

PRODUCCIÓN DE ENERGÍA Y BIOFERTILIZANTE A PARTIR DEL ASERRÍN

M. SC. MARÍA ANTONIA GUYAT DUPUY,¹ ING. ERNESTO ALDERETE ROSELL,²
ING. DIGNA VELÁZQUEZ VIERA,³ ING. KATIA MANZANARES AYALA⁴ Y TÉC. ISABEL
LÓPEZ ESCOBAR⁵

¹ Instituto de Investigaciones Forestales. Calle 174 no. 1723
e/ 17B y 17C, Rpto. Siboney, Playa, La Habana mguyat@forestales.co.cu

² Centro de Investigaciones del Petróleo, Washington no. 169
esq. a Churrucá, Cerro, La Habana

³ Forestal, Instituto de Investigaciones Forestales. Calle 174no. 1723
e/ 17B y 17C, Rpto. Siboney, Playa, La Habana, digna@forestales.co.cu

⁴ Instituto de Investigaciones Forestales. Calle 174 no. 1723 e/ 17B
y 17C, Rpto. Siboney, Playa, La Habana, katia@forestales.co.cu

⁵ Centro de Investigaciones del Petróleo. Washington no. 169
esq. a Churrucá, Cerro, La Habana

RESUMEN

La conversión de residuos en productos químicos mediante procesos bacteriológicos está cada vez más cobrando interés y vigencia en la comunidad científica mundial. Ello se debe a que en el mundo la biomasa se produce en grandes cantidades, llegando a constituir un problema de corte económico, sanitario e incluso ambiental. El objetivo del presente artículo es la caracterización del tratamiento anaeróbico de los residuos en la industria de la transformación primaria de la madera en el aporte energético y abono orgánico que resultan del proceso. Se emplearon diferentes combinaciones de excretas vacunas en la biodegradación del aserrín. El proceso de bioconversión se llevó a cabo en un fermentador Batch de 2 L. Al estudiar la combinación con el uso de inóculo vacuno y cambio de nutrientes, se observó que la producción de gas fue mayor en menos tiempo en las variantes (V2) y (V3), y alcanzó 39 días para aumentar la bioconversión a partir de la biomasa leñosa. Se comprobó que es posible el empleo de aserrín en la obtención de biogás, y se encontraron rendimientos de 1,6; 33,6 y 11,0 L/kg.

ABSTRACT

The conversion of residuals in chemical products by means of bacteriological processes is charging interest and validity more and more in the world scientific community; this is due to that the biomass takes place in the entire world in big quantities, ending up constituting a problem of economic, sanitary and even environmental court. The objective of the present work is the characterization of the treatment anaerobic of the residuals in the industry of the primary transformation of the wood in the energy contribution and organic payment that are of the process. It was used different combinations of you excrete vaccine in the biodegradation of the sawdust. The bioconversion process was carried out in a fermented Batch of 2 litres. When studying the combination with the use of I inoculate bovine and I change of nutritious it was observed that the production of gas was bigger in less time in the variants (V2) and (V3) reaching 39 days, the bioconversion increased starting from the woody biomass. He/she was proven that it is possible the employment of sawdust in the

La remoción de materia orgánica fue de 25% aproximadamente. El lodo digerido aumentó la concentración de nutrientes y mantuvo las relaciones de nutrientes iniciales. Este lodo, entre 65-75% del residual de biogás, puede usarse como abono orgánico, y pudiera ensayarse con él un proceso de lombricultura para obtener alimento proteico animal.

Palabras clave: energía, biogás, residuos forestales, biofertilizante, abono orgánico

biogas obtaining and he/she was yields of 1,6; 33,6 11,0 L/kg. The removal of organic matter was approximately of 25% and the digested mud increased the concentration of nutritious and it maintained the relationships of initial nutrients. This mud among a 65-75% of the residual one of biogas can be used like organic payment and it could be rehearsed with him, a lombricultura process to obtain feeds animal proteico.

Key words: energy, biogas, Wood-derived solid fuels, bio fertilizations, organic payment

INTRODUCCIÓN

La situación de la energía en casi todos los países de América Latina y el Caribe se ha dado en forma desordenada bajo criterios imitativos de modelos de uso en los países industrializados, con un desaprovechamiento local del potencial energético disponible y de un deterioro significativo del medio ambiente y de la calidad de vida de la población. En este sentido, la contribución de la biomasa leñosa en los esfuerzos por mitigar los problemas energéticos mundiales ha sido muy importante, ya que la leña es la fuente de energía tradicional utilizada por la población más pobre; pero a pesar de ello no se ha encontrado un sistema más económico y más dúctil para el aprovisionamiento de combustible.

En la década del noventa la relación entre energía y biomasa forestal, medio ambiente y desarrollo fue redefinida sobre la creciente importancia atribuida a los cambios climáticos y a la amenaza del efecto invernadero, estimada en 90% debido a la deforestación. No obstante, la fuente principal de emisiones de CO₂ a la atmósfera son los combustibles fósiles como el carbón mineral, el

petróleo y el gas natural en la generación de electricidad; por lo tanto, medidas de conservación y sustitución de esas fuentes energéticas revisten una importancia fundamental para controlar la evolución del efecto invernadero y garantizar un saneamiento ambiental del ecosistema y de la biosfera.

En los países desarrollados, donde la actividad industrial del sector forestal tiene un aporte significativo en la economía, los residuos de madera son utilizados industrialmente en un 50% con tendencia al incremento en una gran variedad de aplicaciones [Granja, 1992].

Si se considera que la industria maderera es la encargada de dar valor agregado al producto forestal y contribuir a la conservación y desarrollo de los recursos forestales mediante el aprovechamiento adecuado de la materia prima, se comprende la necesidad de mejorar los rendimientos hasta hoy obtenidos, y buscar alternativas para el aprovechamiento de los residuos generados durante el proceso primario de transformación de la madera [Soto, J. A. et al., 2000].

La conversión de biomasa a productos químicos mediante procesos bacteriológicos está cobrando interés y vigencia cada vez más en la comunidad científica mundial, lo que se debe a que la biomasa se produce mundialmente en grandes cantidades, llegando a constituirse en un problema de corte económico, sanitario y ambiental. Una de las tareas principales de los científicos y tecnólogos consiste en lograr tecnologías para la conversión de la biomasa con procesos menos dañinos, que permitan explotar este recurso de manera competitiva respecto a las tecnologías de explotación del petróleo [Aybar B. C. *et al.*, 1995].

El potencial de biogás en las condiciones actuales proviene de unos 78 millones de metros cúbicos de vertimientos y biodegradables, que constituyen hoy en su conjunto las principales fuentes de contaminación del país, fundamentalmente concentrados en las fábricas de azúcar, destilería y otros derivados. Adicionalmente a su beneficio energético por la producción de biogás, el tratamiento de estos vertimientos tienen un efecto mediato en la contaminación, y significa una producción adicional de biofertilizantes rico en potasio y activo como mejorador de suelo [Berriz, L. *et al.*, 1997].

Sin embargo, el biogás se puede obtener artificialmente haciendo fermentar desechos animales o vegetales en un recipiente llamado *digestor*, unido por un tubo a una gran bolsa de polietileno rico en metano y CO_2 . Este gas no purificado suministra entre 5 000 y 60 000 kcal/m³ [Bequette,

France, 1997]. Entre sus características más notables se encuentra que es un buen combustible y permite economizar leña, y sirve además para transformar el estiércol en un abono mejorado; elimina los malos olores, no despidе humo en las cocinas y suprime los organismos patógenos, saneando en consecuencia el entorno de la comunidad.

La acumulación, el transporte y la eliminación de gran cantidad de aserrín son los problemas inmediatos con los que tropieza toda política de utilización racional y económica de estos desperdicios, que en las condiciones de su producción resultan de escaso valor y como fuente de contaminación; sin embargo, adquieren valores estimables cuando son técnicamente tratados para aprovechar todas las posibilidades energéticas y materiales.

Teniendo en cuenta tales consideraciones, se decidió realizar la investigación, cuyo objetivo es examinar las posibilidades que tiene el aserrín de pino como sustrato para la producción de biogás.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la obtención de biogás se procedió según la metodología descrita por Guyat (2000). Consiste en la caracterización de la materia prima, pretratamiento del aserrín y su fermentación para la obtención del gas. Se emplearon diferentes variantes de nutrientes en la biodegradación del aserrín:

Variante 1: Urea y ortofosfato ácido de potasio.

Variante 2: Urea, cloruro de potasio, perfosfato sencillo, 400 g de excretas vacunas.

Variante 3: Urea, cloruro de potasio, perfosfato sencillo, 600 g de excretas vacunas.

La caracterización física, química y biológica se realizó usando los métodos oficiales de la ADAC, APHA (1992) y las normas cubanas.

En este proceso se fijaron las siguientes condiciones:

PH: 7- 8

Temperatura del baño: $35 \pm 2^\circ\text{C}$

Tratamiento: Biológico

Nutrientes: N_2 -2%, P_2O_5 -1%, K_2O -2%

Relación C/N: 20

Después de 20 días de digestión aeróbica, el proceso de bioconversión se llevó a cabo en un fermentador Batch de 2 L (Fig. 1). El material fue introducido en él para su digestión anaeróbica. El gas (biogás) se recogió en un gasómetro calibrado. Se tomaron muestras y se analizó por cromatografía gaseosa.

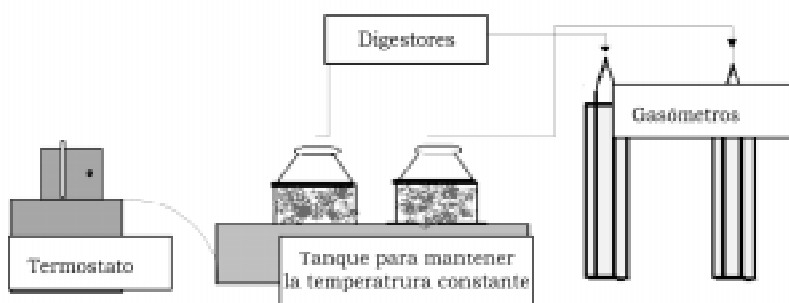


Fig. 1. Fermentador Batch de 2 L.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización del aserrín

Los resultados se muestran en la *Tabla 1*. Se observa que las muestras tienen bajo contenido de extractivos en agua caliente (2,14-4,56%), y en A-B entre 2,75-4,80%, mientras que el porcentaje de celulosa se encuentra entre 40,6-52,6%. El contenido de lignina se puede considerar bajo con valores de 20,0-26,5%, al igual que los azúcares reductores (0,005-1,053%) [Guyat, 1999]

El aserrín, como todo material complejo o lignocelulósico, ofrece una gran resistencia a la digestión biológica. En su caracterización presenta estructura fibrosa, con insuficiencia de nutrientes y prebióticos, y con una relación C-N mayor de 100. Por estas cualidades negativas no permite su biodegradación, y se confirma que su poder contaminante es más bien de orden físico y no biológico (*Tablas 2, 3, 4, 5, 6*).

TABLA I
Características de la madera ensayada

No. de muestras	Densidad (kg/m ³)	Extracción (A-B) (%)	Extracción (Ac) %	Celulosa (%)	Lignina (%)	Azúcares reductores (%)	Poder calórico (kcal/kg)
1	247	4,56	4,80	40,63	26,54	0,005	4 374
2	196	2,14	2,75	52,59	26,00	1,052	4 405
Media	221	3,35	3,76	46,61	26,27	0,529	4 391

TABLA 2
Caracterización física del aserrín

Elementos	Base seca (%)
Carbono	46,50
Nitrógeno	0,10
Fósforo (P ₂ O ₅)	0,07
Potasio (K ₂ O)	0,05
Calcio (CaO)	0,02
Zinc	Trazas
Cobre	Trazas
Cobalto	Trazas
Molibdeno	Trazas

TABLA 4
Caracterización del fertilizante

Elemento	Base Seca (%)
Nitrógeno	0,10-0,30
Fósforo	0,01-0,10
Potasio	0,01-0,05
Calcio	0,02-0,12

TABLA 3
Composición química del aserrín

Índice	Descripción
Estado	Sólido
Color	Amarillo a carmelita
Aspecto	Esponjoso
Estructura	Fibrosa
Granulometría	1-5 mm
Poder absorbente	8:1
Solubilidad	Insoluble
Densidad de bulto	221 g/mL

TABLA 5
Caracterización bromatológica del aserrín

Elemento	Base seca (%)
Proteína bruta	0,65-0,95
Grasa bruta	2,00-3,2
Fibra bruta	37,01-46,10
Extracción libre de nitrógeno	11,05-21,10
Cenizas	1,60-3,10
Celulosa	38,15-55,20
Lignina	-26,27

TABLA 6
Caracterización biológica del aserrín en suspensión a 8%

Índice	Valor
Sólidos totales	7,9-8,15
Sólidos volátiles	6,20-7,50
Sólidos fijos	1,55-2,83
Relación C/N	465

Los estudios de biodegradación del aserrín fueron determinados por el contenido de celulosa presente en los sólidos totales más los nutrientes. Se observó que en pretratamiento a los 15 días la muestra 1 se había degradado hasta 41,08% de celulosa con respecto al testigo (52%). En las variantes 2 y 3 se encontró 25,53 y 22,51% respectivamente. A partir de este tiempo la degradación ocurrió más lenta y alcanzaron 24,8 y 21,29% a los 23 días las variantes 2 y 3.

El aserrín con pretratamiento aeróbico resultó ser lógico, y no hubo que recurrir a ningún otro. Las sustancias insolubles no fermentan. Se consiguió modificar la estructura cristalina de la celulosa y separar la lignina, y permitir la solubilización y el ataque por los microorganismos en la digestión anaeróbica.

Con este tratamiento se asegura el metabolismo microbiano, se baja la relación C-N a menos de 30 para garantizar las necesidades energéticas de los microorganismos de la digestión biológica.

En las variantes 2 y 3 se empleó un factor sinérgico al usar como inóculo en diferentes proporciones un sustrato fibroso biodegradable como la excreta vacuna, unido a que previamente se sometió el aserrín a un suplemento nutricional y fermentación aeróbica.

Los resultados del digestor en Batch experimentó condiciones de largo tiempo de incubación para lograr la biodegradación anaeróbica de la madera (tiempo de retención o residencia). Se obtuvo 160 mL de gas/g de muestra utilizada para la variante 1 con un tiempo de cinco meses, período de duración para la producción de gas en estos tipos de reactores para una buena incubación de 60 a 90 días [Chynoweth, 1985].

Al estudiar la fermentación con el uso de inóculo vacuno y cambio de nutrientes, se observó que la producción de gas fue mayor en menos tiempo. Se alcanzaron 2 520 mL/g (V2) y 1 100 mL/g (V3) en 27 días, y aumentó la bioconversión a partir de la biomasa leñosa (Tabla 7).

TABLA 7
Resultados del tratamiento anaeróbico del aserrín

<i>Característica del tratamiento</i>	
Biogás	
Cantidad	250 M3/tm aserrín (b.s.)
Calidad	Metano: 46,3-66,8 %
Lodo residual (materia orgánica)	
Sólidos totales volátiles	4,2%
Nutrientes	Nitrógeno (N ₂) 2,7% Perfosfato (P ₂ O ₅) 1,3% Óxido de potasio (K ₂ O) 2,5% Sulfhídrico (SH ₂) no se aprecia
Relación C/N	14
Eficiencia	50
Tiempo de residencia	27 días

El residuo de esta bioconversión (lodo digerido) es una fuente de obtención de abono orgánico por vía rápida, lo que permite ser empleado en cultivos de ciclos cortos u otros cultivos.

El proceso para la bioconversión de estos residuos que actualmente no se aprovecha es simple. Consiste en el montaje de pequeños digestores ya existentes o mediante reducidas inversiones, todo lo cual beneficiaría en un corto plazo a la industria forestal, elevando el aprovechamiento del bolo, promoviendo el reciclaje de los desechos de la industria y ampliando el conocimiento del medio ambiente de la población y los empresarios.

CONCLUSIONES

- Las características del aserrín de madera de pino cubano tiene extractivos en A-B 3,76%, agua caliente 3,35%, celulosa 46,6%, lignina 26,27% y azúcares reductores 0,529%, densidad de 221 kg/m³ y un poder calórico superior (PCS) de 4 977 kcal/kg.
- El aserrín sin tratamiento previo es poco biodegradable. Los ensayos a escala de laboratorio demostraron la bondad del método para el tratamiento del aserrín.
- Con los nutrientes empleados (urea, ortofosfato ácido de potasio) el tiempo de biodegradación es muy largo (5-6 meses), mientras que con el cloruro de potasio, superfosfato sencillo, urea y ex-

creta vacuna, se alcanzó un tiempo de retención de 39 días.

- Se comprobó que es posible el empleo de aserrín en la obtención de biogás.
- Se encontró rendimientos de 1,6; 25,0 y 11,0 L/kg, siendo la 2 la mejor variante.
- La producción de biogás y abono orgánico a partir del aserrín es técnicamente factible.

BIBLIOGRAFÍA

- AYBAR, B. C.; D. AMPAROY; R. JERÓNIMO: «Disponibilidad y usos de la biomasa como fuente potencial de productos químicos en la República Dominicana», *Indotécnica* 7 (3):23,26, 1995.
- BEQUETTE, FRANCE: «Una granja sin desechos», revista *Correo* 44-46, 1997.
- BERRIZ, L.; E. MADRUGA: «Cuba y las fuentes renovables de energía», Cuba-Solar, La Habana, 1997.
- CHYNOWETH, D. P.; D. E. JERGER: «Anaerobic Digestion of Woody Biomass», *Developments in Industrial Microbiology* 26:35-46, Society for Industrial Microbiology, 1985.
- GRANJA, C.; J. MOLINA: «Estimación y uso de los residuos generados por industrias de la transformación de maderas», *Colombia Forestal* 3 (5):27-35, 1992.
- GUYAT DUPUY, MARÍA A. ET AL.: «Caracterización química de los residuos de pino en el aserrío de Pons». Informe, IIF, La Habana, 1999.
- GUYAT DUPUY MARÍA A. ET AL.: «Metodología de obtención de biogás a partir de aserrín de pino a escala de laboratorio», IIF. La Habana, 2000.
- ISO: Catálogos de Normas ISO-9 000, 1995.
- SOTO, J. A. ET AL.: «Evaluación económica y ambiental de residuos forestales en aserraderos de Costa Rica», *Revista Forestal Centroamericana* (30):29-33, 2000.
- STANDARD: *Methods for the Examination of Water and Waste Apha -Awwa Wef*, 8th. ed., Apha Ins, Nueva York, 1992.