

RELACION ENTRE COMPOSICION QUIMICA DE BIOMASA VEGETAL Y  
PRODUCCION DE BIOGAS

1Adriana Padilla

RESUMEN

Venezuela posee grandes reservas de combustible fósil, sin embargo, la población rural obtiene gran parte de su energía de la leña. Investigaciones realizadas en el Laboratorio de Bioenergía de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad de Los Andes, inferen sobre la evidencia de desertificación en algunas áreas a causa, en parte, del uso inadecuado de la biomasa forestal con propósitos energéticos, principalmente el uso de leña para cocinar. Los escasos e inadecuados sistemas viales dificultan el transporte de combustibles fósiles (gas propano – butano), los encarece y los hace inaccesibles. Con el propósito de proporcionar una alternativa energética generada *in situ* que minimice riesgos ambientales, el Laboratorio de Bioenergy, adelanta proyectos para uso de energías alternativas. Esta investigación analiza algunas variables de influencia en la producción del biogás.

**Palabras clave:** Proceso anaerobio, biogás, COD, operación Batch, biometanación.

---

1. Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales, Laboratorio de Bioenergía, Vía Chorros de Milla, Mérida 5101  
Venezuela. mail: adrianap@forest.ula.ve

CHEMICAL COMPOSITION OF VEGETAL BIOMASS AND BIOGAS  
PRODUCTION RELATIONSHIP

Adriana Padilla

ABSTRACT

Venezuela has large fossil fuel reserves, although, rural population gets most of its energy from firewood. Researchers at Faculty of Forest and Environmental Sciences, University of The Andes, confirm that the evident desertification in some areas is, partly, due to the inadequate use of forest biomass with energetic purposes, mainly the use of firewood for cooking, which is countrywide very common. Scarce and bad road system makes processed fuel transportation difficult and expensive, in addition to a critical socio-economic situation. With the purpose of providing an energetic alternative generated in situ and minimizing environmental risks in villages, Bioenergy Laboratory, works in projects. This research analyzes some influence variables on biogas production.

**Key word:** Anaerobic process, biogas, COD, batch operation, biomethanation.

# RELACION ENTRE COMPOSICION QUIMICA DE BIOMASA VEGETAL Y PRODUCCION DE BIOGAS

1Adriana Padilla

## INTRODUCCION

A pesar de poseer grandes reservas de combustible fósil, Venezuela no escapa a las consecuencias de la crisis energética mundial. De manera insistente se anuncia la imperante necesidad de conversión a gas natural, de motores que operan con gasolina.

Según cita González (1993), de acuerdo con la más reciente estimación existe en Venezuela, reservas de gas natural para 160 años, alcanzando éstas 5.4 millones de m<sup>3</sup>, un 70% se ubica geográficamente en tierra firme, en el oriente del país, y 30% en el occidente. Las cifras mencionadas indican un posible consumo de gas natural de casi 34 millones de m<sup>3</sup>/año. Sin embargo, es subjetivo pensar en la construcción de enormes gasoductos para la conducción del combustible a lo largo y ancho del país.

La aplicación del proceso de digestión anaeróbica deriva en tres grandes ventajas, 1) la producción *in situ* de biogás, 2) el saneamiento ambiental y 3) la obtención de fertilizantes orgánicos.

La producción en el sitio, evita costos de transporte o construcción de gasoductos; el saneamiento ambiental - cuantificable a través de la demanda química de oxígeno (COD) - es resultado que el combustible en cuestión es obtenido de desechos principalmente agropecuarios, sin obviar la disposición de desechos urbanos e industriales; y el valor o potencial como fertilizante depende, en parte, del contenido total del nitrógeno presente en las purinas y pirimidinas que se encuentran en los ácidos nucleicos, RNA y DNA, de la células vegetales (Devlin, 1976; Hernández 1989).

La producción de biogás o biometanación es producto de una fermentación anaeróbica cuyas reacciones bioquímicas básicas afectadas por los microorganismos involucrados son las de oxidación - reducción, donde un número de compuestos orgánicos es oxidado por la remoción de hidrógeno.

La proporción de los componentes químicos del material vegetal es variable y afecta el desarrollo de los procesos bioquímicos de la biometanación. La celulosa y hemicelulosas se degradan rápidamente a carbohidratos simples mediante hidrólisis, no obstante, cuando estos compuestos están, asociados con la lignina, pueden estar disponibles para los cultivos metanogénicos en proporciones menores a 50% (Wise, 1981) ya que ésta es poco susceptible a la hidrólisis y su degradación se logra sometiendo el material lignocelulósico a procesos de digestión alcalina.

El aumento en los precios de los combustibles fósiles entre ellos el gas licuado y el bajo poder adquisitivo de la población rural ha ocasionado que en algunas zonas del campo venezolano se hace evidente la deforestación y sin extremar la situación se puede afirmar que los procesos de desertificación ganan terreno. Una causal de tal circunstancia es el difundido uso de la leña como fuente de energía.

Lo anterior es razón suficiente para emprender estudios con especies pioneras, de rápido crecimiento y, en lo posible forrajeras, con miras a solucionar un problema ecológico y energético a corto plazo, ya que la oferta de biomasa en condiciones de pastizal y la utilización de sistemas rurales de digestión anaeróbica en operación "BATCH" pueden ser complementarias.

Se habla de un sistema de operación BATCH o por lotes cuando se carga la estructura fermentativa con desechos sólidos, dejándolos fermentar hasta la última producción de gas y se procede a extraer todo el material y carga de nuevo toda la estructura, esto ocurre en un periodo de aproximadamente un mes (Taylhardat, 1992).

Es importante insertar la especie *Pinus caribaea*, de las plantaciones de Uverito a los estudios que se adelanten con respecto al aprovechamiento de biomasa, debido a las extensas superficies plantadas, cuyo aprovechamiento como madera estructural arroja grandes volúmenes de corteza y aserrín que, no sólo son desaprovechados, sino que son causa de entorpecimiento en la industria forestal.

## METODOLOGIA EXPERIMENTAL

### - Material de estudio:

Se analizaron hojas y pseudotallos de *Musa sapientum* (banano), hojas y ramas de *Titonia diversifolia* (árnica), hojas y tallos de *Bambusa vulgaris* (bambú), y aserrín de *Pinus caribaea* (Pino Caribe).

### - Proporción de los componentes químicos:

La proporción de los principales componentes químicos se determinó siguiendo el método de análisis publicado por la Universidad Industrial de Santander (Rodríguez, 1978), que utiliza los procesos TAPPI T 204 om - 88 para la preparación de madera libre de extractivos, Jaime - Wise para la determinación de holocelulosa, K. Seifert para la cuantificación de celulosa y ASTM D-1107 para la solubilidad en alcohol-benceno. Para la determinación de lignina se usó el método acid-insoluble lignin in annual plants, developing woods, and forage method (Stephen and Carlton, 1992).

## RESULTADOS Y ANALISIS.

Se observa (Cuadro N° 1) que en las especies de plantas no madereras la proporción de extractivos y cenizas supera los valores reportados en la Bibliografía para especies leñosas, mientras que la proporción de lignina mantiene valores relativamente bajos.

La consistencia determinada después de efectuadas las diluciones no corresponde a los valores exactos esperados teóricamente, la causa principal puede atribuirse a que las mezclas no son soluciones sino suspensiones, de allí la heterogeneidad en la concentración de sólidos al tomar las muestras (Cuadro N° 2).

Si se infiere mediante el uso de una regla de tres, los valores de COD para una determinada consistencia, se observa que no se corresponde con los valores obtenidos en el proceso experimental, sin embargo se estableció una correlación significativa entre los valores de COD determinados en las dos diluciones del sobrenadante (Cuadro N° 2 y Cuadro N° 3).

Para el análisis de regresión-correlación (Cuadro N° 3) no se tomó en cuenta la especie *Pinus caribaea*, pues esta presentó dificultad para la producción de gas; sin embargo, un aumento en el pH de la solución fue estímulo suficiente para superar el inconveniente.

**Cuadro 1. Composición química (%) de los materiales lignocelulósicos usados como materia prima en el proceso anaeróbico.**

| Materia Prima                       | Extractivos | Celulosa | Holocelulosa | Lignina | Cenizas |
|-------------------------------------|-------------|----------|--------------|---------|---------|
| <i>Musa sapientum</i> (pseudotallo) | 9.54        | 41.56    | 56.85        | 8.74    | 10.34   |
| <i>Musa sapientum</i> (hojas)       | 8.67        | 46.59    | 60.89        | 21.91   | 8.84    |
| <i>Titonia diversifolia</i> (hojas) | 17.76       | 23.58    | 46.46        | 9.96    | 16.49   |
| <i>Titonia diversifolia</i> (ramas) | 16.49       | 44.59    | 75.24        | 17.22   | 5.80    |
| <i>Bambusa vulgaris</i> (hojas)     | 8.56        | 47.71    | 72.15        | 19.52   | 16.60   |
| <i>Bambusa vulgaris</i> (tallo)     | 7.13        | 39.49    | 65.84        | 14.67   | 2.00    |
| <i>Pinus caribaea</i> (aserrín)     | 2.08        | 47.44    | 73.26        | 26.39   | 0.28    |

**Cuadro 2. Volumen total de gas (IN) producido durante 96 días de proceso anaeróbico. COD (mg/l) y consistencia (%) del sobrenadante y sus diluciones.**

| Materia prima                       | Total gas | C0    | COD0    | C1    | COD1   | C2    | COD2   |
|-------------------------------------|-----------|-------|---------|-------|--------|-------|--------|
| Lodo de laguna de oxidación         | *         | 0.274 | **      | 0.058 | 844.17 | 0.016 | 224.01 |
| <i>Musa sapientum</i> (pseudotallo) | 0.281     | 0.352 | **      | 0.124 | 149.05 | 0.023 | 67.13  |
| <i>Musa sapientum</i> (hojas)       | 0.160     | 0.213 | **      | 0.154 | 288.48 | 0.010 | 106.33 |
| <i>Titonia diversifolia</i> (hojas) | 0.159     | 0.396 | **      | 0.104 | 592.57 | 0.022 | 129.20 |
| <i>Titonia diversifolia</i> (ramas) | 0.287     | 0.223 | 843.55  | 0.063 | 243.04 | 0.007 | 103.39 |
| <i>Bambusa vulgaris</i> (hojas)     | 0.150     | 0.150 | 1012.52 | 0.034 | 316.54 | 0.003 | 125.44 |
| <i>Bambusa vulgaris</i> (tallo)     | 0.148     | 0.278 | 888.97  | 0.081 | 238.14 | 0.017 | 118.09 |
| <i>Pinus caribaea</i> (aserrín)     | 0.042     | *     | *       | *     | *      | *     | *      |

C = consistencia  
0,1 y 2 = fase líquida y su primera y segunda dilución respectivamente

\* = no determinado

\*\* = muy alto

Del Cuadro N° 3 se deduce: a) Existe relación significativa entre el COD de la primera dilución y el COD de la segunda dilución. b) Los cambios en los valores de COD dependen en 60.61% de los valores de gas total producido por cada mezcla. La probabilidad de que el modelo de regresión se ajuste a hechos reales es 93.18%. c) La demanda química de oxígeno al final del proceso anaeróbico depende de la cantidad de celulosa contenida en la materia prima antes de comenzar el proceso (COD disminuye cuando el porcentaje de celulosa aumenta). d) El incremento en la proporción de ceniza de la materia prima causa aumento en el COD de las aguas residuales del proceso anaeróbico.

### - Producción del biogás

Se usó una serie de biodigestores de vidrio con capacidad aproximada de 400 ml, especialmente construidos para uso de laboratorio. La mezcla para la producción de biogás consistió en una suspensión de 5% en peso. La fase sólida conformada por 2.5% de aserrín de las diferentes materias primas y 2.5% de lodo proveniente de una laguna de oxidación de un criadero de ganado porcino. La fase líquida -95%- fue agua. Los biodigestores fueron expuestos a temperatura de 36 °C durante más de un mes, procediendo a mediciones periódicas de producción de gas. Cuando la producción se vio disminuida considerablemente, se midió el pH de las soluciones y se procedió al análisis de COD.

### - Demanda química de Oxígeno (COD):

Se usó la metodología de APHA AWWA-WPCF Standard Methods for the examination of wastes and waste-water. Se extrajo el sobrenadante de las suspensiones degradadas durante el proceso anaeróbico para proceder a una primera determinación de COD, el sobrenadante se diluyó 4 veces y 8 veces para sucesivas determinaciones.

## CONCLUSIONES

A pesar de ser Venezuela; un país de la OPEP no escapa a la crisis energética mundial. Evidencia de esto lo constituye la tangible deforestación para obtención de leña en las zonas rurales

Es posible mitigar la deforestación y consecuente deterioro de los suelos incentivando a la población rural a retomar y optimizar la ancestral tecnología

Cuadro 1. Composición química (%) de los materiales lignocelulósicos usados como materia prima en el proceso anaeróbico.

| Materia Prima                       | Extractivos | Celulosa | Holocelulosa | Lignina | Cenizas |
|-------------------------------------|-------------|----------|--------------|---------|---------|
| <i>Musa sapientum</i> (pseudofallo) | 9.54        | 41.56    | 56.85        | 8.74    | 10.34   |
| <i>Musa sapientum</i> (hojas)       | 8.67        | 46.59    | 60.89        | 21.91   | 8.84    |
| <i>Titonia diversifolia</i> (hojas) | 17.76       | 23.58    | 46.46        | 9.96    | 16.49   |
| <i>Titonia diversifolia</i> (ramas) | 16.49       | 44.59    | 75.24        | 17.22   | 5.80    |
| <i>Bambusa vulgaris</i> (hojas)     | 8.56        | 47.71    | 72.15        | 19.52   | 16.60   |
| <i>Bambusa vulgaris</i> (tallo)     | 7.13        | 39.49    | 65.84        | 14.67   | 2.00    |
| <i>Pinus caribaea</i> (aserrin)     | 2.08        | 47.44    | 73.26        | 26.39   | 0.28    |

del biogás. La optimización de dicha tecnología consiste en parte, en controlar factores como pH temperatura y materia prima entre otros. Materia prima de alto contenido en celulosa; pH neutros; temperaturas cercanas a 36 °C mejoran la producción de biogás.

Al comparar los valores de COD para lodos sin tratamiento anaeróbico con los obtenidos al final del proceso de producción de biogás (Cuadro N° 2) se confirma una vez más la teoría de que los procesos anaerobicos contribuyen con el saneamiento ambiental.

A utilizar las pastas resultantes de los procesos anaeróbicos como fertilizante, será necesaria la formulación cuidadosa de dosificaciones, según el tipo de cultivo lo requieran, para evitar la sobresaturación de nutrimento.

### AGRADECIMIENTO

Al Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico de la Universidad de Los Andes organismo que, con su apoyo financiero, hizo posible la realización de este estudio.

## BI BLIOGRAFIA

1. Devlin, R. 1976. Fisiología vegetal. Omega SA., Barcelona, 517 p.
2. González, 5 1993. Conversión directa de metano con catalizadores a base de óxido de lantano. ULA, Facultad de Ciencias, Ménda, Venezuela, 146p.
3. Hernández, R. 1989. Nutrición mineral. Facultad de Ciencias Forestales, ULA, Mérida. Venezuela. 81 p.
4. Rodríguez, L. 1978. Métodos de análisis empleados en la industria papelera. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia, 155 p.
5. Stafford, D., Hawkes, D.; Horton, R. 1981. Methane production from waste organic matter CRC Press, Inc., florida., 28 p.
6. Taylhardat, L. 1992. Comparative analysis on the performance of two anaerobic digester (Horizontal and Vertical) with filter. In Proceedings of Biotechnologies for pollution control and energy. FAO, CNREE, Braunschweig Germany, p 91-102.
7. Wise, D. 1981. Fuel gas production from biomass Vol II. CRC press, Inc., Flonda 280 p.