.G., Laing, C.A. A macro analysis of crop residue and animal wastes as a potential energy source in Africa. *Journal of Energy in Southern Africa*. 18 (10-19). 2007.
11. Fundación CIRCE. "Evaluación del potencial de biomasa residual en los ecosistemas forestales

- y los medios agrícolas en la provincia de Huesca". Available: http://circe.cps.unizar.es/acvcoco/es/pdf/6doc_3.pdf, 2006. [Accessed 12-10-2012].
12. Curbelo, A.; Jiménez, O.; Suárez, Y. Contribución potencial de la biomasa como combustible a la generación distribuida en Cuba. Conocimiento. Energía para el Desarrollo. 2 (7) 2011.
 13. Hensley-Duku, M.; Gu, S.; Ben-Hagan, E. A comprehensive review of biomass resources and biofuels potential in Ghana. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15 (404-415). 2011.
 14. Akgün, O.; Luukkanen, J.; Majanne, Y. Theoretical bioenergy residue potential in Cambodia and Laos and utilization possibilities. 16th Meeting of the REFORM Group. Schloss Leopoldskron, Salzburg, Austria. 2011.
 15. Pontt, C. Potencial de biomasa en Chile. En: Estudio de contribución de las ERNC al SIC 2025 Informe Sectorial Final, Univ Técnica Federico Santa María, Valparaíso, Chile, pp 74. 2008
 16. Ojotin, V.Z.; Laviguin, V.; Salomzoda, F. Fundamentos de Termotecnia. Ed. Mir. Moscú. 1988.
 17. Nogués, S.; García-Galindo, F.D.; Rezeau, A. Energía de la Biomasa. Pressas Universitarias de Zaragoza: Zaragoza. 2010.
 18. Pérez-Bermúdez, R.A.; Betancourt-Mena, J.; Reyes-Montiel, J.L. Uso de la biomasa cañera como alternativa para el incremento de la eficiencia energética y la reducción de la contaminación ambiental. Ecosolar [Online]. Vol. Julio-Septiembre. 2003. Available: <http://www.cuba-solar.cu/biblioteca/Ecosolar/Ecosolar05/HTML/articulo01.htm>. [Accessed 12-10-2012].

FitoMas es un cóctel natural de sustancias orgánicas intermedias complejas de alta energía, especialmente seleccionadas del conjunto mejor representado en la mayor parte de las especies botánicas a las que pertenecen los cultivos económicos, por lo que permite superar las situaciones estresantes sin perjudicar la producción de alimentos y productos útiles. FitoMas no es tóxico ni a las plantas ni a los animales.

Con su acción, FitoMas facilita la interacción suelo-planta, por lo que propicia el desarrollo de la rizosfera, la cual elabora hormonas de crecimiento y otras muchas sustancias útiles al vegetal

FITOMAS (H)

Potenciador de la acción herbicida cuando se mezcla con estos lo cual permite una sensible reducción de sus dosis. Incrementa el área radicular y mejora la floración cuando se aplica a dosis entre 0.2 y 1 l/ha, al inicio de la floración en frutales y después del ahijado en cereales

FITOMAS (E)

Es un sustituto parcial de la fertilización convencional porque propicia el desarrollo de la rizosfera (microorganismos simbióticos que viven en las raíces), los que fijan nitrógeno atmosférico y movilizan otros nutrientes minerales.

FITOMAS (M)

Madurador de la caña por excelencia, facilita el engorde y cuajado de los frutos cuando se aplica un mes antes de la cosecha a tubérculos o raíces, en frutales y cereales.




**Producto Natural
Antiestrés**

Clarificación del jugo de caña mediante el empleo de plantas mucilaginosas

Walter Quezada-Moreno¹, Irenia Gallardo-Aguilar²

1. Universidad Técnica del Norte. Ciudadela El Olivo. Avenida 17 de Julio, Ibarra, Ecuador.

2. Universidad Central Marta Abreu de las Villas. Carr. A Camajuani Km 5½. Santa Clara,
Villa Clara. Cuba.

mfrancisco473@gmail.com; walterfqm@uclv.cu

RESUMEN

*La investigación se realiza para incorporar soluciones mucilaginosas en la clarificación de jugos, como alternativa de cambio en la agroindustria panelera del Ecuador. La calidad del producto final está determinada por el proceso de clarificación natural. De un estudio realizado con 14 plantas mucilaginosas, cuatro especies vegetales: Yausabara (*Pavonia sepium* A. St-Hil), Yausa (*Abutilon insigne* Planch), Cadillo negro (*Triumfetta lappula* L) y Falso Joaquín (*Hibiscus rosa sinensis*), arrojaron los mejores resultados como agentes clarificadores. Experimentalmente se ensayan tres factores : concentración de la solución, cantidad de solución añadida al jugo y temperatura de incorporación; valoradas con la variable respuesta turbidez, para esas cuatro plantas. Los resultados demostraron que la temperatura, concentración y solución mucilaginosa de incorporación, inciden en la clarificación del jugo, donde los mejores resultados se alcanzan con Yausabara y Yausa y las combinaciones de estas en menor grado, dando jugos claros y brillantes.*

Palabras clave: mucílago, clarificación, jugo, turbidez.

ABSTRACT

*The research is done to incorporate mucilaginous solutions in juice clarification, as a change alternative, in the Ecuador sugarcane agroindustry. The quality of the final product is mainly determined by the clarification process natural. Four plant species in a study of 14 mucilaginous plants are used as primary clarifiers agents: Yausabara (*Pavonia sepium* A. St-Hil), yausa (*Abutilon insigne* Planch) Cadillo black (*Triumfetta lappula* L) and False Joaquin (*Hibiscus rosa-sinensis*), which yielded better results as clarifying agents. Experimentally three factors such as solution concentration, amount of solution added to the juice and incorporation temperature on two levels, taking turbidity as the response variable for the four plants are tested. The results showed that the temperature, concentration and incorporation mucilaginous solution, affecting juice clarification, where the best results are achieved (Yausabara and Yausa) and combinations of these to a lesser extent, giving clear bright juices.*

Keywords: mucilage, clarification, juice, turbidity..

INTRODUCCIÓN

La agroindustria panelera juega un papel trascendental en el desarrollo rural, y es la de mayor tradición en América Latina y el Caribe (1). El sector agroindustrial ecuatoriano ha significado un importante motor dentro de la estructura productiva nacional, pues las agroindustrias equivalen al 8.6% en promedio del total de la producción de la economía (2). Sin embargo, es ampliamente reconocido el rezago del sector panelero en el Ecuador. A nivel mundial el proceso es considerado artesanal (3), por lo que consecuentemente se derivan problemas sociales, económicos, tecnológicos y ambientales. El desconocimiento de beneficios nutricionales y medicinales de la panela y sus presentaciones tradicionales poco practicadas, han contribuido a la baja competitividad frente al azúcar refinado (4).

El Ecuador no cuenta con un Plan Nacional de Desarrollo Agroindustrial, en el cual se delinee las principales políticas e incentivos para el sector, cuando otros países de la región, especialmente los del Cono Sur, han elaborado sus propios planes hace ya varios años (5). En el año 2009 se propone un plan a ejecutarse hasta el 2011, cuyo objetivo es de dotar de un instrumento que impulse el desarrollo de la actividad agroindustrial de manera amplia (6), resultados que aún no se evidencian, especialmente en el sector panelero, donde los procesos aún son artesanales y donde la calidad e inocuidad es afectada en el producto final. La escasa competencia que presentan los derivados de la agroindustria rural panelera (AIRP) en el mercado los mantiene en condiciones desfavorables frente a su principal competidor, el azúcar blanco producido en los ingenios azucareros. La falta de tecnificación y control de parámetros de proceso son descuidadas, originando un producto de características poco aceptables para el consumidor. Se necesita impulsar cambios hacia la competitividad y calidad, pues el comercio y la industria han sido los impulsores del crecimiento económico de las naciones (7). Se requiere de una visión holística del sistema para plantear alternativas de mejoras e intensificación (8), para el desarrollo y competitividad en la agroindustria panelera.

La panela es un edulcorante más natural que el azúcar blanco sulfitado, sin que se someta a procesos de refinado o centrifugado o a otro proceso químico; por esta razón, la panela es un producto natural que mantiene todos los nutrientes de la caña de azúcar (9). La preferencia de productos orgánicos de calidad, nutritivos, naturales y ecológicos, va en aumento en mercados locales, nacionales y mundiales, donde los procesos tienen que mejorar con la finalidad de fortalecer, dinamizar e incrementar las unidades de producción rural, para

que sean más rentables. Esta es una oportunidad para los productores de dulce y azúcar de caña orgánicos, que utilizan el mucílago del tallo y las raíces de burío (*Heliconia appendiculatus*) como floculante para la clarificación o limpieza de los jugos de caña, sin el uso de polímeros sintéticos importados (10).

En la agroindustria panelera, después de la cosecha de la caña se llevan a cabo una serie de etapas para obtener edulcorantes naturales, tales como extracción del jugo, limpieza y clarificación, evaporación, cocimiento y batido. Dentro de estas etapas sobresale la clarificación, donde el uso de clarificadores naturales o de químicos, determinan la calidad del producto. Una adecuada clarificación del jugo de la caña, contribuye a la calidad nutritiva y sensorial del producto final, en aspectos como el color. (3; 11; 12).

No existen diferencias marcadas entre las variedades de caña para panela o para azúcar; sólo difieren las tecnologías de producción y la función objetiva del sistema. Sin embargo, es de resaltar que algunas características agronómicas o industriales exigidas por la industria azucarera no son estrictamente aplicables a la producción panelera (13). Los consumidores consideran que todo lo que no es limpio, es impuro, lo que sobrelleva a clarificar (14). La clarificación de jugos de caña, consiste en separar los no azúcares por calentamiento a temperaturas muy cercanas a la de ebullición (15). En este proceso, la temperatura es importante para coagular parte de los no azúcares y es más eficiente con la incorporación de clarificadores. Se realizan además esfuerzos para disminuir la turbidez mediante el uso de coagulantes (11; 14; 16; 17). Un coagulante cumple el papel de provocar la coagulación y la flotación de coloides en un medio; y un mucílago, por su naturaleza pegajosa, cumple la función de que los no azúcares sean adheridos en la sustancia pegajosa. La eficiencia depende de su peso molecular y que es posible a un complejo de interacciones en las partículas de los coloides (14; 17). Los mucílagos son polisacáridos hidrocoloides que retienen agua debido a la presencia de grupos hidroxilos (18; 19), son derivados de glúcidos gelatinosos y viscosos con una gran capacidad para retener los líquidos, por ello al hidratarse aumentan de volumen.

La importancia de la clarificación natural, radica en que el uso de sustancias químicas prohibidas es generalizado en la clarificación de jugos de caña para la elaboración de panela tales como: cementinas, carbonatos e hidrosulfito de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) especialmente. Este compuesto también con el nombre de hiposulfito o ditionito de sodio, es una sal binaria, riesgosa para la salud y en especial tóxica en la población infantil (20; 21; 22).

En el control de variables y con el fin de homogenizar y estandarizar la calidad de los productos finales, en los procesos de las factorías o agroindustrias paneleras, hoy en día se utilizan limitadamente plantas mucilaginosas como clarificadoras naturales. Los mucilagos, utilizados son sustancias babosas extraídas de cortezas de algunas plantas (23), para este fin se han empleado varias plantas de este tipo, principalmente el guásimo (*Guazumual mifolia* Lam), el cadillo negro (*Triumfetta lappula* L) y el balso (*Heliocarpus americanus* L.), que está en peligro de extinción (20; 24). El uso desmedido de plantas con propiedades aglutinantes y floculantes utilizadas en la agroindustria panelera en Antioquia y a nivel nacional, ha sido permanente e indiscriminado, lo cual ha causado un impacto ambiental negativo, donde el aglutinante está incidiendo en el costo de producción (16; 20). El proceso de extracción e incorporación del mucílago es artesanal y limitada en los países paneleros de Centro-Sur de América, por desconocimiento en el buen uso de sus propiedades aglutinantes y clarificadoras en el jugo de la caña.

Se han realizado estudios (25) aplicando mucilagos al jugo de caña a temperaturas de 50, 70, 90°C y temperatura ambiente de 25°C, e indican que la adición del mucílago deberá realizarse a temperaturas cercanas al ambiente y utilizando soluciones de cadillo de 1,4g/100mL, argumento que se contrapone a lo indicado previamente, ya que la clarificación en los jugos se opera a temperaturas de hasta 105 °C (26). La sustancia clarificadora se sumerge directamente en el jugo cuando se alcanzan temperaturas entre 60 y 70 °C; la primera cachaza que se retira es la negra, antes de la ebullición; luego se agrega más sustancia clarificadora para retirar la cachaza blanca a 92 °C aproximadamente (20).

En Ecuador el balso rojo (*Ochroroma pyramidale*) y balso blanco (*Heliocarpus americanus* L.), la yausa (*Abutilon insigne* Planch.) y la yausabara (*Pavonia sepium* A. St-Hil) son las plantas más utilizadas para este fin, de las cuales las tres primeras son árboles que cada día se agotan más.

La yausabara, cadillo (*Triumfetta lappula* L) y falso joaquin (*Hibiscus rosa sinensis*), son arbustos, conocidos como malas hierbas altamente resistentes a condiciones climáticas adversas, con una capacidad para generar gran cantidad de solución mucilaginosa que facilita la calificación del jugo de la caña.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para obtener el jugo, se utiliza caña de la variedad PR-61632 de madurez óptima entre 22 a 24 °Brix y pH de 4,45 que fueron medidos con refractómetro Atago, escala digital 0 a 93 °Brix y pH-metro BOECO PT-40 respectivamente. El índice de madurez de 0,95 es indicativo que la caña es madura (27). La extracción de jugo se realiza en un trapiche panelero y la limpieza de impurezas sólidas en pre-limpiadores.

El impacto ambiental es menor en las especies vegetales mucilaginosas estudiadas que en las que vienen utilizándose de forma empírica y tradicional en la clarificación de jugos por los paneleros como la yausabara (Yb), yausa (Y), cadillo negro (C) y el falso joaquin (FJ), además de estudios fitoquímicos cualitativos se conoce que presentan escasa toxicidad.

Para la clarificación, se obtiene la solución clarificadora o mucilaginosa de las plantas previamente trituradas, maceradas durante dos minutos con agitación a 60 rpm. El esquema de obtención de

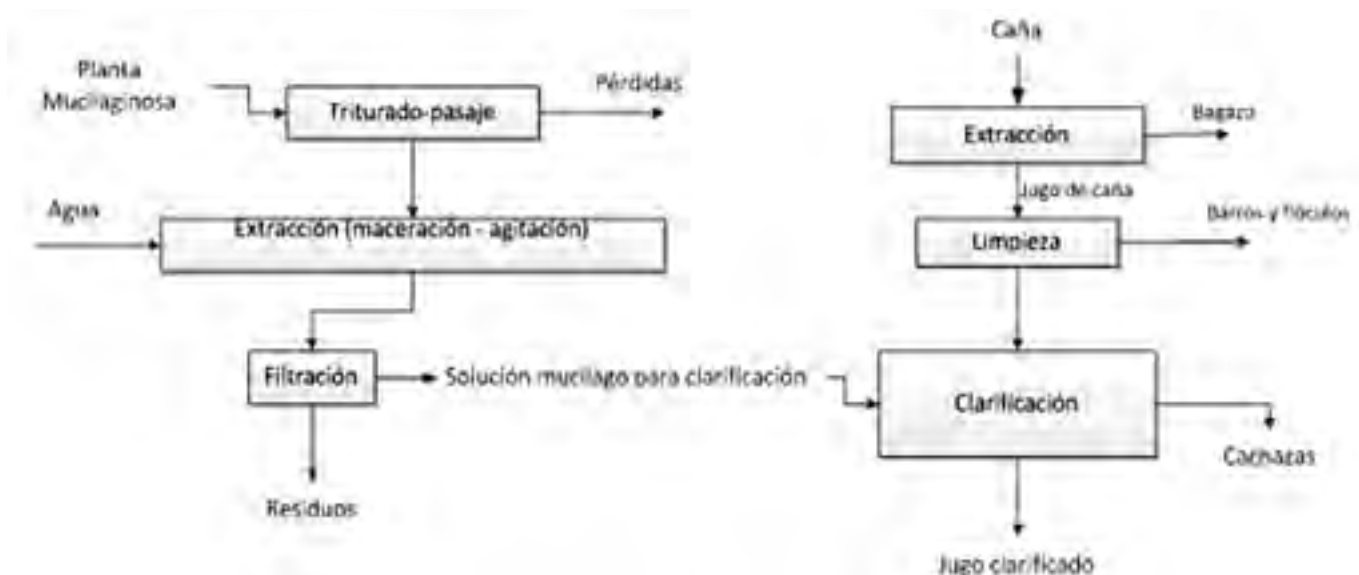


Figura 1. Obtención de mucílago y clarificación del jugo para un proceso panelero.

mucilago se ajustó en el diagrama básico de elaboración de panela (4; 15), tal como se muestra en la figura 1.

Para incorporar la solución mucilaginoso al jugo se valoraron variables como la concentración de extracto de mucílago en agua, la cantidad de solución mucilaginoso añadida por litro de jugo y la temperatura de incorporación de esta al jugo. Durante el proceso se separan gomas, ceras, pigmentos, entre los más importantes presentes en el jugo, conocidos como cachaza (28). La cachaza negra se separa a temperaturas de 91 a 93 °C y la cachaza blanca a temperaturas

superiores a la de ebullición del jugo (>93°C). El control de temperatura se realiza con termómetro digital Fisher Scientific con cable y sonda de acero inoxidable de escala -50 a 30 °C. Para evaluar la turbidez del jugo se utiliza turbidímetro HANNA, escala 0,00-1,000 NTU (Unidades Nefelométricas de Turbidez). Se utilizó un diseño factorial 2³, con dos repeticiones, donde la variable es respuesta turbidez (T) y factores en estudio (X). Los resultados se analizaron estadísticamente con el software Statgraphics Plus 4, según factores, niveles y variable respuesta que se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Variables y niveles de estudio en la clarificación

Factores (X)	Niveles		Unidades	Variable respuesta turbidez (T)
	Bajo	Alto		
Concentración planta (X ₁ =A)	75	100	g/L	NTU
Temperatura (X ₂ = B)	50	90	°C	
Solución mucílago jugo (X ₃ =C)	2	8	%	

Tabla 2. Turbidez registrada según el tipo de mucilago en el proceso de clarificación

Repetición	X1	X2	X3	Turbidez NTU			
	g/L	°C	%	Yausabara (T _{Yb})	Yausa (T _Y)	Cadillo (T _C)	Falso Joaquín(T _{Fl})
1	-1	1	-1	74	75	110	135
1	1	1	-1	60	84	78	99
1	-1	1	1	46,3	79,5	86	95
1	1	-1	1	99	118	143	158
1	-1	-1	1	136	138	186	170
1	-1	-1	-1	160	188	232	204
1	1	1	1	40,13	53	74	70
1	1	-1	-1	139	168	180	199
2	-1	1	-1	71	78	114	134
2	1	1	-1	61	86	81	98
2	-1	1	1	49,21	81	87	97
2	1	-1	1	100	119	141	160
2	-1	-1	1	139	142	190	169
2	-1	-1	-1	156	186	238	202
2	1	1	1	39,47	53,5	76	72
2	1	-1	-1	140	169	186	204
3	-1	1	-1	72	78	115	139
3	1	1	-1	58	86	81	97
3	-1	1	1	48	80	87	96
3	1	-1	1	98	122	145	161
3	-1	-1	1	140	140	188	172
3	-1	-1	-1	155	189	234	206
3	1	1	1	41,3	55,5	76	74
3	1	-1	-1	142	171	183	201

Tabla 3. Modelos ajustados según el mucilago de la planta para la clarificación

Modelos	R ² (%)
$T_{Yb} = 94,3504 - 9,52542X_1 - 39,3163X_2 - 12,9829X_3 + 4,47458X_1X_2 - 2,19208X_1X_3 + 2,01708X_2X_3$	98,9803
$T_Y = 114,25 - 6,95833X_1 - 40,125X_2 - 15,7917X_3 + 2,5X_1X_2 - 6,666X_1X_3 + 8,75X_2X_3$	98,7156
$c = 137,958 - 17,625X_1 - 49,2083X_2 - 4,7083X_3 + 6,54167X_1X_2 + 3,54167X_1X_3 + 6,95833X_2X_3$	99,7806
$T_{Fj} = 142,167 - 9,41667X_1 - 41,6667X_2 - 17,6667X_3 + 6,08333X_1X_2 + 0,75X_1X_3 + 1,16667X_2X_3$	99,4296

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La turbidez determinada en cada experimento según el tratamiento muestra valores menores de 100 en las cuatro especies vegetales. Sin embargo, mucilagos de yausabara y yausa incorporados al jugo de caña, dieron mejores resultados (menor turbidez) en el jugo clarificado con características de claro y brillante, condiciones en un proceso eficiente de clarificación por una rápida floculación con una buena coagulación de coloides por acción del mucilago. Las características de los mucilagos de estas especies permitieron la coagulación de gomas, grasas, ceras, albúminas y la adherencia de pigmentos, dando una cachaza consistente y firme. En la tabla 2, se muestran los valores de turbidez de la acción de los mucilagos de las cuatro especies vegetales según niveles indicados en la tabla 1.

En la tabla 3, se muestran los modelos de regresión obtenidos así como los resultados del análisis de varianza, para las cuatro especies vegetales utilizadas como mucilago en la clarificación del jugo y valoradas mediante la variable respuesta turbidez. Se aprecia que los mejores resultados se obtienen empleando mucilagos en la clarificación de los jugos de caña, cuando las tres variables estudiadas están en sus niveles superiores. La temperatura de incorporación del mucilago, es el factor que mayor incide en valores bajos de turbidez, en los cuatro modelos

obtenidos para las cuatro plantas estudiadas y estando ésta en su mayor nivel, lo que ratifica que en el proceso de clarificación la incorporación del agente clarificante debe hacerse a elevadas temperaturas y contrario a lo señalado por Blanco y Zumalacárregui (25). El grado de significancia de las otras dos variables es menor respecto a la temperatura en una u otra planta y las interacciones de estas, en dependencia de la naturaleza de las plantas.

En las figuras 2, 3, 4 y 5, se muestran los gráficos de Pareto y Superficie respuesta estimada para la variable turbidez en cada especie mucilaginoso utilizada en la clarificación del jugo de caña. En ellos se visualizan los efectos de las tres variables temperatura, concentración de la planta y porcentaje de incorporación del mucilago al jugo, así como sus interacciones.

En la dependencia de la variable turbidez, se aprecia significación en orden con la temperatura de incorporación del mucilago al jugo, porcentaje de solución de mucilago incorporado y la concentración de la planta, en las especies Yausabara y Falso Joaquín y no es significativo en sus interacciones Concentración-Solución mucilago y Temperatura-Solución mucilago (figuras 2 y 5). Mientras que en la yausa (figura 3), todas las variables son significativas, no así en la interacción Concentración-Temperatura de incorporación. Para el caso del cadillo (figura 4), todas las variables y sus interacciones son significativos.

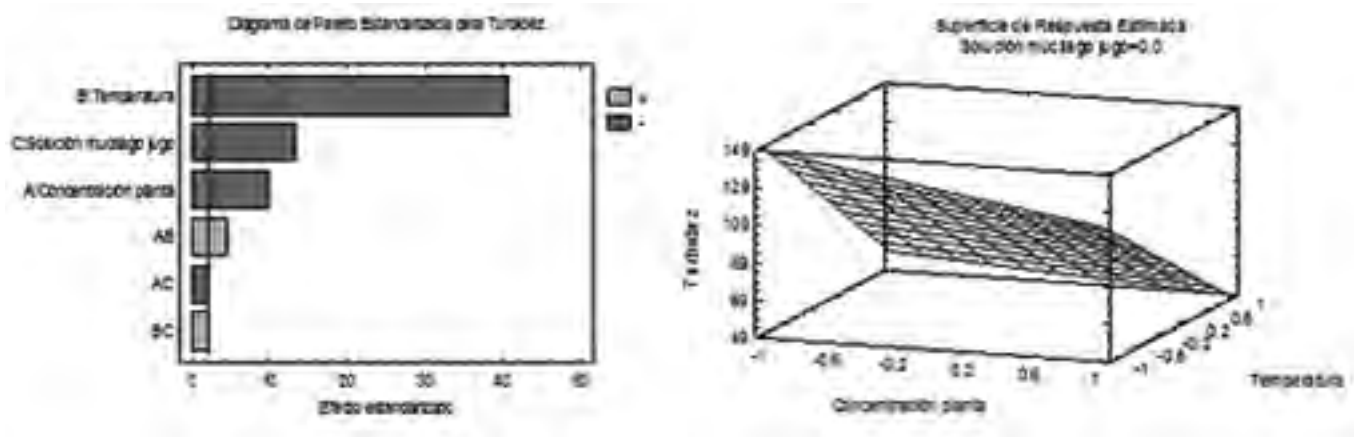


Figura 2. Comportamiento de la especie vegetal Yausabara en la variable Turbidez.

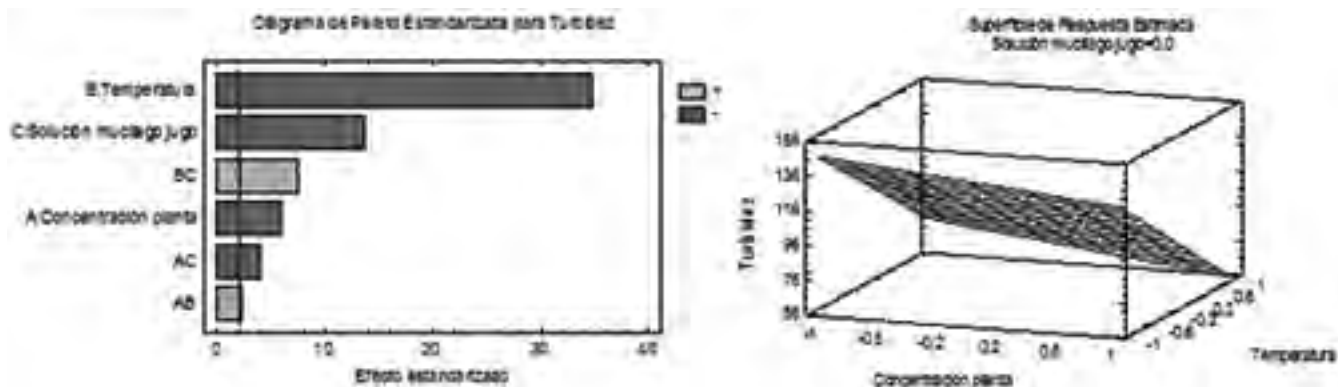


Figura 3. Comportamiento de la especie vegetal Yausa en la variable Turbidez.

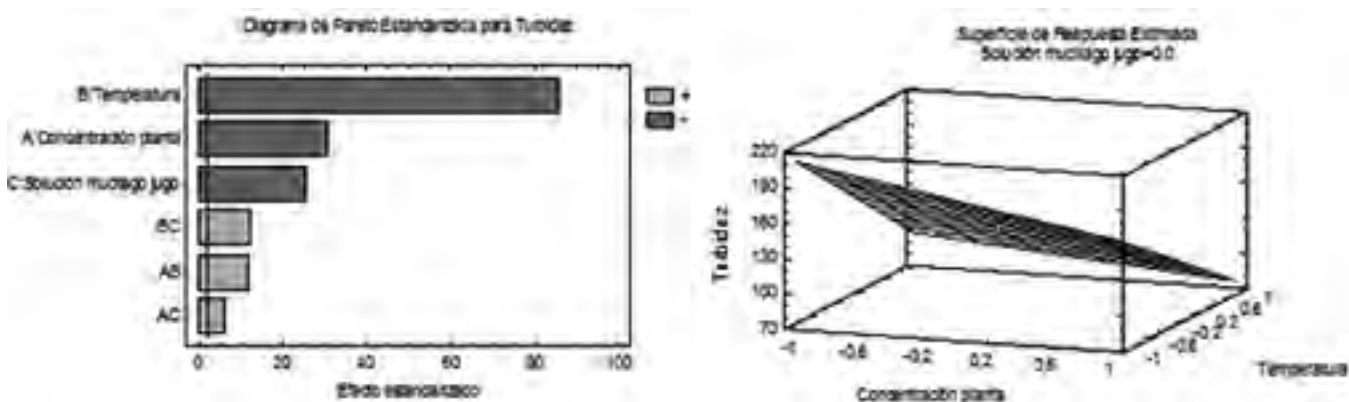


Figura 4. Comportamiento de la especie vegetal Cadillo en la variable Turbidez.

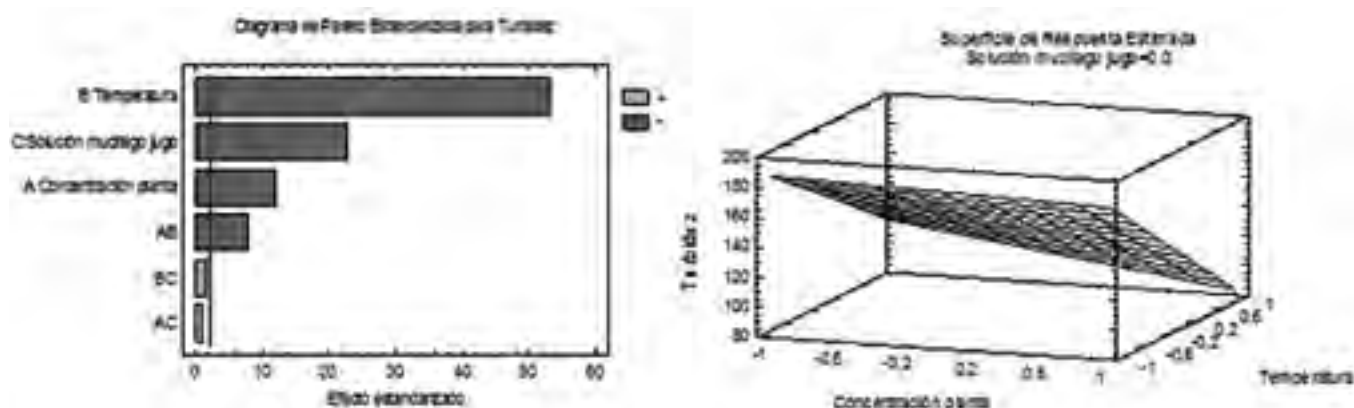


Figura 5. Comportamiento de la especie vegetal Falso Joaquín en la variable Turbidez.

Los resultados obtenidos estadísticamente se corresponden con lo obtenido físicamente, si se analiza la eficiencia del mucilago según la especie vegetal y la temperatura de incorporación en el jugo, para jugos claros y brillantes, que se alcanzaron únicamente con las plantas de yausabara (39 a 41,3 NTU) y yausa (53 a 55,5 NTU), valores de turbidez menores y similares a los obtenidos en un ingenio azucarero del país (46,15 NTU), donde utilizan procesos de alcalinización, sulfitación y fos-

fatación y bajo un sistema de clarificación continúa. Cabe destacar que un exceso de mucilago es perjudicial al jugo, dando una consistencia blanda y babosa en la panela (29).

Los modelos se corresponden a los mejores resultados de turbidez en el jugo clarificado, ya que se puede separar la mayor parte de no azúcares coagulados y atrapados en la sustancia mucilaginosa en forma de cachaza, que flocula y flotan por su baja densidad. La floculación tiene una gran

importancia dentro del proceso de clarificación de agua, ya que condiciona la efectividad de los procesos que le siguen en un tratamiento (30). En procesos azucareros la clarificación de jugos de caña, ha motivado a realizar estudios de separación de no azúcares mediante aglutinación y flotación, con el fin de obtener modelos matemáticos para representar el fenómeno de clarificación natural, para alcanzar productos de calidad y orgánicos.

CONCLUSIONES

En las cuatro plantas estudiadas, la variable con mayor significación de las tres analizadas, es la temperatura siendo negativo su efecto en la turbidez, es decir, a menor temperatura de incorporación del mucílago al jugo habrá mayor turbidez.

El porcentaje de la solución del mucílago incorporado al jugo y la concentración en el extracto mucilaginoso también ayuda a disminuir la turbidez, por lo que el uso del mucílago es una importante contribución a la clarificación de los jugos utilizando productos nacionales.

El efecto de las interacciones varía según el mucílago de la especie vegetal, por lo que debe determinarse con ayuda de los modelos con mayor precisión las dosis a la hora de aplicar cada uno de los productos.

Los resultados de turbidez menores en jugos clarificados, se logran en los valores máximos de las variables con el mucílago de yausabara, seguido de la yausa, cadillo y falso Joaquín, que valorado en el aspecto físico, especialmente en las especies vegetales yausabara (*Pavonia sepium* A. St-Hil) y yausa (*Abutilon insigne* Planch), en las cuales se obtienen jugos clarificados claros y brillantes, aspectos importantes para la calidad del producto final, consecuentemente el uso e impacto de los mucílagos naturales en la Agroindustria Rural Panelera (AIRP) favorecerán el desarrollo y calidad de edulcorantes naturales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Rodríguez, G.; García, H.; Roa, Z.; Santacoloma, P. Panela production as a strategy for diversifying incomes in rural area of Latin America. [En línea]. AGSF. Working Document 6. FAO. Roma, 2007. 9p. <http://www.fao.org/docrep/016/ap307e/ap307e.pdf> ?. [Consulta: 24 Abril 2013].
- FLACSO. Boletín de Análisis Sectorial y de MIPYMES Sector Agroindustrial. Centro de Investigaciones Económicas y de la Micro, Pequeña y Mediana Empresa. Programa de Economía. FLACSO Sede Ecuador, 2010. 6p
- Guerra, M; Mujica, M. Physical and chemical properties of granulated cane sugar "panelas". [En línea]. Ciencia e Tecnología de Alimentos. Venezuela, 1p. 30 (1), 2010. http://www.scielo.br/pdf/cta/v30n1/aop_3523.pdf?. [Consulta: 24 Diciembre 2013]
- Mujica M.; Guerra M.; Soto N. Efecto de la variedad, lavado de la caña y temperatura de punteo sobre la calidad de la panela granulada. [En línea]. Interciencia. 33(8). Universidad Simón Bolívar y del FONACIT. Venezuela. 598-599p. 2008. <http://www.panelamonitor.org/media/docrepo/document/files/efecto-de-la-variedad-lavado-de-la-cana-y-temperatura-de-punteo-sobre-la-calidad-de-la-panela-granulada.pdf>?. [Consulta: 4 Noviembre 2013].
- MAG. La Agroindustria en el Ecuador. Un Diagnóstico Integral. [En línea]. Ministerio de Agricultura y Ganadería, MAG. Con el apoyo del IICA. Quito, Ecuador. 5p 2006. <http://www.iica.int/Esp/organizacion/LTGC/agroindustria/Documentos%20Agroindustria%20Rural/La%20agroindustria%20en%20el%20Ecuador.%20Un%20diagn%C3%B3stico%20integral.pdf>?. [Consulta: 9 octubre 2013].
- MIC. Plan Nacional de Desarrollo Agroindustrial. Ministerio de Industrias y Competitividad, MIC. Quito Ecuador, 2009. 6p.
- Churet, Oliver A. Negocios para el desarrollo. Soluciones empresariales para apoyar el logro de los objetivos de desarrollo del milenio. World Bussiness Council for sustentable developmet. Suiza, 2006. 18p.
- Hannsjörg, Freund; Kai, Sundmacher. Chemical Engineering and Processing: Process Intensification Towards a methodology for the systematic analysis and design of efficient chemical processes. Part 1. From unit operations to elementary process functions. EL SEVIER, Germany, 2008. 2054p.
- Álvarez, A. La panela en Estados Unidos. [En línea]. Corporación Colombia Internacional CCI. Perfil del producto. Bogotá. (26). 2004. 1p. http://www.agronet.gov.co/www/docs_agronet/2005113152450_perfil_producto_Panela.pdf?. [Consulta: 12 noviembre 2013].
- Gutiérrez, Ana; Mesén, Francisco; Villalobos, Róger. Propagación del burío. Un recurso no maderable del bosque tropical, útil para el procesamiento de dulce y azúcar orgánicos. Recursos Naturales y Ambiente. [En línea]. CATIE, Costa Rica, 2004. 81p. <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A2182E/A2182E.PDF>?. [Consulta: 22 Diciembre 2013].
- Mendívez, Claudia; Minchón, Carlos. Viscosidad cinemática y turbidez optimizadas en jugo mixto de "poro poro" y "caña de azúcar". [En línea]. Universidad Cesar Vallejo. Perú. Artículo

- científico. UCV - Scientia. Perú, 2010, 48,56p. ? http://revistas.concytec.gob.pe/scielo.php?pid=S2077-172X2010000100006&script=sci_art-text?. [Consulta: 29 diciembre 2013].
- 12 QuimiNet. Control de color en la industria alimenticia. Sectores relacionados con la industria alimenticia. [En línea]. 2013. ?<http://www.quiminet.com/articulos/control-de-color-en-la-industria-alimenticia-3458437.htm?>. [Consulta: 225 diciembre 2013].
- 13 CORPOICA-SENA. Manual de Caña de Azúcar para la Producción de Panela. Colombia, 1998. 56p.
- 14 Yao, B.; Assidjo, E.; Gueu, S.; Ado, G. Study of the hibiscus esculentus mucilage coagulation-flocculation activity. JASEM ISSN 1119-8362 Francia, 2005. 9 (1) 173-176. ? <http://www.bioline.org.br/pdf?ja05033?>. [Consulta: 19 diciembre 2013].
- 15 Quezada, W. Guía Técnica de Agroindustria Panelera. Guía de estudio. Universidad Técnica del Norte. Creadores Gráficos. Ibarra. Ecuador, 2007. 48, 66p
- 16 López, J. & Osorio, J. Especies vegetales utilizadas como aglutinantes o floculantes en la agroindustria panelera. CORPOICA. Colombia, 2004. 1p. ? <http://www.panelamonitor.org/media/docrepo/document/files/especies-vegetales-utilizadas-como-aglutinantes-o-floculantes-en-la-agroindustria-panelera.pdf?>. [Consulta: 9 Octubre 2013].
- 17 Duran, E. Mucílagos vegetales como agentes clarificantes en la producción de panela. Colombia, 2012. 1p.
- 18 Abraján, M. Efecto del método de extracción en las características químicas y físicas del mucílago del nopal (*Opuntia ficus-indica*) y estudio de su aplicación como recubrimiento comestible. [En línea]. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. España, 2008. 18p. ?<http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/3794/tesisUPV2920.pdf?sequence=1?>. [Consulta: 19 diciembre 2013].
- 19 Rishabha, Malviya; Pranati, Srivastava; G.T. Kulkarni. Applications of Mucilages in Drug Delivery - A Review. [En línea]. 5(1). 1-7. Advances in Biological Research. India, 2011. 1p. ? [http://www.idosi.org/abr/5\(1\)/1.pdf?](http://www.idosi.org/abr/5(1)/1.pdf?). [Consulta: 19 diciembre 2013].
- 20 Osorio, G. Manual técnico buenas prácticas agrícolas BPA- y buenas prácticas de manufactura -BPM en la producción de caña y panela. CORPOICA, MANA, FAO. Colombia, 2007. 116p.
- 21 Ospina, I. Distribuidora de Químicos Industriales DQI. Hidrosulfito de sodio. [En línea]. 2008. [http69.167.133.98~dqisacopdf HIDROSULFITO%20DE%20SODIO%2088.pdf](http69.167.133.98~dqisacopdf%20HIDROSULFITO%20DE%20SODIO%2088.pdf). [Consulta: 19 diciembre 2013].
- 22 IPCS. Fichas Internacionales de Seguridad Química. [En línea]. 2008. <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTécnicas/FISQ/Ficheros/1701a1719/icsc1717.pdf>. [Consulta: 23 abril 2013].
- 23 Prada, L. Mejoramiento en la calidad de la miel y panela. PRONATA -CORPOICA- CIMPA. Colombia, 2002. 6, 21, 22p.
- 24 Azain, A. Proyecto de desarrollo tecnológico: guía para la elaboración de panela. Capacitación en obtención de nuevos productos derivados de la caña y el manejo adecuado de la agroindustria panelera, municipio de Mocoa. Colombia, 2002. 2, 12 p.
- 25 Blanco, T.; Zumalacárregui, L. Comportamiento de la viscosidad de la disolución mucilagínosa de cadillo *Triumfetta* empleada en la clarificación de jugos de caña. Centro Azúcar (3), Cuba, pp. 11- 18, 2006.
- 26 Hugot, E. Manual para ingenieros azucareros. Editorial Continental. Séptima impresión. México, 1984, 268p.
- 27 FUNACH-ASCAPAM. Guía para la elaboración de panela. Proyecto de desarrollo tecnológico. MOCOA. Colombia, 2002. 2p.
- 28 Castellanos, O.; Torres, L.; Hernando D. Agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena productiva de la panela y su agroindustria en Colombia. Bogotá, 2010. 165p.
- 29 Fernández, N. Estudio para la implementación de una planta de producción de panela. [En línea]. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, 2003, 42p. ?<http://www.panelamonitor.org/media/docrepo/document/files/estudio-para-la-implementacion-de-una-planta-de-produccion-de-panela.pdf?>. [Consulta: 23 abril 2013].
- 30 Ríos, D.; López, J.; Gómez, C.; Plottier, D.; Broggi, G y Lanfranconi, A. Aplicación de las ecuaciones alternativas utilizadas para representar el proceso de floculación como herramienta de apoyo en la operación de plantas potabilizadoras. [En línea]. XXVIII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Cancún, México, 27 al 31 de octubre, 2002. Uruguay. 1p. ?<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/mexico26/i-042.pdf?>. [Consulta: 23 abril 2013].

Uso del biofertilizante *Azospirillum* como fuente alternativa para la fertilización nitrogenada de la caña de azúcar

Everaldo Becerra-De Armas¹, Iliá Lugo-Ruiz¹, Rafael Más-Martínez¹,
Emma Pineda-Ruiz¹, Yudith Viñas-Quintero²

1. Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar Villa Clara-Cienfuegos (ETICA), AZCUBA, Autopista Nacional, km 246, Ranchuelo, Villa Clara.
2. Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA), AZCUBA, Carretera CUJAE, Km 21/2. Boyeros, La Habana, Cuba

pima@epica.vc.azcuba.cu

RESUMEN

El presente trabajo se desarrolló sobre un suelo Pardo Sialítico Típico con el objetivo de validar la efectividad del biofertilizante Azospirillum, Cepa 8 INICA, con una concentración 109 UFC/mL en áreas cañeras de producción. Se utilizaron dos métodos de aplicación: asperjado con arroyo y enterrado. Se empleó la variedad C86-12, cepa R1. Los parámetros altura, diámetro, conteo de tallos y hojas activas fueron evaluados a los 3 meses de edad. Los datos de rendimiento se obtuvieron a partir del pesaje real de la caña en el momento de la cosecha. En las evaluaciones realizadas se pudo observar que existe una mayor altura, diámetro y número de hojas activas en los tratamientos donde se utilizó el método asperjado. Para la variable conteo de tallos los mejores resultados se alcanzaron al enterrar el biofertilizante. En el caso del rendimiento agrícola, los valores siempre fueron mayores en los tratamientos donde se aplicó Azospirillum respecto al testigo (NPK SERFE), con resultados satisfactorios cuando se utilizó el método enterrado, y una dosis 75 l/ha de Azospirillum + el 40% de Nitrógeno, según dosis del SERFE.

Palabras clave: biofertilizante, Azospirillum, caña de azúcar.

ABSTRACT

This work was developed in a Typical Sialítico Brown soil. The main objective is to validate the Azospirillum biofertilizer effectiveness, INICA stool 8, with a 109 CFU / mL concentration in sugarcane production areas. Two different methods of application were applied: sprinkled with mulch and buried. The C86-12 variety, stool R1 were used. The parameters of height, diameter, counting active stems and leaves were evaluated at age of 3 months. Yield data was obtained from the real sugarcane weighing at the time of its harvest. In the evaluations, that were made, it could be observed the existent of greater height, diameter and number of active leaves, where sprinkled method was used. For the count stems variable count was achieved the best results burying the biofertilizer. In the case of agricultural yield, the values were always higher in the treatments, where Azospirillum was applied respected to the control (NPK SERFE), with satisfactory results when buried method was applied, and a dose of 75l/ha of Azospirillum+40% nitrogen, as SERFE dose.

Keywords: biofertilizer, Azospirillum, sugarcane.

INTRODUCCIÓN

Actualmente las producciones de caña en nuestro país no superan las 40 t.ha⁻¹, de ahí la necesidad de incrementar los rendimientos agrícolas, con el objetivo de contribuir a la producción de alimentos y garantizar ingresos en divisas (1).

La agricultura cañera ha estado afectada desde el punto de vista productivo y económico, además que posee un sistema de producción debilitado por los cambios climáticos, la mala utilización de tecnologías agrícolas y los altos consumos de productos químicos. Las áreas cañeras se sembraron por mucho tiempo sin un sistema adecuado de rotación de cultivos, lo cual provocó la compactación y pérdida de nutrientes en los suelos (2).

Para fomentar la sostenibilidad de la producción cañera, es necesario buscar las experiencias científicas acumuladas por los investigadores sobre tecnologías sanas y adaptarlas a las nuevas condiciones que presentan los campos cañeros. Se sugiere que, con vistas a mejorar y recuperar las propiedades de los suelos cañeros sometidos al monocultivo por mucho tiempo, se debe materializar el uso de abonos orgánicos y biofertilizantes, con vistas a aumentar los rendimientos agrícolas y disminuir la utilización de grandes cantidades de fertilizantes inorgánicos (2).

La biofertilización tiene como objetivo formar asociaciones de microorganismos-plantas, capaces de incrementar la fijación biológica de nitrógeno atmosférico (3) así como incrementar la disponibilidad de nutrientes y hacer eficiente la absorción de los mismos (4).

Entre los años 1990 a 1996, el INICA logró el aislamiento de una cepa autóctona de *Azospirillum* (Cepa 8 INICA) que mostró una alta actividad de fijación, lo que indujo a este instituto a llevar a cabo un proyecto para el desarrollo y aplicación de un biofertilizante base *Azospirillum*, al que se denominó BIOGRAM, para el aporte de nitrógeno, lo que comprendió: estudios a nivel de laboratorio, estudios en parcelas experimentales y extensiones. En el año 1994 se tenía un total de 40.000 L de *Azospirillum* probados en 522 ha de caña de azúcar, con buenos resultados. En estos ensayos se observó que la respuesta de los suelos Ferralitizados Cálcicos fue menos consistente que las correspondientes a los Vertisuelos y Sialitizados cálcicos.

En el año 2008 se crea el "Grupo de Biofertilizantes", integrado por investigadores y especialistas multidisciplinarios, pertenecientes al INICA, al ICIDCA, a Cuba-9 y al MINAZ, cuya misión fue el desarrollo de tecnologías de obtención y aplicación de biofertilizantes para caña de azúcar y otros cultivos, con el objetivo fundamental

de sustituir parte de los portadores consuetudinarios de nitrógeno utilizados para la fertilización de la caña de azúcar y posteriormente a otros cultivos. A su vez, comprendía la conveniencia de estudiar el efecto de microorganismos solubilizadores de fósforo y potasio.

Como primera premisa de los estudios a desarrollar (teniendo en cuenta las prioridades del MINAZ, ahora Grupo Empresarial AZCUBA) se decidió iniciar los trabajos con un microorganismo fijador de nitrógeno para caña de azúcar, para lo cual se seleccionó el *Azospirillum*, por contar con una tecnología en fase líquida, NITROFIX, desarrollada por el ICIDCA, y los resultados de ensayos realizados por el INICA en los años 90.

Así, al cabo de 20 años el INICA renovó los estudios de fertilizantes y en el marco de acciones del recién creado grupo de trabajo elaboró un subproyecto de investigación al que denominó "Evaluación y desarrollo de tecnologías de aplicación de *Azospirillum* en caña de azúcar", con el fin de evaluar la efectividad de biofertilizantes base *Azospirillum* en diferentes condiciones edafoclimáticas en las que se cultiva la caña de azúcar, desarrollar tecnologías para su aplicación y establecer una metodología para su implementación.

El presente trabajo tiene como objetivo validar la efectividad del biofertilizante *Azospirillum*, Cepa 8 INICA, con una concentración de 109 UFC/mL en áreas cañeras de producción utilizando dos métodos de aplicación, enterado y asperjado.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en la UPC "Carlos Manuel de Céspedes" perteneciente a la UEB Ifraín Alfonso sobre un suelo Pardo, tipo Pardo Sialítico Típico (Hernández y col, 1999), variedad C86-12, cepa R1 (figura 1).



Figura 1. Mapa de ubicación del experimento donde se aplicó el *Azospirillum*

Tabla 1. Módulo de tratamientos evaluados

Tratamiento	Método de aplicación	Dosis
I	Asperjado con arrope al narigón	Testigo (NPK)
II		75 L/ha de <i>Azospirillum</i> + NPK
III		75 L/ha de <i>Azospirillum</i> + 40 % de N+PK
IV		75 L/ha de <i>Azospirillum</i> + PK
V		100 L/ha de <i>Azospirillum</i> + NPK
VI		100 L/ha de <i>Azospirillum</i> + 40 % de N+PK
VII		100 L/ha de <i>Azospirillum</i> + PK
VIII		150 L/ha de <i>Azospirillum</i> + NPK
IX		150 L/ha de <i>Azospirillum</i> + 40 % de N+PK
X		150 L/ha de <i>Azospirillum</i> + PK
XI		75 L/ha de <i>Azospirillum</i> + NPK
XII	Enterrado	75 L/ha de <i>Azospirillum</i> + 40 % de N+PK
XIII		75 L/ha de <i>Azospirillum</i> + PK
XIV		100 L/ha de <i>Azospirillum</i> + NPK
XV		100 L/ha de <i>Azospirillum</i> + 40 % de N+PK
XVI		100 L/ha de <i>Azospirillum</i> + PK
XVII		150 L/ha de <i>Azospirillum</i> + NPK
XVIII		150 L/ha de <i>Azospirillum</i> + 40 % de N+PK
XIX		150 L/ha de <i>Azospirillum</i> + PK



Figura 2. Métodos de aplicación del biofertilizante *Azospirillum*.

A: Asperjado, B: Enterrado

Se evaluaron tres dosis de *Azospirillum*, su combinación con diferentes dosis de fertilizante nitrogenado y dos métodos de aplicación, asperjado y enterrado (tabla 1 y figura 2).

El diseño empleado fue en franjas y se tomaron cuatro estaciones de muestreo de 20 m como réplicas, para el caso de la altura, diámetro y número de hojas activas se evaluaron 20 plantas por réplica.

Para la realización del análisis económico se tuvieron en cuenta los precios actuales del fertilizante mineral nitrogenado Urea y los costos de producción y aplicación del *Azospirillum*.

Para el análisis estadístico se utilizó el programa Statgraphics plus 5.1, mediante el cual se realizó el análisis de varianza para determinar la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos. Para la comparación de las medias se manejó el método de HSD de Tukey para un intervalo de confianza de un 95 %.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De las variables evaluadas, en el caso de la altura, de forma general se observó que el método asperjado (II - X) mostró los mejores resultados, siendo las dosis 100-150 l/ha las más efectivas en sus diferentes combinaciones (figura 3).

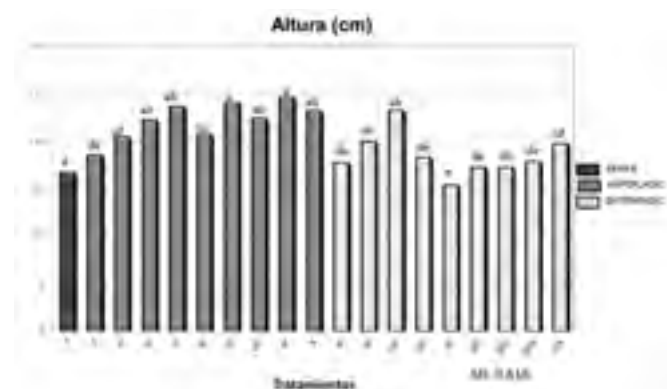


Figura 3. Resultados de la evaluación de la altura (cm) en los diferentes tratamientos utilizados.

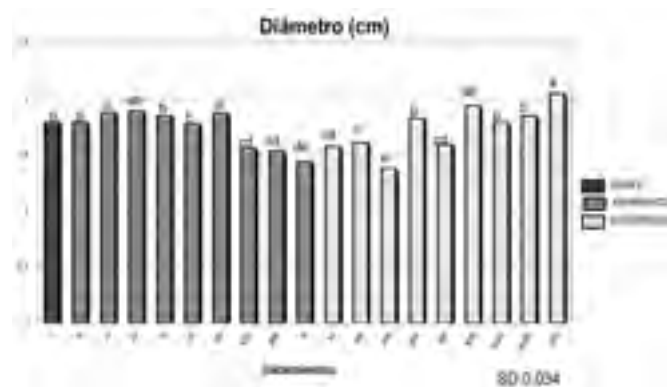


Figura 4. Resultados de la evaluación del diámetro (cm) en los diferentes tratamientos estudiados.

En el caso del diámetro la dosis 150 l/ha muestra los mejores resultados, con diferencias significativas respecto al testigo sin fertilizante nitrogenado y utilizando el método enterrado (tratamiento

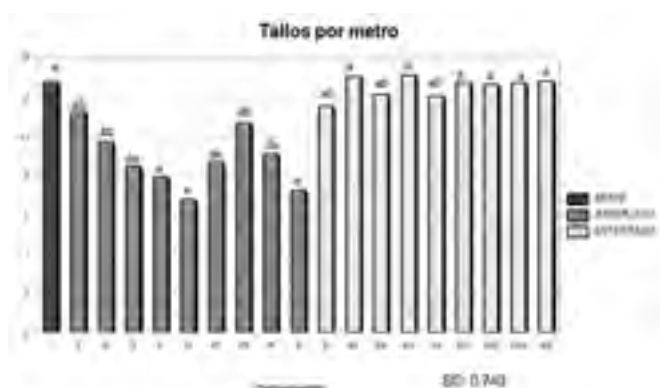


Figura 5. Resultados de la evaluación de población (tallos por metro lineal) en los diferentes tratamientos utilizados.

XIX). Comportamientos similares mostraron los tratamientos 75 y 100 l/ha asperjado (II al VII) y los tratamientos 150 y 100 l/ha (XIV, XVI - XVIII) por el método enterrado, como se aprecia en la figura 4.

Para el parámetro de población (# tallos x metro lineal) los mejores tratamientos corresponden a las dosis 100-150 l/ha, con la utilización del método enterrado (XIV al XIX), los que no muestran diferencias significativas con relación al testigo. Un desarrollo similar se presenta al emplear las dosis 75 y 150 l/ha combinado con el fertilizante nitrogenado por el método asperjado (II y VIII) (figura 5).

Con respecto a variable rendimiento agrícola, se observan incrementos con relación al testigo en todos los tratamientos donde se aplicó el biofertilizante, resultados que coinciden con los planteados por Pineda y col, 2004. Los mejores tratamientos superaron las 80 t/ha y corresponden a aquellos donde se utilizó el método de aplicación enterrado (figura 6). En este mismo gráfico, se puede observar que el tratamiento XII (75 L/ha de *Azospirillum* + 40 % del N, según recomendación del SERFE), obtuvo el mayor valor de rendimiento (101,08 t/ha).

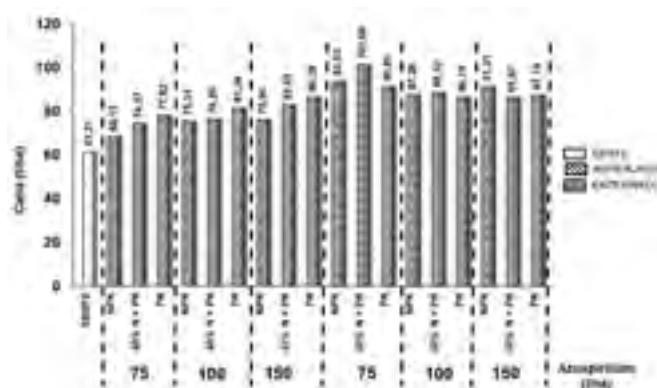


Figura 6. Evaluación del Rendimiento Agrícola para los diferentes tratamientos utilizados.

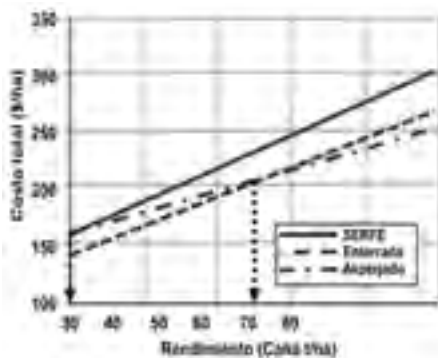


Figura 7. Evaluación económica de la aplicación del biofertilizante *Azospirillum*.

La figura 7 muestra el resultado de la evaluación económica de la aplicación del biofertilizante *Azospirillum* en relación con el fertilizante nitrogenado Urea, donde se aprecia que con los precios actuales de este fertilizante mineral (590 USD/t) y con rendimientos superiores a las 30 t/ha de caña, resulta más rentable económicamente aplicar el biofertilizante.

CONCLUSIONES

- La aplicación del biofertilizante *Azospirillum* constituye una alternativa viable para la fertilización nitrogenada del cultivo de la caña de azúcar.
- Los mejores resultados productivos se obtienen aplicando el biofertilizante *Azospirillum* por el método enterrado y con dosis 75 L/ha + 40 % de N, según recomendación del SERFE.

RECOMENDACIONES

Trabajar en lograr una mayor concentración del biofertilizante *Azospirillum* para poder disminuir las dosis a aplicar y que sea más factible desde el punto de vista práctico y económico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Álvarez, A. Caña de azúcar. Rendimiento y producción. [CD-ROM] En: Primer Seminario Nacional de Cátedras Azucareras de las Universidades Cubanas 10-11 junio 2004: La Habana: Universidad de La Habana, 2004.
2. INCA. Congreso Científico Programa y resúmenes [CD-ROM].14: 2006 9-12 noviembre: San José de las Lajas. La Habana: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 2006.
3. Da Silva, P. M.; Tsai, S. M. y Bonetti, R. Respuesta a la inoculación y a la fertilización nitrogenada para incrementar la producción y la fijación biológica de nitrógeno en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). En: Peña Cabriales, J. J. y Zapata, F. (Eds.). Aumento de la fijación biológica del nitrógeno en el frijol común en América latina. Arreglos regionales Cooperativos para la Promoción de la Ciencia y la Tecnología Nuclear en América Latina y el Caribe; 1999. p. 137-144.
4. Uribe, V. G. Los Biofertilizantes en la Producción de Maíz en Yucatán. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Sureste. Campo Experimental Uxmal. Folleto Técnico; 2004. p. 27.



Congreso Internacional
sobre Azúcar y Derivados
DIVERSIFICACIÓN 2015

del 5 al 9 de octubre. Hotel Nacional de Cuba. La Habana

Gestión ambiental, las interfaces y la integración ciencia, tecnología e innovación en la agroindustria de Aguada de Pasajeros

Nelson Arsenio Castro-Perdomo

Universidad "Carlos Rafael Rodríguez", Cienfuegos, Cuba
ncastro@ucf.edu.cu

RESUMEN

El trabajo tiene como objetivo, analizar el papel de las interfaces en la integración ciencia, tecnología e innovación, en la agroindustria azucarera del municipio de Aguada de Pasajeros, sustentado en la dinámica de cambio que presenta dicha industria en este municipio, producto del reordenamiento llevado a cabo en las últimas décadas. Se utilizó como método de investigación, el Análisis Documental, el Histórico- Lógico y la entrevista estructurada, permitiendo valorar diferentes momentos del proceso de transformación y además, el papel jugado por las entidades de interfaz en este proceso, desde las dimensiones antes referidas. Como principales resultados se presentan: el análisis sobre las diversas soluciones dadas desde la ciencia, a una diversificación económica, para lograr una mejor salud ambiental integral; la valoración del papel que ha ocupado y ocupa, la actividad científica en la proyección de desarrollo de la localidad; la infraestructura disponible en el municipio para continuar un avance hacia un desarrollo sostenible; y se demostró la potencialidad de la agroindustria azucarera para apartir de la ciencia, con el respaldo tecnológico y la búsqueda de un emprendedurismo apoyado en los procesos de innovación, incluidos los entornos innovativos locales, asegurar un desarrollo sostenible y por definición, amigable con el entorno, a la vez que garantice la actualmente difundida Gobernanza o Gobernabilidad ambiental.

Palabras clave: ciencia, industria azucarera, innovación, integración, interfaces, gestión ambiental.

ABSTRACT

The paper aims to analyze the role of interfaces in integrating science, technology and innovation in the sugar industry in Aguada de Pasajeros municipality; based on the changing dynamic the industry shows in this municipality, which is a result of a rearrangement developed in recent decades. Documents analysis, the Historical-Logical method and structured interviews were used as research methods; which allowed assessing different moments of the transformation process. Also, the research methods allowed evaluating the role played by the interface entities in this process from the aforementioned dimensions. As main results, the following are presented: the analysis of various solutions for economic diversification (given from science) in order to get a better integrated environmental health; the assessment of the role the scientific activity has played and still plays in the projection of development in the locality; the infrastructure available in the municipality to continue progressing towards sustainable development; as well, the potential for sugar industry was proven, with the technological support, including local environments to ensure sustainable development while guaranteeing the currently widespread Governance and environmental Governance.

Keywords: science, sugar industry, innovation, integration, interfaces, environmental management.

INTRODUCCIÓN

La agroindustria azucarera ha representado para la sociedad cubana un notorio papel, en lo cultural, lo económico y lo social, como también ha generado innumerables afectaciones al medioambiente por la falta de una visión integradora de los procesos, sobre todo, de aquellos susceptibles a la aplicación de los principios de la conocida Ecología Industrial, desde la perspectiva planteada por Baxter y Tyler (1) de entenderla como una red de sistemas industriales que cooperan reutilizando materiales y energía residual de la propia red, desde luego, en aquellos lugares potencialmente posibles, para lo cual a la vez resultan útiles las valoraciones de Bekkers y Freitas (2) sobre las pretensiones de este principio de actuación como modificadora de las interrelaciones de procesos y flujos de evolución paulatinamente hacia ciclos que consideren la escasez de energía y recursos, incorporando posteriormente el reciclaje de materiales, operando en algo parecido a un esquema abierto sólo a la entrada de energía, todo lo cual significaría una mayor eficiencia y una reducción de impactos ambientales.

A esta problemática se suma la limitada capacidad de absorción que presenta el sistema empresarial cubano, asunto este identificado por Casalet y González (3) como algo que también debe resolver el propio sector científico, lo que encuentra mejor respuesta si se dispone de estructuras de interfaz cuyo desempeño en unas se adecuen a tales propósitos y a otras actividades de ciencia de diferentes espectros. Las estructuras de interfaces son reconocidas por Carrillo (4) como difusoras de conocimientos informales y esta es una necesidad que se expresa crecientemente al nivel local en la relación productor- productor para estimular los procesos de innovación. Por otra parte, Castro *et al.* y Charles y Creutzberg (5 y 6) las valoran como generadoras del "ambiente externo o entorno tecnológico".

Por su parte Crescenzi y Rodríguez (7 y 8) las estiman como posibilitadoras de la creación de una red de interacciones que contribuyen a crear un capital social con un comportamiento más emprendedor. De la carencia de estos enfoques es que han derivado las debilidades o deficiencias que ha mostrado la agroindustria azucarera, a pesar de la capacidad manifestada para hacer alianzas estratégicas con diferentes actores.

Las características propias de la agroindustria azucarera, sobre todo en el impacto que genera sobre los recursos naturales, hace imprescindible articular nuevos mecanismos, valorando lo planteado por Howells (9) sobre la necesidad de pensar en el desarrollo de nuevos dispositivos innovadores, que estimulen la consolidación de la produc-

ción y el comercio hacia un uso apropiado de los recursos y servicios ambientales.

Los elementos antes expuestos según Lage (10) resultan decisivos en el vínculo universidad-empresa y este a su vez, deviene en alianza imprescindible para la búsqueda de soluciones que propendan la diversificación de productos y la reducción de desechos. Todas estas consideraciones refuerzan la necesidad de desarrollar mecanismos que aseguren en la práctica estos propósitos y también para un accionar en red desde una proyección emprendedora de estas estructuras dinamizadoras de la integración y la gestión, máxime desde procesos que se reacomodan u organizan, como es el caso de la industria azucarera y con ella, toda la actividad agrícola asociada.

Las tendencias actuales promueven la conformación de redes de acción, encaminadas a dar respuesta a las demandas locales, denominadas como "producción del conocimiento socialmente distribuido" (11), en las que se enfatiza que las decisiones sobre políticas, prioridades y otros aspectos de gestión de la actividad científico-tecnológica, en el ámbito de este nuevo modo de acción, requieren de la creación y multiplicación de contextos de aplicación, o sea, de espacios y oportunidades para la interacción de diversos actores, con miras al análisis e identificación de problemas, intercambio de conocimientos y establecimiento de consensos sobre los rumbos a seguir y son estos precisamente, los retos planteados a los mecanismos que se asuman para ordenar las interfaces e integrar la gestión desde un carácter dinámico y que tienda a la mejora continua.

En este ordenamiento integrado de las estructuras de interfaz, por la intensidad que pueden imprimir al surgimiento de los sistemas locales de innovación, se deben tener en cuenta los planteamientos de Mateo (12) respecto a que la potenciación de estos sistemas dependerá del entorno territorial en que se inscriban y la interdependencia de los agentes que interactúan en el proceso de innovación, así como de la capacidad que logren para buscar consenso entre estas estructuras, para poder actuar en correspondencia con ello e intencional los cambios necesarios para un correcto accionar de estas estructuras.

Ordenar las referidas estructuras de interfaces para el nivel local, representa una buena alternativa para incidir de mejor modo en la proyección y materialización de la innovación hasta este nivel y también para contribuir a producir un conocimiento en sintonía con las necesidades reales de cambio que se identifiquen, facilitando además el integrar la gestión de la ciencia, la tecnología, la innovación y el medio ambiente, como mejor respuesta a esta aspiración. Por otra parte, el conducir a la integra-

ción de actores locales llevará al sector empresarial al auto refuerzo y a la creación en dicho sector de redes interinstitucionales e interpersonales, propiciando los procesos de aprendizaje, en sinergia con los análisis que sustenta Miranda (13) sobre el efecto de los clústeres en la innovación y el crecimiento en las regiones y a la vez al desarrollo endógeno, como señalan Nuñez *et al.* (14).

Estas valoraciones inducen a centrar la atención en cómo hacer viable esa aspiración a dicho nivel, pues no se dispone de mecanismos que integren y sistematicen, al menos de forma explícita, la gestión de los procesos de desarrollo local en el ámbito de la ciencia, la tecnología y la innovación, con un accionar en redes entre los generadores del nuevo conocimiento y la producción de bienes y servicios, incentivando la innovación local sin un pensamiento tecnocrático imperante generalmente en la proyección de la innovación (15). Esta necesaria proyección no la logra el actual Sistema de Ciencia e Innovación Tecnológica cubano.

Los cambios que se vienen operando en el sector productivo y en las estructuras de Gobierno y hasta en el propio Ministerio de Educación Superior a nivel local, meritan se ponga atención a los señalamientos de Rodríguez y Comptour (16) cuando advierten que solo las organizaciones con más capacidad de adaptación a las nuevas realidades tendrán la posibilidad de obtener continuamente éxito y sobrevivir, máxime si se toma en cuenta otra realidad no menos importante, que es, el desarrollo acelerado que han mantenido las tecnologías, apoyadas a su vez en el propio desarrollo de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (17).

Todo ello representa una oportunidad latente para la reorientación de los Centros Universitarios Municipales, toda vez que su función inicial docente viene transformándose paulatinamente, pero que necesitan de mayor pertinencia en su gestión de cambio, en sinergia con lo conceptualizado por Salguero (18) como complejo-universidad conocimiento- ciencia-tecnología-innovación y al mismo tiempo, una oportunidad para el sector empresarial, para trazar las alianzas estratégicas necesarias que la conduzcan por vías sostenibles en sus rutas por lograr un mayor desarrollo productivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se desarrolló una investigación explicativa no experimental, en la que se utilizó como método fundamental el análisis documental, consultándose los registros existentes en las entidades, las bases de datos del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) en el municipio y la provincia,

las bases de datos del Fórum de Ciencia y Técnica Provincial, así como otros documentos que reflejan la gestión de Gobierno en la localidad desde la proyección y uso de la ciencia, para constatar la correlación entre los problemas ambientales derivados de la agroindustria azucarera en el municipio de Aguada de Pasajeros y el desempeño de la gestión de la ciencia, la tecnología y la innovación en dicha industria. También se utilizó la entrevista estructurada, la que se aplicó a especialistas del ramo, a gestores de la actividad científico-tecnológica, investigadores, profesores del sistema MES y directivos locales con la finalidad de constatar las interioridades del accionar de la agroindustria azucarera en el campo de estudio de la investigación. Se consultaron además diferentes tesis de grado tuteladas por especialistas del MES.

Teniendo en cuenta los análisis realizados se pudo valorar el comportamiento de la relación gestión ambiental, ciencia, tecnología e innovación y además el vínculo universidad-empresa en el desarrollo de alianzas estratégicas para el enfrentamiento a las problemáticas del desarrollo.

DESARROLLO

El municipio Aguada de Pasajeros situado en la provincia Cienfuegos, posee una base productiva eminentemente agraria, que abarca 4 poblados, Aguada, Primero de Mayo, Real Campiña y Covadonga, integrados a su vez por siete consejos populares. Su geografía se estructura en cuatro cuencas superficiales como sistema hidrológico y un gran número de humedales, en su mayoría en proceso de estudio para su clasificación y mejor uso.

La actividad básica fundamental de la localidad es la producción azucarera, herencia de la neocolonia, basada esta en el monocultivo, en la actualidad también es productor de arroz, frutos menores, producción de carne y leche. Sus tierras (9354.81 hectáreas) están estructuradas en 7 empresas (de ellas, el 62 % son pequeñas y el 32 medianas) 8 unidades presupuestadas, 33 cooperativas y 1 empresa mixta.

En su esquema productivo sustentado en la producción agrícola, fundamentalmente la cañera-azucarera, se aprecia un nivel de diversificación que supera al resto de los municipios de la provincia, colocándolo desde esta perspectiva en una posición ventajosa, pues dispone de una infraestructura industrial a partir de la propia industria azucarera, como son, la producción de Levadura Torula para alimento animal, de alcoholes finos, de rones y de dióxido de carbono con fines industriales básicamente.

A su vez, cuenta con una satisfactoria estructura de centros de servicio a la población, que aseguran un desempeño social comunitario en sinergia con el resto de la provincia y el país y en el que se incluyen también la extensión local de los centros de educación superior.

La actividad socio-productiva antes referida fue objeto del proceso de reconversión que sufrió la industria azucarera cubana, pero sin que se cerrara ninguna de ellas, solo significó una depresión en sus niveles productivos, por la falta de insumos en general, básicamente, materia prima.

A esta realidad se suma la necesidad de incrementar la producción y de la diversificación e incremento de valor a la producción realizada, apareciendo la contribución de diferentes entidades de ciencia, que apuestan sus resultados al sostenimiento de la actividad productiva de la región, sobre todo por la infraestructura que posee su agroindustria azucarera. Uno de estos resultados fue el desarrollo de la producción porcina, sobre la base del alimento animal disponible.

Todo ello debe verse a la luz de la realidad ambiental de la localidad: una cuenca compleja como la Hanábana, un carzo cavernoso, capaz de acumular bolsones de materia orgánica que luego serán biodegradados y por ende emisores de gases contaminantes, una industria azucarera que no fue dotada desde su inicio con todos los requerimientos del tratamiento de sus aguas residuales, pues eran conducidos por zanjas abiertas que atravesaban la comunidad, una zona limítrofe con el mayor humedal de América Latina "La Ciénaga de Zapatas y desde ello, tómesese en cuenta, la práctica del fertirriego de los residuales de la industria azucarera y de la fábrica de Torulas y una producción de alcohol que enviaba a la atmósfera el CO₂ generado por la fermentación de las mieles, además, esta última industria concebida desde una integración de capital foráneo que obligó a asumir equipamiento no acorde con la realidad climática cubana, como fue el caso de los intercambiadores de calor por citar algún ejemplo.

Las entrevistas realizadas evidencian que esta complejidad fue abordada desde la integración de la ciencia, la tecnología y la innovación, reduciendo el potencial impacto negativo que sobre el medioambiente generaba o generaría la situación antes descrita, al proponerse soluciones tales como:

- La recolección del CO₂ convirtiéndolo en una alternativa productiva, destinado al abasto de procesos industriales fundamentalmente.
- La recolección del agua de los pluviales, reduciendo el gasto de este recurso y los insumos en su tratamiento para la generación de vapor.
- El desarrollo de un proyecto para la integración energética industria azucarera-fábrica de al-

cohol, con demostrada factibilidad técnico económica.

- El desarrollo de tecnologías para la producción de carne de cerdo con bajos insumos de agua y de mejor aprovechamiento en la conversión de carne por toneladas de alimento consumido.
- La implementación de una gestión total eficiente de la energía.
- La aplicación de sistemas modernos de fertirriego que reducen los consumos de fósforo, potasio y nitrógeno y por ende los riesgos contaminantes de una fertilización química, además de los costos económicos.
- El uso de paquetes tecnológicos para: el control de plagas y de malezas, desde prácticas agroecológicas, el laboreo del suelo y el tratamiento a la semilla.
- El desarrollo de amplios programas de capacitación y de formación de profesionales de la agroindustria.
- El monitoreo y supervisión ambiental sistemático.
- La aplicación de sistemas de calidad.
- La recurrencia a la consulta especializada ante amenazas o la necesaria toma de decisiones.
- La sinergia industrial fábrica de alcoholes-fábrica de Torula.
- La transformación de las conductoras de residuales.
- El desarrollo de estudios de contaminación atmosférica en la comunidad aledaña a la industria azucarera.

Las soluciones antes planteadas demuestran la valía de pensar sobre esta localidad desde los principios de una proyección de Ecología Industrial o Sinergia Industrial como también se le refiere, bajo los fundamentos de la Producción Más Limpia como soporte teórico-práctico para la búsqueda de soluciones desde la ciencia, a una diversificación económica y una mejor salud ambiental integral.

Sería interesante valorar a la vez, qué lugar ha ocupado y ocupa, la actividad científica en la proyección de desarrollo de la localidad y de que infraestructura está provisto el municipio en la actualidad, para continuar un avance hacia un desarrollo sostenible, de cuya revisión aflora la constatación de la existencia de un Centro Universitario Municipal (CUM) integrado por la Filial del Ministerio de Educación Superior (MES), el Ministerio de Educación (MINED) y el Ministerio de Salud Pública (MINSAP), que agrupan entre otros: 316 profesores asistentes, 23 auxiliares, un titular, 329 máster y dos doctores en ciencias, además de un área de trabajo que se integra con el Centro Integral de Rehabilitación Neurológica de la Habana y otras áreas locales de interfaz a la activi-

dad científica y/o de apoyo a la planificación y al desarrollo.

Esta red universitaria local vinculada a las sedes centrales pertenecientes a la educación superior en la provincia y todo articulado a su vez, en una red de actores que comparten saberes, un ejemplo de ello es la gestación de una cátedra que propicia espacios comunes entre las facultades de la Sede Central de la Universidad "Carlos Rafael Rodríguez" de Cienfuegos y los especialistas de "AZCUBA" de la provincia, como la Cátedra Álvaro Reinoso.

A lo anterior se suma la propia integración interuniversitaria del ya referido centro municipal, con la Universidad Central de las Villas, pionera esta de muchas de las investigaciones que han generado significativos avances en la gestión ambiental de la localidad y de hecho en su agroindustria azucarera.

Ante estas valoraciones, resultan interesantes algunos antecedentes encontrados en la revisión de documentos realizada durante la investigación, los que constituyen referentes necesarios para entender el análisis de la relación gestión ambiental, integración ciencia, tecnología e innovación en la proyección de trabajo asumida en la localidad en pro de un desarrollo sostenible, y también para valorar como se han aprovechado oportunidades para alianzas estratégicas que han redundado en una mejora de la gestión.

El municipio elaboró una estrategia de desarrollo local que se aprobó en el año 2006 denominada "Aguada por la calidad de vida", la que contó con ocho subproyectos, en la que se insertaron los principales elementos del sistema de ciencia de la localidad, con énfasis, el Fórum de Ciencia y Técnica, la sede universitaria municipal y el CITMA. Producto de las demandas que se formularon por perfeccionar cada vez más el trabajo, se lleva a cabo, la realización de una tesis de maestría que aporta para un municipio, una nueva dinámica para gestionar la ciencia, la tecnología, la innovación y el medio ambiente, en la que se propone la articulación de los elementos que intervienen en la gestión, según se expresa en la figura 1.

Este mecanismo de articulación de las estructuras de interfaz posteriormente fue desarrollado con un nuevo enfoque por Castro *et al.* (5) con la finalidad de ordenar de mejor modo a los actores

locales y con ello, nació el embrión del sistema local de innovación para un municipio, integrando así como los nuevos elementos del sistema de ciencia e innovación tecnológica, el que se asumió como tal para el caso en cuestión, por el Gobierno del municipio de Aguada de Pasajeros, como la estructura organizativa para la gestión de las dimensiones ciencia, tecnología, innovación y medioambiente.

Otro de los antecedentes fundamentales y no menos importante fue la participación de las universidades de Cienfuegos y la de Las Villas, las que han ocupado posiciones tanto de impulso a la racionalidad productiva y al desarrollo de directri-

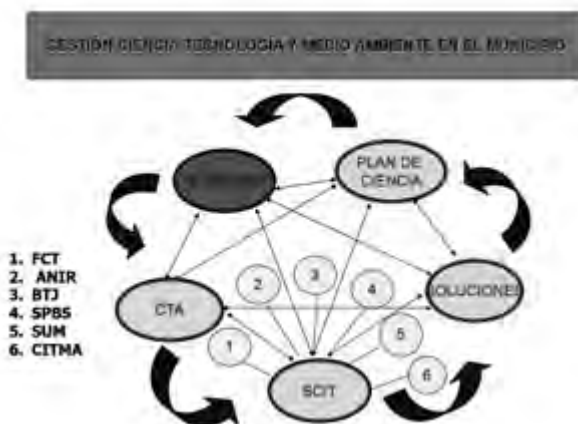


Figura 1. Articulación de los elementos que intervienen en la gestión. Fuente: (19).

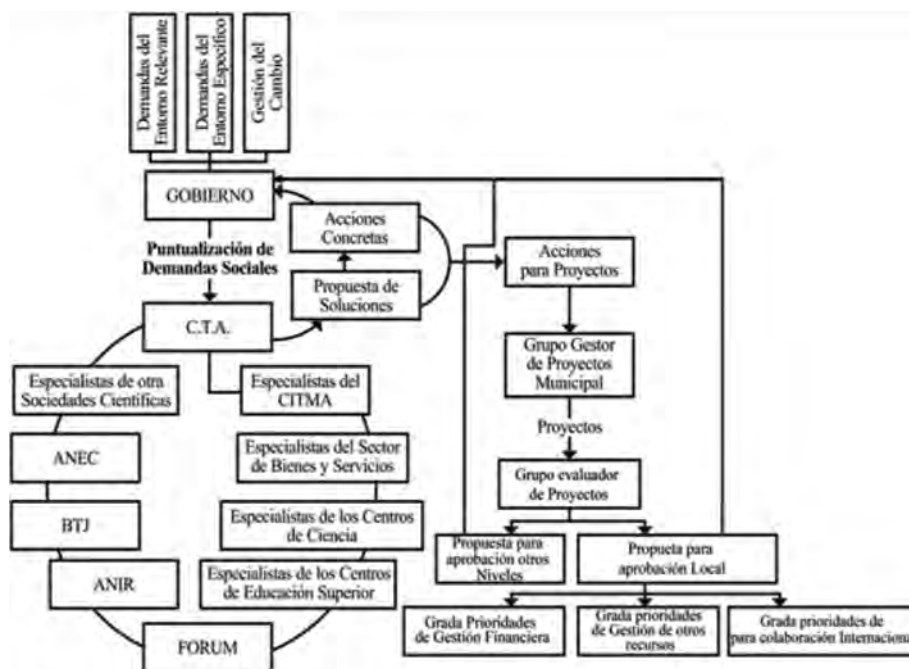


Figura 2. Diagrama funcional de los sistemas locales de innovación. Fuente: (20).

ces de trabajo conjunto universidad - empresa, como en la gestión del conocimiento demandado por cada entidad local.

La extensión universitaria alcanza las siguientes acciones:

- Programa de capacitación para la innovación y el desarrollo agropecuario sostenible.
- Participación en el grupo municipal de trabajo para los proyectos de Iniciativa Municipal de Desarrollo Local.
- Participación en proyectos HABITAT y materiales de construcción para el desarrollo local, con la participación del ISJAE y la UCF.
- Proyecto denominado Socialización de los Procesos de Innovación Tecnológica para el desarrollo Municipal (SPIM), de Aguada de Pasajeros que trabaja con el gobierno y para el gobierno, coordinado por el CEDAR.
- Procesos de Gestión de Innovación del Desarrollo Municipal (SPIM- REDAR; CEDAR - UNAH; CETAS)
- Tecnologías apropiadas al Desarrollo Local implementadas VRI / UCF; CODEL, CEDEL Delegación Provincial del CITMA, PPM, INCA, ICA, CENSA, UCLV, INISAV, IBP, Instituto de Suelos, IIMA
- Monitoreo de Producciones más Limpias en el Complejo ALFICSA - Empresa Azucarera "Antonio Sánchez" Ene/10 a Dic/10
- Generalización de la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía en las principales EPBS altos consumidores del municipio.
- Fortalecimiento de la gestión económica de las entidades de la producción de bienes y servicios del municipio Aguada de Pasajeros.
- Procedimiento para la evaluación de inversiones dirigidas al mejoramiento tecnológico de los sistemas de riego en la localidad Aguada de Pasajeros.
- Diagnóstico estratégico de gestión ambiental urbano participativo en la localidad de Perseverancia, Aguada de Pasajeros.
- Intervenciones socio psicológicas y culturales en comunidades y grupos en el municipio Aguada de Pasajeros.
- La integración de las redes sociales para la innovación: REDAR, PIAL, GUCID, Red extensionista del ICA y Red de Eficiencia Energética del MES.

Un elemento de singular importancia a tener en cuenta es la validación de la estrategia de implementar actividades coordinadas localmente desde el Centro Universitario Municipal (CUM), con el apoyo del CITMA y de la representación del Programa de Desarrollo Humano Local en el municipio y del resto de los actores locales, acompaña-

das además por cada una de las distintas Facultades y Centros de Estudio del Ministerio de Educación Superior en la provincia, según sea el caso. La integración de los actores se logra mediante la coordinación del Gobierno, quien representa la figura cimera, interesada de modo particular en el funcionamiento del sistema local de innovación a esta instancia, en su función de principal gestor del desarrollo, por saberse su principal responsable y de una gestión ambiental que articule con una adecuada calidad de vida en la proyección de un desarrollo sostenible a esta instancia.

DISCUSIÓN

Del análisis presentado se evidencia la necesaria integración, de un accionar en redes y de un liderazgo que demande desde las estructuras de Gobierno Local la articulación adecuada de los actores del desarrollo, a la vez que, situar a la actividad científico-tecnológica en el lugar correspondiente como asegurador de los procesos de cambio desde una mayor racionalidad.

Otra problemática a analizar es todo lo relativo al fertirriego, lo que está demandando integración de saberes, ya que puede representar a la vez que beneficio, o un perjuicio de impactos considerables, de no ser debidamente manejado y de un constante monitoreo, sobre todo, de los niveles de potasio, pues es sabida la deformación que en el hábito de crecimiento del lado "b" del cristal de sacarosa produce un exceso de este elemento en el suelo, lo que genera, por el alargamiento que motiva en dicho lado, una disminución en la resistencia mecánica del grano ante el proceso de centrifugación, incrementando las pérdidas en miel y por ende, una reducción al rendimiento azucarero industrial, lo que ocasiona la necesidad de mayores insumos de caña para lograr los niveles de producción planificados y ello a su vez, el desbalance en la programación de corte a zafra y el incremento de los consumos, sobre todo, de energía, repercutiendo negativamente en el medio ambiente en lugar de producir un impacto positivo desde la reducción de los insumos incluido el agua.

Además, sustentado en la referida complejidad de la cuenca en que está enclavada esta agroindustria, está como exigencia de primer orden el control del riego para evitar una contaminación de las fuentes de abasto de agua.

Se evidencia también cómo el ordenamiento adecuado y la integración de saberes puede aportar alternativas de integración de procesos industriales, que bajo diferentes principios conduzcan primero que todo a la racionalidad y a la preservación del medio natural, a la vez que se debe a los

principios de la Producción Más Limpia como una disciplina imprescindible para desde la Ecología Industrial o la Sinergia Industrial, lograr una diversificación que además de económica sea ecológicamente coherente.

El análisis hecho sobre el objeto de investigación demuestra que no existen contaminantes, sino materias primas mal dispuestas que deben ser económicamente aprovechadas y ambientalmente bien dispuestas.

Se pone de manifiesto la existencia de estructuras de interfaz que bien ordenadas e intencionadas, representan una fuerza de cambio a la realidad contextual de las localidades, aun bajo condiciones fuera de su tradicional desempeño productivo.

Al mismo tiempo se demuestra la potencialidad de la agroindustria azucarera para desde la ciencia, con el respaldo tecnológico y la búsqueda de un emprendedurismo apoyado en los procesos de innovación, incluidos los entornos innovativos locales, asegurar un desarrollo sostenible y por definición amigable con el entorno, a la vez que garante de la actualmente difundida Gobernanza o Gobernabilidad ambiental, como expresión esta que intenta acotar el mejoramiento de la eficiencia de las instituciones, aprovechando, en particular, la aparición de nuevas formas de poder local (descentralización, control social, eficiencia de la implementación de políticas), pues en el perfeccionamiento de la gestión de Gobierno en Cuba están previstos estos elementos (21).

A la vez, porque dicho concepto, o sea, "Gobernabilidad o Gobernanza local" implica la integración de esfuerzos y recursos al nivel de los actores y agentes locales en el trabajo de construir conjuntamente el desarrollo de las localidades, buscando el establecimiento y el respeto adecuados a las reglas del sistema político, la correcta resolución de los conflictos entre actores, para adoptar las decisiones pertinentes a partir de un conveniente funcionamiento de las instituciones y la aceptación ciudadana. Por ello, también equivale al logro de la eficacia del Gobierno Local (como expresión esta del cumplimiento de los objetivos) y este es precisamente, uno de los fines a que conduce un enfoque integrador de la ciencia, la tecnología y la innovación, con la gestión ambiental.

CONCLUSIONES

- Un enfoque integrador de la ciencia, la tecnología y la innovación, con la gestión ambiental, equivale al logro de la eficacia del Gobierno Local (como expresión esta del cumplimiento de los objetivos), a la vez que conduce a la integración de esfuerzos y recursos al nivel de los actores y agentes

locales en el trabajo de construir conjuntamente el desarrollo de los territorios, patentizando, como expresión de equilibrio, la adecuada Gobernabilidad o Gobernanza Ambiental.

- Se demuestra la potencialidad de la agroindustria azucarera para desde la ciencia, con el respaldo tecnológico y la búsqueda de un emprendedurismo apoyado en los procesos de innovación, incluidos los entornos innovativos locales, asegurar un desarrollo sostenible y por definición amigable con el entorno.
- El análisis hecho sobre el objeto de investigación demuestra que no existen contaminantes, sino materias primas mal dispuestas que deben ser económicamente aprovechadas y ambientalmente bien dispuestas.
- Se evidencia cómo el ordenamiento adecuado y la integración de saberes puede aportar alternativas de integración de procesos industriales, que bajo diferentes principios conduzcan primero que todo, a la racionalidad y a la preservación del medio natural, a la vez que debela a los principios de la Producción Más Limpia, como una disciplina imprescindible para desde la Ecología Industrial o la Sinergia Industrial, lograr una diversificación que además de económica sea ecológicamente coherente.
- Se evidencia la necesaria integración, de un accionar en redes y de un liderazgo que demande desde las estructuras de Gobierno Local la articulación adecuada de los actores del desarrollo, a la vez que, situar a la actividad científico-tecnológica en el lugar correspondiente como asegurador de los procesos de cambio desde una mayor racionalidad.
- Sustentado en la complejidad de la cuenca en que está enclavada la agroindustria azucarera en el municipio de Aguada de Pasajeros, el control del riego para evitar una contaminación de las fuentes de abasto de agua es una exigencia de primer orden.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Baxter, B.; y Tyler, J. Facilitating enterprising places: the role of intermediaries in the United States and United Kingdom. In: *The Economic Geography of Innovation*. UK: Cambridge University Press., (2007) pp. 261-288.
2. Bekkers, R. and Freitas Bodas, I. M. (2008). Analyzing Knowledge Transfer Channels Between Universities and Industry. In: *Research Policy*. (37) 1837-1853.
3. Casalet Ravenna, M.; González, L. y Buenrostro, E. (2008). La construcción de las Redes de Innovación en los Clúster de Software. En:

- Quivera. Vol 10 No 1 pp 92- 115 Universidad Autónoma de México. [Consultada 17 de mayo de 2013]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40113197007>
4. Carrillo, G. (2009). "Una revisión a los principios de la Ecología Industrial." *Revista Argumentos* 2009 22(59) [Consultada 10 de abril de 2014]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/595/59511412009.pdf>
5. Castro Perdomo, N.A.; Díaz Díaz, J y Benet Rodríguez, M. (2013). La integración de la ciencia, los sistemas locales de innovación y la gestión local de calidad de vida. En: *Revista MEDISUR*. 11 (3)
6. Charles H., D. and Creutzberg, T. (2009). Applying an innovation cluster framework to a creative industry: The case of screen-based media in Ontario. In: *Innovation: management, policy & practice*. 11 (2) 201-214.
7. Crescenzi, R. and Rodríguez-Pose, A. (2012). An 'integrated' framework for the comparative analysis of the territorial innovation dynamics of developed and emerging countries. *Journal of economic surveys*, 26 (3). 517-533. ISSN 0950-0804.
8. Granada (2009). "Gestión Ambiental Empresarial: Pasado, presente y futuro de las normas e instituciones ambientales en Colombia." *Revista Libre Empresa* 6 (74) 63-79. [Consultada 10 de abril de 2014]. Disponible en: http://www.unilibrecali.edu.co/libre-empresa/images/stories/pdf_articulos/volumen6/gestion_ambiental_empresarial_pasado_presente_futuro_de_las_normas_e_instituciones_ambientales_en_colombia_63_79.pdf
9. Howells, J. (2006). Intermediation and the role of intermediaries in innovation. In: *Research Policy*. 35, 715-728.
10. Lage, A. (2013). El debate sobre ciencia y universidad. En: *La ciencia universitaria en el contexto de la actualización del modelo económico cubano*. Dr. C. Félix Blanco Godínez (Comp.), Lic. Ivón A. Kennedy Suárez (Ed.). Universidad de La Habana, Cátedra de Ciencia, Tecnología y Sociedad. Editorial Universitaria "Félix Varela". La Habana, 63 p.
11. Márquez Guerra, M.; Castro Perdomo, N. y Agüero Contreras, F.C. (2009). "Dinámica para la gestión integrada de la ciencia, la tecnología y el medio ambiente. Aguada de Pasajeros". En: *Gestión universitaria del conocimiento en el entorno local. Experiencias de la Universidad de Cienfuegos*. Ed.: Universo Sur. Universidad de Cienfuegos, Cuba: Marianela Morales Calatayud (Comp.) Alberto Valdés Guada (Ed.) y Marianela Morales Calatayud (Coord.). pp. 67-78.
12. Mateo, J. M. (2012). La dimensión espacial del desarrollo sostenible: una visión desde América Latina. Editorial Científico Técnica. La Habana, Cuba.
13. Miranda Tortoló, T.; Machado, H.; Suárez, J.; Sánchez, T., Lamela, .J.; Iglesias, M.; et al. (2012). La innovación y la transferencia de tecnologías en la Estación Experimental "Indio Hatuey": 50 años propiciando el desarrollo del sector rural cubano (Parte II). En: *Revista Pastos y Forrajes*. 35(1) 3-16.
14. Núñez, J.; Armas, I.; Alcázar, A.; Figueroa, G. (2013) Educación superior, innovación y desarrollo local: experiencias en Cuba *Revista Universidad D La Habana*. Número Especial. Editorial UH.
15. OPS (2003). La Gestión de la Actividad Científica y la BVS/CIENCIA & SALUD. S.I.: OPS. p.15
16. Rodríguez-Pose, A. y Comptour, F. (2011). Do Cluster Generate Innovation and Growth? An Analysis of European Regions. [Consultada: 20 de julio de 2013]. Disponible en: http://www.usergioarboleda.edu.co/economia/Aniversario/LecturasRecomendadas/Papers_Rodriguez-Pose/DO-CLUSTER-GENERATE-INNOVATIONS-AND-GROWTH.pdf
17. Romillo, A. (2013). Nuevo modelo universidad-empresa. El sistema UCI. *Revista Congreso Universidad*. Editorial Félix Varela, 2013, II (3). ISSN: 2306-918X
18. Salguero Marvin R. Gobernabilidad y desarrollo rural [Consultada: 10 de abril de 2014]. Disponible en: acso.edu.gt/portal/wp-content/uploads/2010/10/Gobernabilidad-y-desarrollo-rural.pdf
19. Terán Roja, A. y Bucci Peluso, N. (2009). Evaluación de actividades de I+D e innovación. Caso: Empresas metalmecánicas. En: XII Seminario Latino- Iberoamericano de Gestión Tecnológica-ALTEC. Cartagena de Indias Colombia. Noviembre 25 al 27.
20. Tintoré, M. Las Universidades como organizaciones que aprenden. El caso de la Facultad de Educación de la Universitat Internacional de Catalunya. Tesis doctoral dirigida por el Dr. Albert Arbós Bertran. 15/01/2010. [Consultada: noviembre 2013] Disponible en: www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/9336/Tesis_Mireia_Tintore.pdf
21. Torrejón Valdez, M. (2008). Política tecnológica y agentes del sistema regional de innovación. Impacto del VPM de I+D de la UE en las regiones españolas. CIREE-España. En: *Revista de Economía Pública, Social y Cooperativa* [online]. 2008. Disponible en: www.ciriec-revistaeconomica.es.

WebInd. Sistema de información gerencial para Azcuba

Irina Vargas-Vargas, Rubén Monduí-González

Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA)
Vía Blanca 804 y Carretera Central, San Miguel del Padrón, La Habana, Cuba.
irina.vargas@icidca.edu.cu

RESUMEN

Se presenta WebInd, un sistema de información gerencial (SIG) relacionado con el aspecto fabril de la industria azucarera cubana, que caracteriza de forma general sus centrales y empresas azucareras provinciales. El diseño e implementación de este sistema provee a la industria azucarera de una herramienta informática que contribuye a unificar, procesar, almacenar, analizar y divulgar datos actualizados sobre las empresas y los ingenios azucareros, específicamente, sobre su maquinaria fabril y sus indicadores industriales, actuales e históricos; lo cual favorece la toma de decisiones gerenciales y tecnológicas en todos los niveles de gestión de AZCUBA. Se define el diseño de la aplicación web que integra la información del SIG, y se explica la plataforma usada para su desarrollo y la arquitectura de información empleada. Se demuestra que la implementación de este sistema permite a los directivos y técnicos del sector contar con una herramienta integradora que de forma oportuna y actualizada facilite la diseminación de su información a todos los niveles de dirección para la toma de decisiones estratégicas, de recursos humanos, del proceso inversionista, para la reparación y el mantenimiento del equipamiento de los ingenios y para hacer análisis comparativos a partir de los indicadores industriales.

Palabras clave: sistema de información gerencial, aplicación web, software, industria azucarera.

ABSTRACT

A management information system (MIS), WebInd, is presented in this paper. It is related with the manufacturing aspect of the Cuban sugar industry that characterizes in a general way its factories and provincial sugar companies (EA). The design and implementation of MIS provides to the Cuban sugar industry of a software tool that helps to unify, process, store, analyze and disseminate updated data about the EA and the sugar factories, specifically about its industrial machinery and its industrial, current and historical indicators, which favors the managerial and technological decisions in all the management levels of AZCUBA. The design of the application web that integrates the MIS information is defined, and the platform used for its development and the information architecture used is explained. It is shown that the system implementation allows managers and technicians of the sector to have an integrative tool that facilitates the access to useful information for strategic decision making, in a timely and up-to-date way. This information includes human resources, investment processes, repairing and the maintenance of factories equipment, main industrial indicators during the harvest and historical indicators, and allows doing comparative analysis based on this data.

Keywords: management information system, web application, software, sugar industry.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, la información se considera un recurso fundamental para la administración óptima de otros como los humanos, financieros, materiales y técnicos en las organizaciones. Para organizar, procesar, controlar y diseminar todo su caudal informativo, dichas organizaciones tienen que contar con eficientes sistemas de información.

Los sistemas de información en las organizaciones deben respaldar las operaciones empresariales, la toma de decisiones gerenciales y la ventaja competitiva estratégica. Además, valiéndose de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC)¹, deben contribuir a la automatización de actividades y procesos en las empresas; llevar la información de manera oportuna y adecuada a todas las instancias que así lo requieran; proporcionar un diagnóstico de la empresa en un momento dado y dar elementos de juicio para realizar pronósticos.

Entre los diversos tipos de sistemas de información existentes se encuentran los sistemas de información gerencial (SIG, o MIS por sus siglas en inglés).

Todas las funciones gerenciales -planificación, organización, dirección y control- son imprescindibles para un buen desempeño organizacional. Para apoyar estas funciones, en especial la planeación y el control, son necesarios los sistemas de información gerencial (1).

Los autores Laudon, K. y Laudon, J. (2) acuñan lo anterior al plantear que los MIS atienden fundamentalmente las funciones de planificación, control, y toma de decisiones en el nivel de gestión. Y aunque suele ser usado para denominar a todos los tipos de sistemas de información usados en los negocios, el término *Management Information Systems*, o MIS, actualmente describe sistemas específicos que proveen a los administradores con reportes y en algunos casos, acceso online a los archivos del rendimiento actual e histórico de la organización.

Un MIS es un sistema que genera información precisa, oportuna y organizada para que los gerentes y otros usuarios puedan tomar decisiones, resolver problemas, supervisar actividades y darles seguimiento (3).

Muñoz Cañavate denomina a los MIS como sistemas de información para la gestión y ofrece un concepto más enfocado hacia las tecnologías de información: "son un conjunto de herramientas que combinan las tecnologías de la información (hardware + software) con procedimientos que permitan suministrar información a los gestores de una organización para la toma de decisiones"(4).

El término SIG o MIS se utilizó originalmente para describir aplicaciones relacionadas con la gestión de información sobre ventas, inventarios, y otros datos de la empresa. Pero actualmente es mucho más amplio y aplicable a diferentes contextos, con marcado énfasis en la integración de procesos y encaminado a la gestión de información y del conocimiento, lo cual resumen Ronda y Sánchez acertadamente (5).

"Los SIG ayudan a los directivos y empleados con problemas estructurados que ocurren generalmente a nivel táctico y les proporcionan datos de fuentes internas y externas, así como un entorno generalizado de computación y de comunicaciones que puede ser aplicado a un conjunto diverso de problemas. Ayudan a hacer pronósticos de tendencias e identifican oportunidades, al mismo tiempo que ayudan a detectar problemas en la ejecución de los procesos establecidos. Facilitan el seguimiento del desempeño organizacional e incrementan el control de los diferentes niveles de dirección para apoyar que la toma de decisiones sea coordinada, pero descentralizada y que ocurra en los niveles operativos más bajos de la institución".

El principal propósito de un SIG es mostrar relaciones significativas entre toda la información generada por la empresa, de forma tal que disminuya la incertidumbre en la toma de decisiones.

La Organización de Dirección Superior Grupo Azucarero (Azcuba) -actualmente encargada de dirigir, ejecutar y controlar la política del Estado y Gobierno, en cuanto a actividades de la agricultura cañera, industria azucarera y sus derivados- puede considerarse como una macroempresa del sector empresarial cubano, en la cual la información de diversa índole que se genera y circula entre sus entidades es extremadamente voluminosa y difícil de gestionar de forma integral.

La industria azucarera cubana, liderada por Azcuba, cuenta con varios niveles de gestión: central (Grupo Azucarero, centro rector), provincial (Empresas Azucareras provinciales, EA) y las unidades empresariales de base o ingenios azucareros. La información generada por los ingenios azucareros fluye de forma ascendente hasta llegar al nivel central donde se almacena, procesa y resume para la toma de decisiones de carácter global.

Ante la necesidad -detectada por el Grupo de Industria y la Dirección de Atención a Plantas Industriales de Azcuba- de un sistema capaz de mostrar la información relevante sobre industria existente en los centrales azucareros y, de forma consolidada, en las empresas azucareras provinciales que los dirigen (un sistema similar está implantado para la parte agrícola del Grupo

1. Conjunto de elementos y técnicas utilizadas en el tratamiento y transmisión de la información, basadas principalmente en el desarrollo de la informática, Internet y las telecomunicaciones.

Azucarero), se realiza el diseño e implementación del SIG expuesto en el presente trabajo.

El diseño e implementación de este sistema de información gerencial (SIG) provee a la industria azucarera cubana de una herramienta informática que coadyuva a unificar, procesar, almacenar, analizar y divulgar datos actualizados sobre las EA y los ingenios azucareros, específicamente, sobre su maquinaria fabril y sus indicadores industriales, actuales e históricos; lo cual favorece la toma de decisiones gerenciales y tecnológicas en todos los niveles de gestión de la organización.

DESARROLLO

Definición del sistema de información gerencial para la industria azucarera cubana

El sistema que se propone es una aplicación web que permite localizar sobre un mapa de Cuba, entidades relevantes de la industria azucarera del país, específicamente ingenios azucareros y empresas azucareras provinciales, mostrando información de las mismas, enfocada fundamentalmente a su aspecto fabril.

Los datos industriales de cada ingenio, ya recuperados desde el SIG, aportan los contenidos para retomar la elaboración del anuario azucarero cubano. Este tipo de documento (6) en épocas pasadas se publicaba periódicamente para caracterizar a todos los ingenios activos en esos momentos en el país, y después de 1971, cuando salió el último, se abandonó esa práctica.

También, el sistema propuesto tiene otras funcionalidades y servicios complementarios que constituyen valor añadido desde el punto de vista informativo.

Plataforma de desarrollo de la aplicación web

Para la selección de la plataforma de desarrollo de la aplicación -lenguaje de programación, tecnologías web y sistema de base de datos a utilizar- se tuvieron en cuenta los siguientes requerimientos:

- La utilización de software libre y estándares abiertos como soporte informático por las ventajas que ofrece en cuanto a la apropiación de tecnología, pues fácilmente se pueden obtener información, documentación y actualizaciones para todas las aplicaciones que se utilicen, a partir de sus páginas oficiales y de los foros de discusión en Internet, las cuales ya han sido meditadas, revisadas y perfeccionadas por la comunidad que los usa. Por otra parte, entre las estrategias de la Oficina de Informatización de la Sociedad de

nuestro país está la migración al software libre y para esto se debe estar apto, tanto en la administración de servidores como en la utilización de aplicaciones específicas, entre las que se encuentran las tecnologías para el desarrollo web.

- Que los lenguajes de programación y el sistema de gestión de base de datos seleccionados para el SIG permitan interactuar dinámicamente con los sistemas de información y otras fuentes de datos de las que se nutre el SIG (sistemas MainPack e IPLUS y serie histórica de indicadores de zafra), para llegar a un producto que, estando a tono con las tendencias actuales, facilite al usuario final información actualizada sobre la industria azucarera cubana.

Finalmente entre tantos posibles, se seleccionó Django como plataforma de desarrollo. En primera instancia por ser un *framework*² de desarrollo web de código abierto, que demanda bajos recursos tecnológicos y facilita la creación de sitios web complejos.

Python es usado en todas las partes del framework, incluso en configuraciones, archivos y en los modelos de datos, de manera que Django hereda todas las ventajas de este lenguaje de programación, entre otras: facilidad de lectura y diseño, lenguaje de programación interactivo, orientado a objetos e interpretado. Esto último permite ahorro de tiempo en la programación -al prescindir de la fase de compilación de la aplicación-, y que el producto obtenido sea multiplataforma (7).

Además, Django ofrece varias opciones para el manejo de datos y el paso de una a otra puede hacerse sin grandes contratiempos, estas son: MySQL, PostgreSQL, Sqlite, Microsoft SQL Server y Oracle. De estos, el primero fue la opción seleccionada por ser software libre y bastante conocido y utilizado por los especialistas que desarrollan el sistema y los administradores de la red de Azcuba

El sitio de administración que brinda el framework facilita la entrada y modificación de datos que contiene el SIG. También garantiza la seguridad de los datos almacenados en sus bases, mediante la autenticación de usuarios y la creación de grupos de usuarios para realizar labores específicas de edición.

Como servidor web se utilizó Apache con el módulo wsgi (permite la ejecución de código de Python del lado del servidor).

Todas esas características proporcionan rapidez y robustez al sistema propuesto. También se cuenta con la experiencia en esta plataforma de los desarrolladores encargados del SIG.

2. Los framework para aplicaciones web están diseñados para apoyar el desarrollo de sitios web dinámicos, aplicaciones y servicios web. Agilizan actividades comunes del desarrollo web, proporcionando bibliotecas para acceder a bases de datos, estructuras para plantillas y gestión de sesiones, entre otras utilidades.

Contenidos del sistema

Al describir un central azucarero se parte de cuatro grupos de contenidos: datos generales (referidos a ubicación física, contactos y cargos principales, y otras informaciones que caracterizan de forma general al ingenio) (ver tabla 1), equipamiento fabril (ver tabla 2) e indicadores industriales actuales e históricos (ver tablas 3 y 4 respectivamente), según se muestra en las siguientes tablas.

Tabla 1. Datos generales incorporados en el SIG

Datos generales (Utiliza como fuente de información los archivos y plantilla de trabajadores del central azucarero que se describe)
Nombre del ingenio, Código, Nombre anterior, Dirección, Pueblo o ciudad, Municipio, Provincia, Teléfonos, Correo electrónico, Fax, Código Postal, Año de Fundación, Capacidad de Molida.
Otras Producciones: Azúcar refino; Levadura torula; Biogás; Miel urea bagacillo; Desmedulado de Bagazo, Electricidad y Otras.
Cargos: Director, Director de Producción, Secretaria, Jefe de Recursos Humanos, Jefe de Cuadros, Jefe de Contabilidad y Finanzas, Jefe de Turno Integral (tres), Jefe de Mantenimiento o Maquinaria, Jefe de Fabricación, Jefe de Grupo Técnico, Jefe de Taller Integral, Jefe de Instrumentación, Jefe de Basculador y Molinos, Jefe de Generación de Vapor, Jefe de Planta Eléctrica, Jefe de Casa de Caldera, Jefe de Envase y Manipulación, Jefe de Laboratorio, Jefe de Sala Análisis.

Tabla 2. Equipamiento fabril incorporado al SIG

Equipamiento fabril (Utiliza como fuente de información la base de datos del sistema MainPack)
Áreas del central vinculadas al proceso de fabricación de azúcar crudo que están descritas en el MainPack (nombres).
Equipos de cada área (nombres y fichas técnicas que lo describen)
Elementos o componentes de cada equipo (nombres y fichas técnicas que lo describen)

En cuanto a la información ofrecida sobre las EA (ver tabla 5), se tienen en cuenta datos generales e indicadores industriales actuales. Esta última información se genera mediante la consolidación de la información contenida en los centrales azucareros que se le subordinan.

Se consolidan los datos sobre indicadores de todos los centrales subordinados.

Arquitectura de información del sitio web

La arquitectura de información es definida como el arte y la ciencia de organizar espacios de información con el fin de ayudar a los usuarios a satisfacer sus necesidades de información. La actividad de organizar incluye la estructuración, clasificación y rotulado de los contenidos del sitio web, así como la selección y presentación de los mismos. Teniendo en cuenta lo anterior, se diseñó la arquitectura de información de la aplicación web que sirve de soporte para este sistema de información gerencial.

Se usó Weblnd, como nombre, y un logotipo que identifica al sitio web. Junto a este se añadió el identificador "Sitio de la Industria Azucarera".



Figura 1. Página de inicio del SIG.

Mapas de localización y leyenda

A partir de la imagen de un mapa de Cuba (ver figura 1), se pueden localizar los ingenios y las empresas azucareras del país, navegando hacia las distintas provincias y los municipios que las conforman. Tanto en el mapa de Cuba como en los de cada provincia se pueden visualizar los nombres de las mismas y de sus municipios, así como las divisiones geográficas entre ellos.

Los ingenios y las EA están representados por iconos, ubicados en el mapa lo más exactamente posible en la geografía de cada provincia. Los iconos de los centrales azucareros utilizan el color rojo para indicar que están produciendo y negro cuando no lo están. Este dato es configurable en el sitio de

Tabla 3. Listado de indicadores industriales actuales incorporados al SIG

Indicadores Industriales actuales (no secretos) (Utiliza como fuente de información la base de datos del sistema IPLUS)			
% caña para azúcar real	Días de zafra totales	Pérdida miel final % pol caña	t RPC
Agua de imbibición total (t)	Días efectivos	Petróleo consumo total	Tamaño de grano de azúcar total (%)
Aprovechamiento RPC total (%)	Fibra en caña (%)	Pol caña (t)	Tiempo perdido total (hr)
Bagazo % caña total	Humedad azúcar total (%)	Pol en miel final físicamente producida (t)	Tiempo perdido por lluvia (hr)
Bagazo total t pol	Humedad bagazo total (%)	Pol indeterminados total (t)	Tiempo perdido agrícola (hr)
Cachaza % caña	Imbibición % caña total	Pol miel final propia físicamente producida (t)	Tiempo perdido por transporte automotor (hr)
Cachaza total (t)	Litros alcohol por t caña	Pol residuales (t)	Tiempo perdido industrial (hr)
Cachaza total t pol	Litros de alcohol	Ppm insolubles azúcar total (mg de insolubles/t de azúcar)	Tiempo perdido por limpieza (hr)
Caída pureza desmenuzadora-jugo último extraído total	Materia extraña total (t)	Ppm hierro azúcar total (mg de Fe/t de azúcar total)	Tiempo perdido por roturas (hr)
Caña atrasada total (%)	Meladura brix (%)	Pureza meladura	Tiempo perdido por interrupciones operativas (hr)
Caña molida (t)	Metros cúbicos residuales/t caña	Pureza miel A	Tiempo perdido por centro de acopio (hr)
Caña quemada total (%)	Miel final física propia (t)	Pureza miel B	Tiempo perdido por MITRANS (hr)
Caña total % pol	Miel final proceso a reportar hoy t pol	Pureza miel final física hecha hoy	Tiempo perdido por SEN (hr)
Color azúcar total (%)	Norma potencial total	RPC promedio tres días t azúcar física proceso	
Cumplimiento norma pérdidas miel final (%)	Otras perdidas indeterminadas en liquidación	t caña atrasada	
Cumplimiento norma pérdidas cachaza (%)	Paja en combustible (t)	t caña tiro directo total	
Cumplimiento norma pérdidas en bagazo (%)	Pérdida bagazo % pol caña	t carros atrasados	
Cumplimiento norma pérdidas indeterminadas (%)	Pérdida cachaza % pol caña		
Cumplimiento norma potencial total (%)	Pérdida indeterminados % pol caña		



administración donde se modifican los datos de los ingenios.

La información relativa a los límites geográficos y nombres de localidades son opcionales. Esto quiere decir que el usuario podrá ocultarlas y mostrarlas con facilidad, mediante la barra inferior derecha que contiene los botones: límites, nombres y leyenda, la cual también es opcional. La leyenda

Figura 2. Página de la provincia de Matanzas que muestra la Empresa Azucarera y sus centrales. También se representan los límites geográficos, nombres de localidades, la leyenda y la página de previsualización del Central Azucarero Jesús Rabí

Tabla 4. Listado de indicadores históricos incluidos en el SIG

Indicadores históricos (Utiliza como fuente de información la serie histórica que confecciona la Sala de Análisis de AZCUBA)			
Zafra - Año (numérico, 4 dígitos)	Molida efectiva (miles @)	Tiempo perdido por misceláneas (%)	Pol en caña (%)
Nombre de provincia (texto)	Días de zafra planificados	Tiempo perdido por transporte (%)	Fibra en caña (%)
Provincia (numérico, 2 dígitos)	Días de zafra efectivos	Tiempo perdido por roturas (%)	Pureza de jugo mezclado (%)
Clave - Código de 3 dígitos para identificar a las empresas azucareras	Plan azúcar (miles @)	Tiempo perdido por interrupciones (%)	Galones de miel (gl)
Nombre de empresa azucarera	Azúcar Base 96 (miles @)	Tiempo perdido por limpieza (%)	Pureza de miel final (%)
Fecha inicio de zafra	Azúcar en saco + granel (miles @)	Pérdidas en miel (%)	Recobrado (%)
Fecha fin de zafra	Plan tiempo perdido (%)	Pérdidas en cachaza (%)	Porcentaje de cumplimiento de la norma potencial (%)
Norma Potencial (tcd)	Tiempo perdido total (%)	Pérdidas indeterminadas (%)	Petróleo industrial (l litros)
Caña molida (miles @)	Tiempo perdido por lluvia (%)	Pérdidas en bagazo (%)	Leña industrial (t)
Caña molida diaria (miles @)	Tiempo perdido por agricultura (%)	Rendimiento (%)	Pol en bagazo (%)

Tabla 5. Contenidos que describen a las empresas azucareras en el SIG

Grupos de contenidos	Aspectos a incluir
Datos generales (Utiliza como fuente de información los archivos y plantilla de trabajadores del EA que se describe)	Nombre de la Empresa Azucarera, Dirección, Pueblo o Ciudad, Municipio, Provincia, Teléfonos, Correo electrónico, Fax, Código Postal. Cargos: Director del EA, Secretaria, Jefe de Recursos Humanos, Jefe de Cuadros, Jefe de Plantas Industriales y Jefe de Sala de Análisis
Indicadores industriales (Utiliza como fuente de información la base de datos del sistema IPLUS)	Porcentaje de Aprovechamiento de RPC (numérico, %) Fecha de inicio de la molida (fecha) Fecha de terminación de la molida (fecha) Capacidad de molida total de todo sus centrales azucareros Total de tiempo perdido (numérico, %) Tiempo perdido por problemas industriales (numérico, %) Se consolidan los datos sobre indicadores de todos los centrales subordinados.

igualmente explica los iconos que representan las entidades de la industria en el mapa.

Pre-visualizaciones y páginas de segundo nivel para ingenios y EA

Como se muestra en la figura 1, al ubicarse el cursor sobre una provincia aparece un cuadro resumen o ventana de pre-visualización que muestra información estadística y geográfica de la misma.

Una ventana similar se muestra al ubicar el cursor encima del icono de un central o una Empresa Azucarera en cada provincia (ver figura 2). En estos casos, dichas ventanas contienen información relevante que caracteriza al elemento (ingenio o EA) que acompaña, el cual se describe con mayor detalle al dar clic sobre el mismo y pasar a un nivel jerárquico inferior que es la página que corresponde al ingenio o EA seleccionado.

En el cuadro resumen del ingenio se muestran los datos generales vistos en la tabla 1, excepto todos los cargos, pues de ellos solo se mostrarán los del director general y la secretaria.

Al pasar a la página que describe el central azucarero con mayor detalle se expondrán, además de los datos ya mostrados en la pre-visualización, el resto de los cargos, los indicadores industriales y el equipamiento fabril. Este último, representado en forma de árbol, con el siguiente orden jerárquico:

1. Área (nombre de la misma)
 - 1.2 Equipo (nombre y ficha técnica)
 - 1.2.1 Elemento (nombre y ficha técnica)

Al dar clic sobre cada uno de esos aspectos, se muestra en el centro de la página la descripción del mismo, como se indica en la figura 3.

En la ventana de pre-visualización de la Empresa Azucarera se exponen los datos generales descritos en la tabla 2 y al dar clic sobre el icono de la misma se pasa a la página que, además de los datos antes mostrados, contiene los valores consolidados de los indicadores industriales de todos los centrales que se le subordinan.



Figura 3. Página que describe en detalle al central azucarero.

Camino de migas o *breadcrumbs* y buscador

La navegabilidad de la información se mantiene en cualquier nivel, brindando siempre al usuario opciones rápidas de ir al tope de la información o a cualquiera de los niveles anteriores.

Se propone el uso del camino de migas o *breadcrumbs* para apoyar y mejorar la calidad de la navegación de los usuarios. Por ejemplo: si el usuario navega hasta la página que caracteriza en detalle al ingenio Jesús Rabí, su camino de migas será: Inicio>>Matanzas>>Jesús Rabí.

Esto le brinda al usuario la opción de regresar a cualquiera de esas páginas mediante los enlaces mostrados y le proporcionará una idea real de la ubicación jerárquica, dentro del sitio, de la página accedida por él.

También se puede llegar a los centrales y Empresas Azucareras mediante el buscador. El mismo permite realizar búsquedas libres desde todas las páginas del sitio, incluyendo búsquedas por varios elementos del modelo de datos de la aplicación relacionadas con las entidades descritas.

Menús

La barra de menús del sitio está ubicada en la esquina superior izquierda de todas las páginas (debajo del logotipo), de forma tal que siempre estarán visualizados los submenús: Mapa, Biblioteca, Enlaces y Ayuda.

Tiene la peculiaridad de que en algunas páginas aparece un nuevo submenú, necesario en esa página en particular y no en otra. Por ejemplo: al ubicarse el usuario en la página de un ingenio en específico, aparece el submenú Opciones que permite activar los enlaces: Descargar Convert e Importar Equipamiento (ver figura 3)

Submenú Mapa: Tiene como enlaces al nombre Cuba y de todas sus provincias, de manera que facilita la navegación entre las zonas geográficas representadas en el mapa del país, incorporado al sitio.

Submenú Biblioteca: Muestra como opciones un vínculo a un Glosario de términos azucareros, y otro, al Centro Virtual de Información Tecnológica de AZCUBA (CEVITA).

CEVITA es un proyecto en desarrollo, perteneciente al ICIDCA, que pretende integrar la información documental del sector azucarero en un centro virtual común que pueda ser accedido desde todas las instituciones de AZCUBA.

Submenú Enlaces: Como opciones tiene vínculos a los diferentes sitios relacionados con la industria azucarera cubana, por ejemplo: el sitio de AZCUBA (<http://www.azcuba.cu>) y el sitio Zafra (<http://www.zafra.minaz.cu>), y otros más enfocados hacia la asistencia técnica y el abastecimiento, por ejemplo: <http://www.repuestos.atiz.minaz.cu:81/> (muestra las solicitudes de repuestos críticos de cada ingenio).

Submenú Ayuda: Como opciones incluye Equipamiento (explica cómo se introducen los datos sobre el equipamiento fabril dentro del sitio), Contacto (muestra contactos de interés para el usuario), Acerca de (explica en qué consiste la aplicación y algunas de las tecnologías web que han sido usadas en su desarrollo).

Implantación del sistema de información gerencial

El SIG actualmente está hospedado en los servidores web de la red organizacional de Azcuba, de forma tal que puede ser accedido y consultado desde todas las entidades del Grupo Azucarero, y además actualizado desde todos los ingenios y empresas azucareras del país que tengan acceso a la web organizacional.

El completamiento de los datos que este sistema puede almacenar y su actualización sistemática es de gran importancia pues también ayudará a los especialistas que deben realizar análisis de eficiencia industrial y energética. Ellos podrían disponer de la información relacionada con todo el equipamiento industrial sin necesidad de entrar a las fábricas. Esto permitiría elaborar análisis previos como la preparación de visitas técnicas para evaluar el comportamiento de la industria.

CONCLUSIONES

Con la implantación de este sistema de información gerencial se integran todos los datos sobre industria que están dispersos en varias fuentes de datos ya existentes en el sector azucarero (MainPack, IPLUS y otras mencionadas).

El SIG expuesto, al ser una aplicación web aprovecha la infraestructura de la red organizacional de Azcuba para tributar información al sector azucarero desde cualquier nivel de gestión.

Disponer de un sistema de información gerencial es de mucha utilidad para la industria azucarera porque les permite a los directivos y técnicos del sector contar con una herramienta integradora que recopile, seleccione y resuma toda la información existente sobre los ingenios azucareros y su producción en tiempo de zafra, así como toda la relacionada con el proceso fabril. De forma oportuna y actualizada facilita la diseminación de dicha información a todos los niveles de dirección para la toma de decisiones estratégicas, de recursos humanos, del proceso inversionista, para la reparación y el mantenimiento del equipamiento de dichos ingenios (muy costoso, por lo tanto necesita ser bien planificado) y para saber el estado de los principales indicadores industriales durante la zafra e históricos, y para poder hacer análisis comparativos a partir de los datos proporcionados.

A partir de los cuatro grupos de contenidos que describen los ingenios azucareros del país este sistema podrá recopilar la información necesaria para restablecer la creación del anuario azucarero cubano.

El SIG también contribuirá al conocimiento y el aprendizaje organizacional al incorporar nuevos métodos de análisis, actualización y obtención de información en sus diferentes niveles, favoreciendo con ello la toma de decisiones, el cambio y la creatividad en AZCUBA.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Correa Morocho, R.; Saavedra Arango, M., Arévalo; Casariego, J.C. Sistemas de Información Gerencial. [en línea] Contribuciones a la Economía, 2009. <http://ideas.repec.org/a/erv/contri/y2009i2009-1036.html> [Consulta Ene 7, 2011]
2. Laudon, K.; Laudon, J. Citado por: Management Information System. [en línea] Definition from Answers.com.<http://www.answers.com/topic/management-information-system> [Consulta Nov 12, 2010].
3. Shelly, Cashman, Vermaat. Types of information systems. [en línea] Discovering Computers 2000. Concepts for a Connected World, 2000. <http://bisom.uncc.edu/courses/info2130/Topics/istypes.htm> [Consulta Nov 12, 2010]
4. Muñoz Cañavate, A. Sistemas de información en las empresas. [en línea] Hipertext.Net, 2003;(1). <http://www.hipertext.net/web/pag251.htm#3> [Consulta Nov 30, 2010]
5. Ronda Martínez, R., Sánchez León, O. Sistemas de Información para el apoyo a la toma de decisiones gerenciales. [en línea]. Monografias.com, 2003. <http://www.monografias.com/trabajos17/sistema-gerencial/sistema-gerencial.shtml> [Consulta Abr 8, 2011].
6. Fernández Cabrera, I. Python [Tesis]. Ciudad de La Habana: Instituto Superior para la Enseñanza Técnica y Profesional "Pineda Valdés"; 2008.
7. Manual azucarero cubano. La Habana: Ediciones de Ciencia y Técnica. Instituto Cubano del Libro, 1971. 1208 p.

Comparación ambiental de la generación de energía eléctrica a partir del bagazo y fuel oil

Berlan Rodríguez-Pérez¹, Ana Margarita Contreras-Moya², Elena Rosa-Domínguez²

1. Departamento de Ingeniería Industrial, Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales,
Universidad de Cienfuegos, Carretera a Rodas, Cuatro Caminos, Cienfuegos, Cuba.

2 Centro de Estudios de Química Aplicada, Facultad de Química y Farmacia,
Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas.
brguez@ucf.edu.cu

RESUMEN

La presente investigación, tiene como objetivo realizar una comparación sobre la base del impacto ambiental en la generación de electricidad, entre la generación a partir de la industria azucarera, y correspondiente a partir de fuel oil en centrales termoeléctricas. En el desarrollo del trabajo se utilizan técnicas de recopilación de información como: entrevistas personales, revisión bibliográfica, tormenta de ideas y el trabajo en equipo, que sirven de apoyo para la utilización de mapas de proceso y diagrama de flujo, para complementar la aplicación del Análisis del Ciclo de Vida. Se toma como referencia la metodología de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) que aparece en la serie de normas NC ISO 14040. A partir del desarrollo de las fases del procedimiento aplicado: definición de alcances y objetivos, análisis de inventario, evaluación de impacto ambiental y análisis de mejora; se logran identificar y cuantificar los principales impactos que se generan en la producción de electricidad a partir de bagazo y fuel, demostrando la factibilidad ambiental de la generación a partir de biomasa.

Palabras clave: Análisis de Ciclo de Vida, generación de electricidad, comparación ambiental.

ABSTRACT

This research aims to make a comparison on the basis of the environmental impact of electricity generation in sugar industry, and the corresponding from fuel oil in thermoelectric plants. For the developing of this the work several information techniques were used namely: personal interviews, literature review, brainstorming and teamwork that support the use of process maps and flow chart, to complement the implementation of Life Cycle analysis. As a reference, the methodology of analysis of Life Cycle Assessment (LCA) published on the set of standards NC ISO 14040 was taken. From development of the procedure applied. several results were drawn: definition of scope and objectives, inventory analysis, impact assessment and improved environmental analysis which lead to the identification and quantitation of the major impacts generated in the production of electricity from bagasse and fuel, demonstrating the environmental feasibility of its generation from biomass.

Keywords: Life Cycle Assessment, electricity generation, environmental comparison.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, el reconocimiento de la importancia de los problemas ambientales y socio económicos ha aumentado enormemente. La humanidad está tomando cada vez más conciencia de que el consumo de productos manufacturados y de servicios ofrecidos contribuye de cierta forma, a los efectos adversos sobre los recursos y la calidad del medio ambiente (1). Estos efectos pueden tener lugar en todas las etapas del ciclo de vida de un producto o servicio, desde la extracción de la materia prima hasta la fabricación, distribución y consumo del producto e incluyen una serie de opciones para la gestión de los residuos (2).

El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) proporciona una herramienta valiosa para evaluar un sistema productivo, en cuanto a la eficiencia del uso de los recursos y manejo de desperdicios; aunque no es apropiado, sin embargo, si se quiere analizar los impactos ambientales específicos de un proyecto puntual. En este caso, deben aplicarse los métodos de evaluación de impacto ambiental establecidos (3).

El ACV ayuda a la organización a ganar ventajas competitivas y comparativas a través del ahorro de costos y mejora de posiciones en el mercado, incremento de ganancias y reforma de la imagen de la empresa o de un producto determinado (4).

La ventaja del ACV es que las personas encargadas de tomar decisiones, pueden evitar generar nuevos problemas ambientales al intentar corregir los existentes, o crear problemas ambientales en otras etapas del Ciclo de Vida (5). En los últimos años el ACV se ha impuesto como herramienta a la hora de evaluar los impactos potenciales de los productos (6).

El progresivo avance de la electricidad en el modelo energético de los países desarrollados durante los últimos años, así como también sus mayores ventajas en materia de transporte al por mayor y posterior distribución al por menor, hacen que el consumo de energía eléctrica esté sustituyendo a otras formas alternativas de energía final (3). Además de aportar importantes ventajas para los consumidores, el mayor peso de la electricidad está en el modelo energético que facilita la ampliación de medidas de eficiencia energética y del uso de energías limpias en la generación, permitiendo reducir la emisión de gases de efecto invernadero, y contribuyendo a mitigar la vulnerabilidad derivada de la dependencia de los combustibles de origen fósil (7).

El Consejo Mundial de Energía, (WEC, por sus siglas en inglés) llevó a cabo una compilación de estudios de análisis de ciclo de vida de diferentes tecnologías de generación de energía eléctrica

desarrollados en los últimos 15 años a nivel internacional (8). Estos análisis consideraron la cadena completa de producción de energía, desde la exploración y la extracción hasta su uso final, pasando por almacenamiento, transporte, transformación en combustibles secundarios; es decir, la energía primaria desde su origen hasta su uso final. De esta forma, se determinó la accesibilidad, disponibilidad y aceptabilidad de la producción de energía eléctrica (7).

Con el triunfo de la revolución, en Cuba se adquiere conciencia del grado de deterioro del medio ambiente y se empiezan a dar los primeros pasos necesarios para revertir esta situación (9) es así que comienzan a aparecer normativas con el fin de proteger el entorno, estas tienen carácter obligatorio para las empresas e industrias que constituyen fuentes contaminantes, así como para las nuevas fábricas que se crean las cuales deben cumplir también el requisito de no dañar el medio ambiente (1).

Partiendo de lo anterior surge la siguiente interrogante ¿Cómo cuantificar los impactos ambientales potenciales de la generación de electricidad a partir de bagazo de caña, con vistas a compararlos con otras fuentes de generación de electricidad?

La aplicación del análisis de ciclo de vida permite evaluar y comparar el perfil ambiental de la generación de electricidad. Para ello, primeramente se realiza el inventario de ciclo de vida de la generación a partir de bagazo de caña; el cual se comparará con el de la generación por Diesel y por Fuel Oil, ya sea en grupos electrógenos o en la termoeléctrica "Carlos Manuel de Céspedes". Luego de evaluado el perfil ambiental de los distintos tipos de fuentes generadores, a través de un estudio de incertidumbre, se comparan estadísticamente los valores de los impactos, para lograr una mejor fiabilidad en los resultados.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización de esta investigación, se utiliza el procedimiento de Análisis de Ciclo de Vida (ACV), según las normas NC-ISO 14 040 a la 43. El ACV es un proceso en el que se reconocen 4 etapas:

- Definición del objetivo y alcance.
- Análisis del inventario del ciclo de vida.
- Evaluación del impacto del ciclo de vida.
- Análisis de mejoras.

En la figura 1 se ilustran las conexiones entre estos cuatro pasos y se puede reconocer que se trata de un proceso iterativo, el cual permite incrementar el nivel de detalle en sucesivas iteraciones.

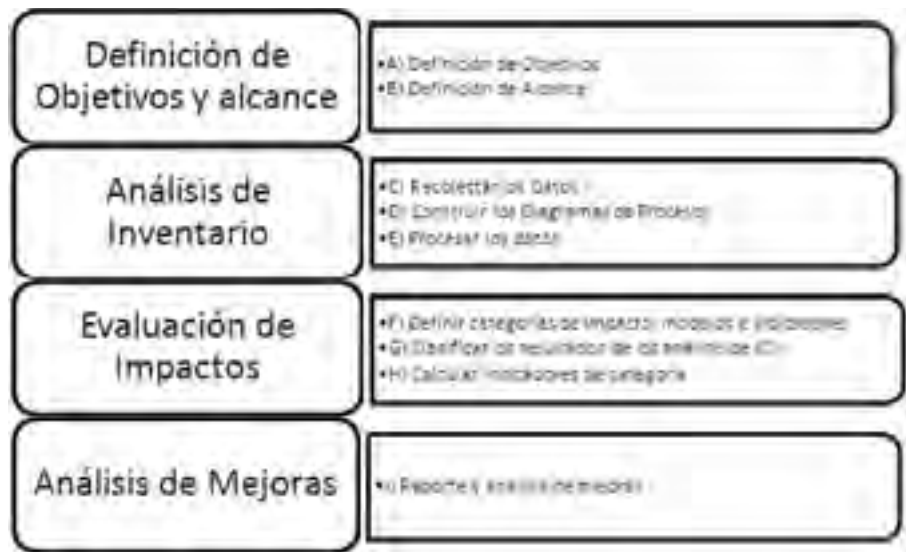


Figura 1. Etapas de la metodología ACV según NC-ISO 14041.

caña y en la elaboración de azúcar. Para ello se han solicitado datos a las siguientes entidades:

- EA "Antonio Sánchez", Aguada de Pasajeros.
- EA "14 de Julio", Abreus.
- EA "5 de Septiembre", Rodas.
- Grupo Extensión y Servicio Agrícola (GESA) Cienfuegos
- Dirección Provincial de Cienfuegos del Ministerio de la Industria del Azúcar (MINAZ)
- Central Termoeléctrica "Carlos Manuel de Céspedes" de Cienfuegos

El presente estudio de ACV se ha realizado utilizando una herramienta informática OpenLCA, que analiza y compara los aspectos medioambientales de un producto de una manera sistemática

Unidad funcional

La unidad funcional del sistema analizado se define como la generación de 1 kwh de energía eléctrica, entregada al Sistema Electroenergético Nacional.

Definición de los límites del sistema

Para el caso de la generación a partir de bagazo, se circunscriben a la elaboración de azúcar en las empresas "Antonio Sánchez", "14 de Julio" y "5 de Septiembre", ubicadas en los municipios Aguada de Pasajeros, Abreu y Rodas pertenecientes a la provincia de Cienfuegos. Los límites temporales considerados son desde el año 2011 al 2013, para los inventarios. Para este estudio quedan excluidas: las cargas ambientales relativas a la fabricación y mantenimiento de las maquinarias e infraestructuras necesarias para el cultivo de la caña de azúcar, los vehículos de transporte, la producción de fertilizantes y herbicidas, y las implicaciones de circulación, distribución y consumo del producto final. El suelo se toma como parte del sistema productivo, se ha incluido hasta la profundidad del nivel freático.

Para la generación a partir de fuel se toma como referencia la Central Termoeléctrica "Carlos Manuel de Céspedes" de Cienfuegos. Utilizando en correspondencia los límites temporales de 2011 al 2013 para los inventarios.

Calidad de los datos

Los datos han sido acopiados, seleccionado los procesos cuya contribución a los flujos de masa y energía se espera que sean importantes y cuyas emisiones sean relevantes para el medio ambiente. Estos procesos son los incluidos en el cultivo de la

siguiendo las recomendaciones de las normas ISO serie 14 040. Se utilizan bases de datos publicadas y disponibles, para los procesos más comunes como combustibles y productos químicos. Las bases de datos usadas son:

- Ecoinvent
- ETH-ESU
- IDEMAT

ETAPA 2: ANÁLISIS DEL INVENTARIO

Recolección de datos

En el proceso de recolección de los datos necesarios para la investigación se procede primeramente a describir cada uno de los procesos involucrados.

• Descripción del proceso de cultivo de la caña

El cultivo de la caña de azúcar es la etapa inicial de suma importancia, en esta intervienen parámetros que se deben cumplir según se recomienda por el Instituto de Investigaciones de la de la Caña de Azúcar (INICA). A continuación se describe cualitativa y cuantitativamente el proceso.

1. Preparación de suelos

Tiene por objetivo fundamental formar el lecho adecuado para la siembra, eliminar las malezas y crear condiciones para el posterior desarrollo de la plantación. Sus características se determinan en función del relieve, el clima, los suelos y propiedades físicas, químicas y principales factores limitantes.

2. Plantación

Las características de la plantación de la caña, así como los factores que intervienen en este proceso son ampliamente discutidos en (2;3;10);

según estos estudios en las condiciones climatológicas de Cuba nace el 40 % de las yemas que se plantan, por tanto el método más utilizado es triple trozo punta con punta, es decir a surco corrido y a 1.60 m entre ellos alcanzando entre 10 - 11 t/ha de semilla.

3. Control de malezas

Esta operación se realiza con el fin de eliminar todas las malezas o malas hierbas que dañan la planta y le impiden su desarrollo y crecimiento. Para dicha labor se aplican distintos herbicidas de acuerdo al tipo de maleza y al estado de la planta. Antes de ser utilizados estos herbicidas son probados por el Instituto de Sanidad Vegetal y el (INICA) para determinar la cantidad necesaria que debe ser utilizada para eliminar las malezas sin dañar el medio ambiente.

4. Aplicación de fertilizantes

La caña de azúcar, como toda especie vegetal, requiere un conjunto de nutrientes para su desarrollo y crecimiento, cuyas necesidades varían cuantitativamente, ya que algunos elementos que se consumen en cantidades muy pequeñas son también indispensables para el desarrollo de las plantaciones. En la fertilización se pueden utilizar fertilizantes de origen mineral y de origen orgánico.

5. Corte y cosecha

El sistema de cosecha empleado presenta dos vías principales de suministro de caña a la fábrica: el corte por máquina combinada y su envío directo a la fábrica; y el corte manual o de combinada, su envío a los centros de limpieza en seco y de estos a la fábrica. En ningún caso no se realiza una separación total de estos residuos, denominándose como materias extrañas aquellos que llegan al central. En el desarrollo de ambos métodos se utilizan como equipos: KTP-2M o Case y John Deere.

• Descripción del proceso de producción de azúcar

1. Recepción de la Caña

La caña que llega del campo se muestrea para determinar las características de calidad y el contenido de sacarosa, fibra y nivel de impurezas. Luego se pesa en básculas y se conduce a los patios donde se almacena temporalmente o se dispone directamente en las mesas de lavado de caña para dirigirla a una banda conductora que alimenta las picadoras.

2. Picado de caña

Las picadoras son unos ejes colocados sobre los conductores accionados por turbinas, provistos de cuchillas giratorias que cortan los tallos y los convierten en astillas, dándoles un tamaño más uniforme para facilitar así la extracción del jugo en los molinos.

3. Molienda

La caña preparada por las picadoras llega a los molinos, constituido cada uno de ellos por dos o tres mazas metálicas y mediante presión extrae el jugo de la caña. Cada molino está equipado con una turbina de alta presión. En el recorrido de la caña por el molino se agrega agua de imbibición, generalmente caliente, para extraer al máximo la cantidad de sacarosa que contiene el material fibroso. Éste proceso de extracción es llamado maceración.

4. Clarificación/purificación

La clarificación del jugo se da por sedimentación; y el jugo claro queda en la parte superior del tanque. Éste jugo sobrante se envía a los evaporadores y la cachaza sedimentada que todavía contiene sacarosa pasa a un proceso de filtración antes de ser desechada al campo para el mejoramiento de los suelos pobres en materia orgánica. Para el desarrollo de este proceso se adiciona lechada de cal ($\text{CaO} + \text{H}_2\text{O}$) 0,7kg/t caña que eleva el pH con el objetivo de minimizar las posibles pérdidas de sacarosa y ayuda a precipitar impurezas orgánicas e inorgánicas que vienen en el jugo. Como resultado de este proceso se obtiene la cachaza un 2,75 % del total de caña molida y el jugo purificado.

5. Evaporación

Se comienza a evaporar el agua del jugo. Se recibe en los evaporadores con un contenido de sólidos solubles entre 10 y 12% y se obtiene una meladura o jarabe con una concentración aproximada de sólidos solubles del 55 al 60%. Se da en evaporadores de múltiples efectos al vacío, que consisten en una solución de celdas de ebullición dispuestas en serie. La meladura es purificada en un clarificador. La operación es similar a la anterior para clarificar el jugo filtrado.

6. Cristalización

La cristalización se realiza en los tachos, recipientes al vacío de un solo efecto con la adición de Cristal 600. El material resultante que contiene líquido (miel final) y cristales (azúcar) se denomina masa cocida. El trabajo de cristalización se lleva a cabo empleando el sistema de tres cocimientos o templas para lograr la mayor concentración de sacarosa.

7. Centrifugación

La masa pasa por las centrifugas, máquinas giratorias en las cuales los cristales se separan del licor madre por medio de una masa centrífuga aplicada a tambores rotatorios que contienen mallas interiores. La miel que sale de las centrifugas se bombea a tanques de almacenamiento para luego someterla a superiores evaporaciones y cristalizaciones en los tachos. Al cabo de dos cristalizaciones sucesivas se obtiene una miel final (melaza) que se retira del proceso y se

comercializa como materia prima para la elaboración de alcoholes. Para la determinación de todas las entradas y salidas a cada operación del proceso es necesario realizar un balance de masa.

- **Descripción del proceso de generación de electricidad en la CTE de Cienfuegos**

El proceso de generación de electricidad en una central termoeléctrica se realiza a partir de sobrecalentar el vapor de agua para mover un generador, en este caso se necesita que el agua esté libre de impurezas, pues estas causan desperfectos y desgastes en las partes móviles de los equipos. Es por eso que el proceso comienza con el tratamiento del agua cruda. El agua pasa por un proceso de sedimentación, donde se eliminan gran parte de los sólidos suspendidos. Luego pasa por un proceso de desmineralización que comienza con un filtrado mecánico y después por un tratamiento iónico, dando como resultado un agua pura y desmineralizada.

Luego esa agua tratada pasa a la caldera para la generación de vapor. En la caldera existen varios pisos de quemadores que se operan automáti-

camente, controlando de esta forma la temperatura del vapor. Estos quemadores se caracterizan por el uso de tres tipos de aire en la combustión, aire primario que va directamente a la zona de combustión, aire secundario que produce un vórtice en la llama buscando acortar esta y estabilizar la combustión y un aire terciario que puede ser suministrado a la zona de combustión en caso de que esta no tenga la cantidad de oxígeno requerida, los quemadores llegan a operar con valores de NOx por debajo de 175 ppm. Con el vapor generado se mueve el rotor del generador, el cual produce la electricidad. El vapor pasa varias veces por el rotor, pues pierde entalpía a su paso, ya que la convierte en trabajo realizado.

Construcción de los diagramas de procesos

- **Generación a partir de bagazo.**

Con la información expuesta anteriormente se está en condiciones de elaborar el inventario del proceso de elaboración de azúcar, en el mismo se recogen todas las materias primas, el uso de energía, combustible y las salidas o emisiones de cada uno de los procesos que intervienen en el ciclo de vida estudiado (ver tabla 1).

Tabla 1. Inventario de ciclo de vida de la producción de azúcar en la provincia de Cienfuegos

Producto	UM	Media	Producto	UM	Media
Ametrina	kg	13 362,47	Agua de imbibición	m ³	58 549,40
Amigan	kg	53 449,93	Azúcar de caña	t	25 226,33
Amoniaco(NH ₃)	kg	179 500,00	Azúcar de caña (refino)	kg	480,60
Asulam	l	44 541,45	Bagacillo	t	76 866,32
Cloruro de Potasio (KCL)	kg	476 130,0	Bagazo	t	88 555,67
Compost	t	2 928,57	Cachaza	t	8 367,33
Diesel	l	1 151 739,51	Caña de azúcar	t	240.315,0
Diurón	kg	53 449,93	Demanda Biológica de Oxígeno (DBO)	kg	905,43
Envoke	kg	356,33	Demanda Química de Oxígeno DQO	kg	1 998,39
Esterol	L	17 816,63	Dióxido de carbono	t	11 512,24
Finale	L	13 362,47	Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	g	351,26
Glifosato	L	26 724,93	Energía aportada	kW	1 682 205
Hexazinona	L	13 362,47	Energía consumida	kW	7 449 765
Merlin	kg	3 563,33	Etanol de caña	kg	6 336,61
MSMA	L	26 724,93	Ión amonio (NH ₄)	g	159,54
Nitrato de Amonio	kg	753 366,67	Melaza (Miel final)	t	8 566,33
Sal de Amina	L	17 816,63	Óxido de calcio (CaO)	kg	156 204,75
Semilla de caña	T	93 537,33	Residuales líquidos	m ³	1 204,50
Suelo	ha	8 908,32	Residuos sólidos	t	57 288,72
Superfosfato Triple (SPT)	kg	273 766,67	Vapor de biomasa	t	177,11
Urea	kg	556 833,33	Vinazas diluidas	m ³	272 697,0

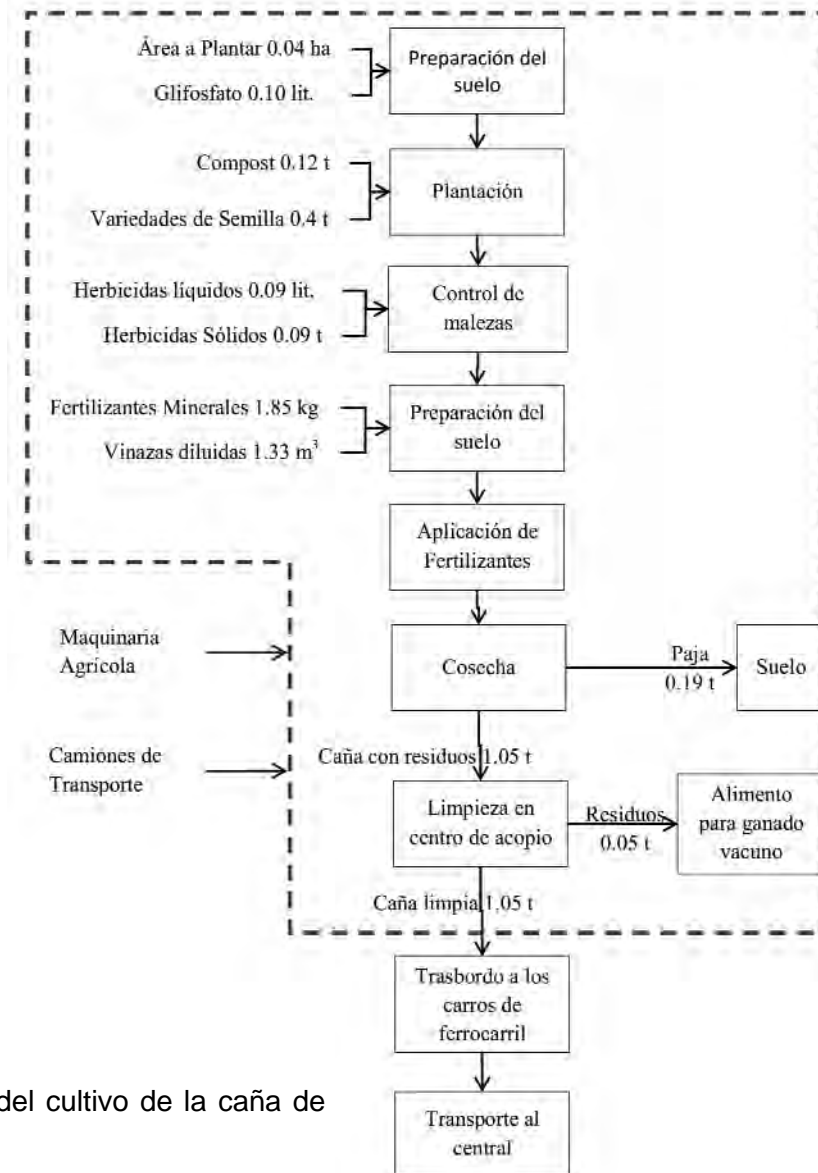


Figura 2. Proceso del cultivo de la caña de azúcar.

La descripción de las operaciones que se llevan a cabo en los procesos cultivo de la caña y fabricación de azúcar, sirven de base para diagramar los mismos, mediante los cuales se muestran de forma gráfica toda la información abordada hasta ahora. La figura 2, representa el proceso del cultivo de la caña de azúcar y en la figura 3 es posible observar de forma esquemática y detallada la elaboración de azúcar según se realiza en las empresas azucareras. Cada uno de estos procesos están enfocados a la obtención de 1t de producto final: caña de azúcar, azúcar; además están definidos los límites del sistema según quedaron planteados en la etapa de definición del alcance del estudio.

• Generación a partir de fuel

Para el caso de la generación eléctrica a partir de fuel, se presentan en la tabla 2, los datos anuales de los balances de masa que se suceden

en la Termoeléctrica para su producción. Las etapas del proceso están representadas en la figura 4, relacionando los insumos y salidas correspondientes.

• Procesar los datos

Con toda la información necesaria para el estudio y el cumplimiento de los objetivos planteados se procede a introducir los datos en el software OpenLCA, con el cual se procesan para evaluar el impacto ambiental de la generación de electricidad a partir de bagazo y de Fuel Oil con vistas a compararlos.

ETAPA 3: EVALUACIÓN DEL IMPACTO

Para el caso de la generación de electricidad a partir del bagazo residual de la industria azucarera, según se muestra en la figura 5, los principales impactos están relacionados con las categorías de

Tabla 2. Inventarios de la generación eléctrica a partir de fuel

	2008	2009	2010
Generación bruta MWh	7 16 844	372 261	838 670
Agua cruda (m ³)	377 802,667	96 042,398	141 145,17
Agua de mar (m ³)	224 640 000	224 640 000	224 640 000
Agua tratada (m ³)	111 889	73 335	74 108
Alúmina (Al ₂ (SO ₄) ₃) g	9 636 000	3 732 000	5 580 000
Sosa caustica 50% (NaOH) g	139 470 661	58 567 520	89 821 725
Ácido sulfúrico 98% (H ₂ SO ₄) g	196 693 244	7 006 3013	84 846 690
Hidrógeno (g)	89 971,2	8 9971,2	112 464
Aceite (L)	4 800	1 447	1 837
Fosfato trisódico (Na ₃ PO ₄) (g)	365 365	204 949	196 230
Hidracina al 4 % (H ₄ N ₂) (g)	389 455	117 558	302 715
Sulfato ferroso (FeSO ₄) (g)	2 500 000	2 500 000	2 500 000
Diesel (g)	261 240 000	244 550 000	190 130 000
GASES			
Dióxido de carbono CO ₂ (%)	14,7583	14,8167	14,8375
CO (ppm)	89,7500	76,2500	13,7500
NO (ppm)	185,4167	217,2500	250,6250
NOX (ppm)	140,0000	212,3750	260,0000

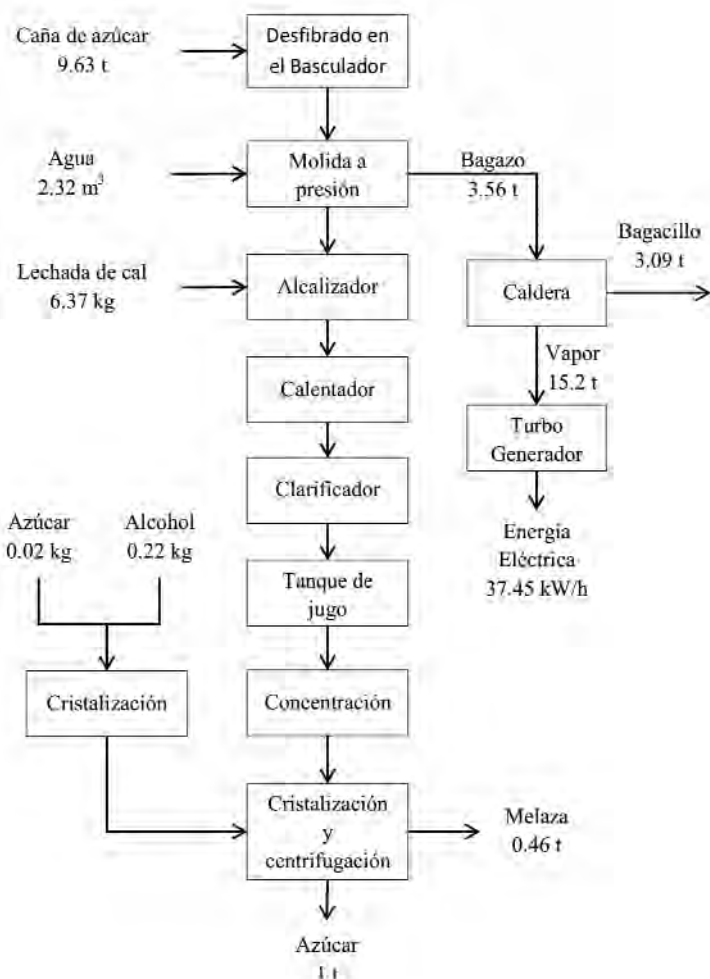


Figura 3. Etapas del proceso de fabricación de azúcar.

Ocupación del Suelo, Cambio Climático, Uso del Agua, Eco-Toxicidad del suelo y acidificación del suelo, los que responden a las actividades de cultivo, transporte y procesamiento de la caña. En este caso la categoría de cambio climático se ve afectada principalmente, por el gasto de combustibles que ocurre en el transporte desde el campo al central.

Para la generación de electricidad a partir de fuel oil, como se muestra en la figura 6, se obtienen los mayores impactos para las categorías de Agotamiento de Combustibles Fósiles, Cambio Climático, Eco-toxicidad del Agua, Formación de Oxidantes Fotoquímicos y la Acidificación de los Suelos. Estos impactos a los recursos y a la atmósfera responden principalmente a la quema de combustibles fósiles. En el caso de la contaminación de las aguas, responde a las actividades de limpieza de los equipos de la planta, mayormente los Calentadores de Aire Regenerativos (CAR); para lo cual se usan productos químicos tóxicos y se arrastran con ellos otros tóxicos como los metales pesados, generalmente provenientes de impurezas de los combustibles.

La comparación entre estas dos fuentes de generación de electricidad se puede ver en la figura 7, a partir de

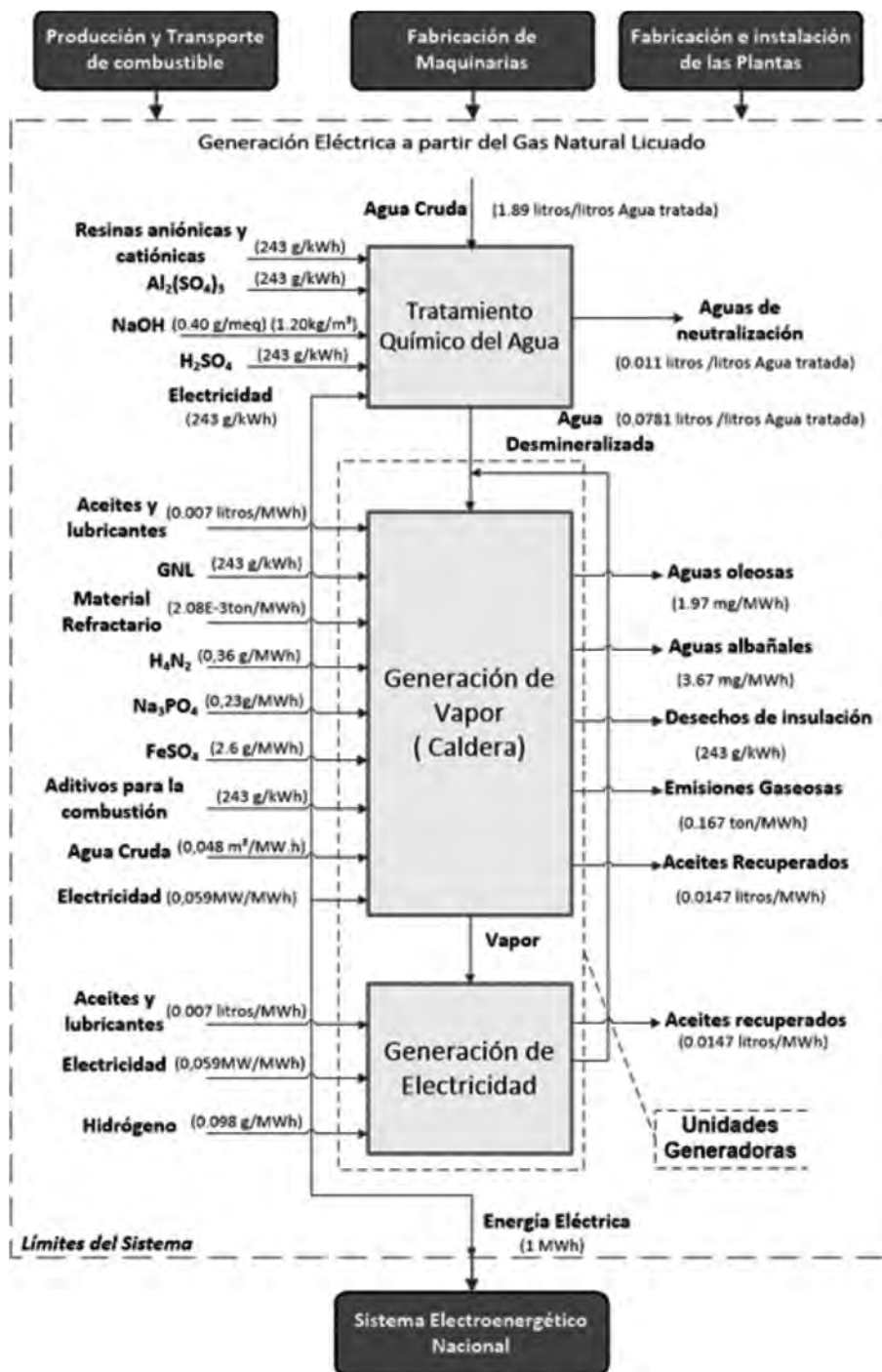


Figura 4. Etapas de la generación de eléctrica a partir de fuel oil.

la cual se evidencia que la producción de electricidad a partir de bagazo es un 20 % menos contaminante que la producción a partir de fuel. Las categorías más relevantes en cuanto a su disminución en el impacto son las relacionadas con el Uso de Combustibles Fósiles y el Cambio Climático. En el caso de la generación a partir de bagazo se muestra que existen categorías más

impactantes que no se ven afectadas con la utilización de fuel, como son el Uso del Suelo y del Agua; sin embargo las contribuciones que tienen estas categorías resultan menores en comparación a las relacionadas con la Creación de Oxidantes Fotoquímicos la Eco-toxicidad del Agua y la Acidificación que se generan con la utilización de Fuel.

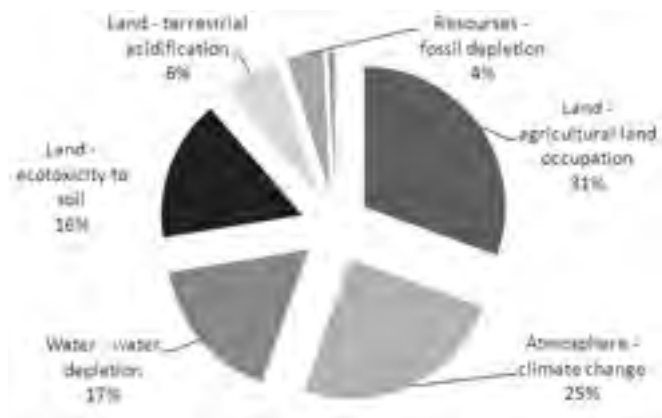


Figura 5. Evaluación de impacto de ciclo de vida para la electricidad a partir de bagazo.

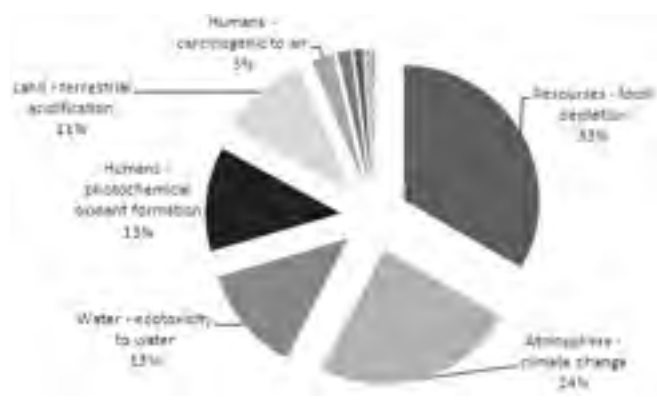


Figura 6. Evaluación de impacto de ciclo de vida de la generación a partir de fuel oil.

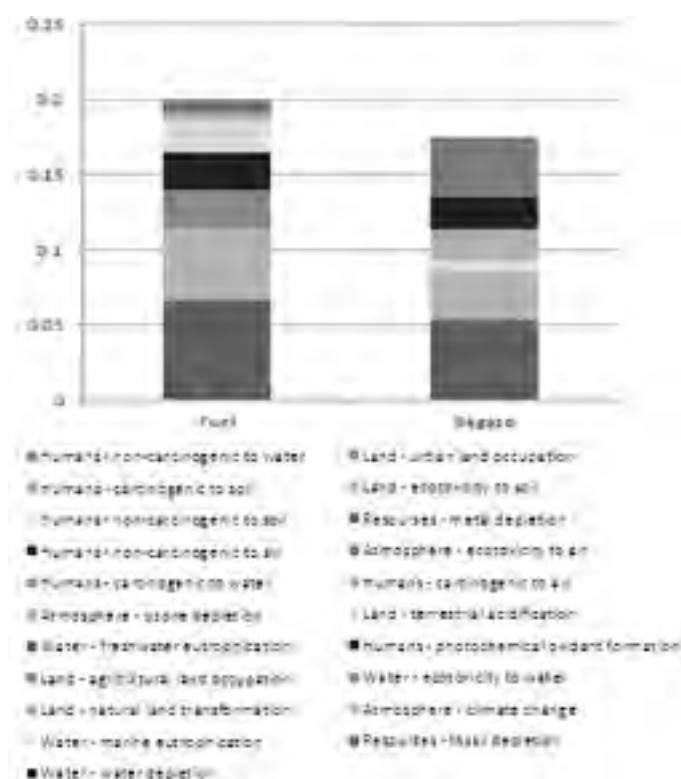


Figura 7. Comparación del impacto ambiental generado con las fuentes de energía.

CONCLUSIONES

Como se puede ver a partir del estudio realizado, la generación de electricidad a partir de bagazo es menos contaminante que a partir de fuel, pues tienen un menor impacto sobre la utilización de los recursos y las emisiones de compuestos que elevan el calentamiento global. El mayor aporte al calentamiento global y el uso de combustibles fósiles en el caso de la generación a partir de bagazo,

ocurre por la utilización del transporte, factor que contiene la mayor oportunidad de mejora para mitigar los impactos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. IPCC Chapter 6.12 global warming potentials. IPCC third assessment report-climate change 2001. International panel on climate change. 2003
2. Contreras, A.M. Comparative life cycle assessment of four alternatives for using by-products of cane sugar production. J Cleaner Prod 17(8):772-779. 2009
3. Vargas, O.R. Estimación del impacto ambiental del cultivo de caña de azúcar utilizando la metodología del análisis del ciclo de vida (ACV). 2003. Disponible en: <http://revistaing.uniandes.edu.co/pdf/Rv12-11.pdf?ri=04762ea47793540e110b58c864a5> 1968. [Consultado Enero, 2009].
4. Miller, S.A., Landis, A.E., Theis, T.L. Environmental trade-offs of bio based production. Environ Sci Technol 41(15):5176-5182. 2007
5. Beeharry, R.P. Carbon balance of sugar cane bioenergy systems. Biomass Bioenergy 20:361-370. 2001
6. Kadam, K.L. Environmental benefits on a life cycle basis of using bagasse-derived ethanol as a gasoline oxygenate in India. Energy Policy 30:371-384. 2002
7. Botha, T.; von Blottnitz, H. A. comparison of the environmental benefits of bagasse-derived electricity and fuel ethanol on a life-cycle basis. Energy Policy 34:2654-266. 2006
8. Macedo, I.C.; Seabra, J.E.A., Silva, J.E.A.R. Greenhouse gases emissions in the produc-

- tion and use of ethanol from sugar cane in Brazil: the 2005/2006 averages and a prediction for 2020. *Biomass Bioenergy* 32(7):582-595. 2008
9. Smeets, E.M.W.; Bouwmanw, L.F.; Stehfest, E. Contribution of N₂O to the greenhouse gas balance of first-generation biofuels. *Glob Change Biol* 15(1):1-23. 2009
 10. Wang, M.; Wu, M.; Huo, H. Life-cycle energy use and greenhouse gas emission implications of Brazilian sugarcane ethanol simulated with the GREET model. *Int Sugar J* 110 (1317):527-545. 2008
 11. Luo, L.; van der Voet, E.; Huppes, G. Life cycle assessment and life cycle costing of bioethanol from sugar cane in Brazil. *Renew Sustain Energy Rev* 13(6-7):1613-1619. 2009
 12. Ometto, A.R.; Hauschild, M.Z.; Roma, W.N.L. Life cycle assessment of fuel ethanol from sugar cane in Brazil. *Int J Life Cycle Assess* 14(3):236-247. 2009
 13. Hoefnagels, R.; Smeets, E.; Faaij, A. Greenhouse gas footprints of different biofuel production systems. *Renew Sustain Energy Rev* 14(7):1661-1694. 2010
 14. Nguyen, T.L.T.; Gheewala, S.H. Life cycle assessment of fuel ethanol from cane molasses in Thailand. *Int J Life Cycle Assess* 13(4):301-311. 2008
 15. Silalertruksa, T.; Gheewala, S.H. Environmental sustainability assessment of bio-ethanol production in Thailand. *Energy* 34 (11):1933-1946. 2009
 16. Rodriguez, B.; Rosa, E.; Contreras, A.M. Eco-Speed: Life Cycle Assessment Methodology for Latin-American Countries. International Conference on Life Cycle Assessment, Coatzacoalcas, México. 2011
 17. Bianchini, A.; Magalhães, P.S.G.; Braunbeck, O. Cultivo do solo em área de cana-de-açúcar. *Revista STAB* (Piracicaba) 19:6-8. 2001.
 18. García, H. R.; Peña, A. C.; López, R. A. Desarrollo de un sistema de evaporación y concentración de jugos de múltiple efecto para mejorar la eficiencia térmica y la productividad y disminuir el impacto ambiental en la producción de panela: tercer Informe de Avance del proyecto, CORPOICA, Bogotá-Colombia, 2009
 19. White, W.H.; Tew, T.L.; Richard, Jr., E.P. Association of sugarcane pith, rind hardness, and fiber with resistance to the sugarcane borer. *J. Am. Soc. Sugar Cane Technol.* 26, 87-100, 2006.

EDITORIAL ICIDCA le ofrece

- *Venta de más de 30 títulos sobre industria azucarera y sus derivados*
- *Venta y suscripción de la revista Icidca sobre los derivados de la caña de azúcar*



- *Servicios de edición*

Para más información:
 ICIDCA
 Vía Blanca 804 y Carretera Central,
 S.M.P. La Habana, Cuba
 E. mail: revista@icidca.edu.cu
 Teléfonos: 698-3000
 698-3008 ext. 210 o 211

instrucciones a los autores

Las contribuciones enviadas deben abordar la temática de todo lo concerniente al procesamiento de la caña de azúcar y sus derivados.

Se aceptarán contribuciones de los siguientes tipos:

1. Memorias Científicas Originales.
2. Comunicaciones.
3. Reseñas.
4. Trabajos de carácter teórico o descriptivo.

Se aceptarán solamente contribuciones inéditas. El envío de estas supone el compromiso del autor de no someterlas a la consideración de otras publicaciones y de ceder sus derechos a la revista.

Los artículos se someterán al sistema de revisión por pares, en la modalidad abierta al editor asociado, manteniendo el anonimato. Este recurso es inapelable.

Presentación de las contribuciones:

Se entregará una copia digital o se enviará por correo electrónico a: revista@icidca.edu.cu. También se remitirá una copia en papel. Se escribirán en español o en inglés, a dos espacios y en Arial 12 puntos, con una extensión máxima de 25 páginas. El formato a utilizar debe ser 8,5 x 11", los márgenes laterales, superior e inferior deben ser de 2 cm. Las tablas y figuras se insertarán en el lugar exacto y se acompañarán de su correspondiente título y pie de figura. El procesador de texto a utilizar será Microsoft Word. Las tablas deben crearse en este mismo software. Las figuras (fotografías, gráficos, esquemas) deben entregarse en formato JPG o TIF con una resolución de 300 dpi. Las unidades de medida deberán ser las especificadas en el Sistema Internacional de Unidades.

Estructura de las contribuciones:

- Título (en español e inglés): Conciso e informativo.
- Autor(es): Nombres completos y dos apellidos (resaltar en rojo responsable de la correspondencia)
- Institución donde labora(n) el(los) autor(es). Dirección de ésta.
- Correo electrónico del autor o los autores (imprescindible para enviar la copia electrónica del artículo en formato PDF)
- Resumen (en español e inglés): Los informativos son apropiados para las contribuciones del tipo 1 y 2; incluir el propósito de la investigación, así como los principales métodos, resultados y conclusiones. Las contribuciones del tipo 3 y 4 admiten la preparación de un resumen indicativo que exprese el tipo de artículo, los temas fundamentales, y la forma en que son tratados; debe utilizarse la forma impersonal con la partícula se y el verbo en tiempo presente. Se pueden combinar elementos de ambos y el resumen sería indicativo-informativo. El máximo de palabras a emplear debe ser de 200 y deben aparecer en un sólo párrafo.
- Palabras clave (en español e inglés): Términos o frases que describen aspectos fundamentales del contenido del artículo y no deben ser más de cinco.
- Introducción: Situación problemática. Problema de investigación e importancia. Estado del arte del que parte el autor para su aporte.
- En cuanto al desarrollo del artículo:
 - Para las contribuciones de los tipos 1 y 2 resulta más apropiado el esquema Materiales y Métodos, Resultados, y Discusión; las de los tipos 2 y 3 admiten otros subtítulos o epígrafes.
 - Materiales y Métodos: Explicar cómo se procedió.
 - Resultados: Presentar los hallazgos relevantes.
 - Discusión: Analizar e interpretar los resultados obtenidos.