



## Las cáscaras como fuentes de biocombustibles

Este cuaderno es autoría de la Dra. Liliana Haim, docente de la Fundación de Escuelas San Juan.

### Introducción teórica

El uso global de la energía ha ido aumentando desde la Revolución Industrial en forma creciente. Las fuentes principales de energía son los combustibles fósiles: carbón, gas natural y petróleo, que aportan entre el 75% y el 85% del total de la energía utilizada. Las reservas de combustibles fósiles son limitadas y, a corto o mediano plazo, se necesitarán fuentes alternativas de combustible. Entre ellos, los combustibles producidos biológicamente o biocombustibles.

Los biocombustibles son combustibles de origen biológico obtenido de manera renovable a partir de restos orgánicos. Estos restos orgánicos proceden habitualmente del azúcar, trigo, maíz o semillas oleaginosas. Todos ellos reducen el volumen total de CO<sub>2</sub> que se emite en la atmósfera, ya que lo absorben a medida que crecen y emiten prácticamente la misma cantidad que los combustibles convencionales cuando se queman, por lo que se produce un proceso de ciclo cerrado.

Los biocombustibles comprenden al biodiesel, bioetanol, biomasa y biogás. Su uso genera una menor contaminación ambiental y son una alternativa viable al agotamiento ya sensible de energías fósiles. Es importante destacar que los biocombustibles son una alternativa más en la búsqueda de fuentes de energías sustitutivas que sirvan de transición hacia una nueva tecnología (como por ej. hidrógeno).

En el presente trabajo nos ocuparemos de la biomasa y el biogás. Se puede encontrar un trabajo práctico sobre el biodiesel en el cuaderno N° 90 de Porquébiotecnología.

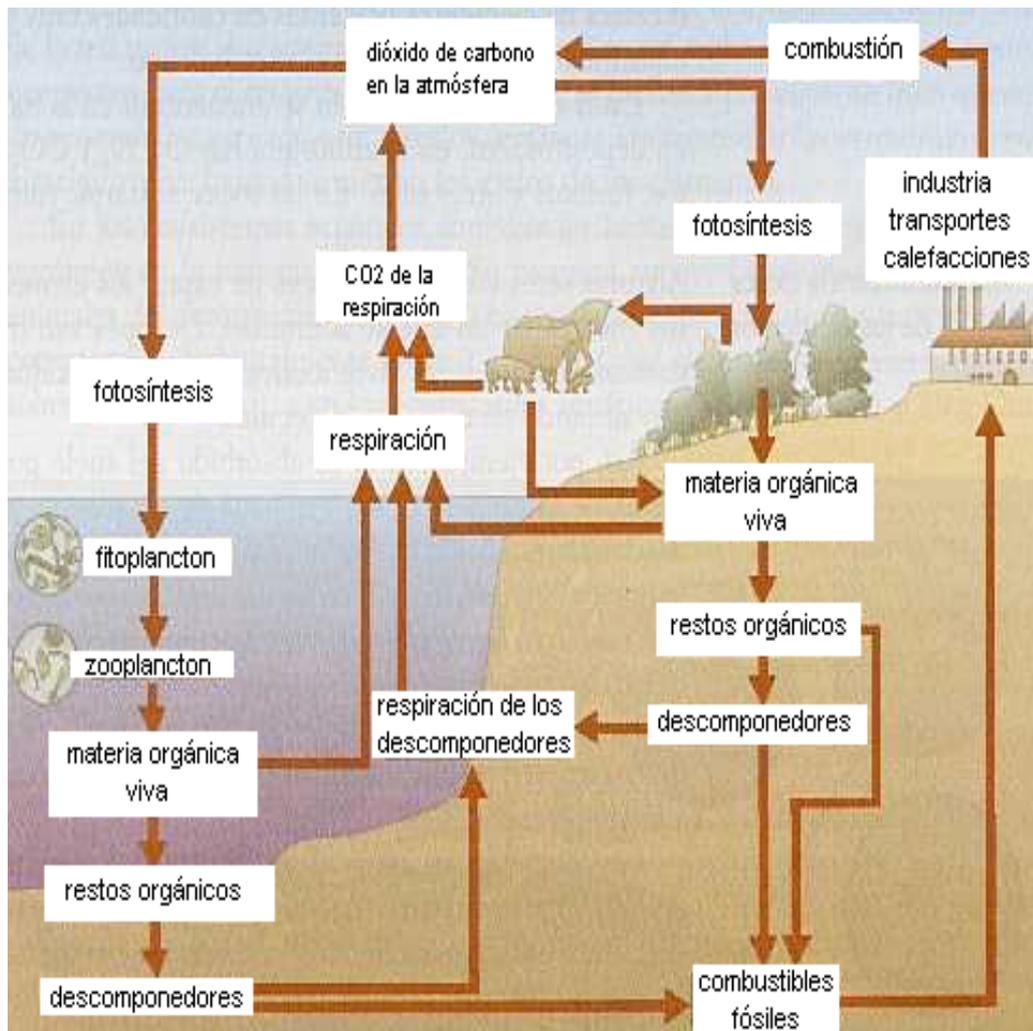
La biomasa es la materia biológica proveniente de vegetales o animales, que a su vez proviene de la energía solar que se transforma en energía química mediante el proceso de fotosíntesis, por el cual se utiliza dióxido de carbono, agua y luz solar para producir glucosa (fuente de energía) y oxígeno. Esta energía lleva el nombre de bioenergía. Cuando se pretende utilizar biomasa como fuente de energía, el proceso ocurre al revés que el fotosintético. Es decir, la biomasa se quema en presencia de oxígeno liberando energía, dióxido de carbono y agua. Este proceso ocurre naturalmente, y esto indica que no se le está agregando dióxido de carbono como contaminación a la atmósfera, como lo hacen los combustibles fósiles, sino que se está produciendo el ciclo del carbono.

---

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo Por Qué Biotecnología.

El ciclo del carbono comprende las diversas transformaciones del carbón a partir del dióxido de carbono. Este comprende dos ciclos que suceden a la vez: uno es el biológico que consta de la renovación del carbono: mediante la fotosíntesis las plantas utilizan dióxido de carbono y agua para producir oxígeno y glucosa, este oxígeno es a su vez utilizado por los animales para completar la respiración aeróbica, proceso por el cual se utiliza oxígeno y se descarta dióxido de carbono (que cumple su ciclo al volver a la atmósfera). Ver Figura N°1

Figura N° 1: Ciclo del Carbono



Fuente:

<http://www.tecnun.es/Asignaturas/Ecologia/Hipertexto/04Ecosis/131CicC.htm>

La biomasa puede utilizarse directamente (ej.: combustión de madera) o indirectamente, convirtiéndola en un combustible líquido o gaseoso (ej.: etanol a partir de cosechas del azúcar o biogás de la basura animal.).

El biogás se obtiene por la “biodegradación de la materia orgánica” que se genera por la ausencia de oxígeno y por la labor de bacterias. Se compone,

---

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo Por Qué Biotecnología.



mayormente, por metano y dióxido de carbono, y otros gases de porcentaje casi despreciable.

Los combustibles biológicos producidos a partir de materia orgánica, biomasa y cultivos como la caña de azúcar, el maíz, o la soja, pueden reducir significativamente la dependencia global del petróleo, generar empleos y disminuir la emisión de gases contaminantes que contribuyen al calentamiento global del planeta.

El desarrollo de los biocombustibles -usados principalmente para los medios de transporte- se realizó para obtener una alternativa a los combustibles fósiles y así combatir el cambio climático.

La expansión de los cultivos en el mundo también fue ofrecida como una ayuda para absorber el dióxido de carbono, uno de los principales gases que se supone generan el calentamiento global.

Sin embargo, el abrupto encarecimiento de los alimentos en el mundo ha puesto la lupa sobre la política de utilizar cultivos para obtener combustibles y no alimentos. En este contexto, se está pensando en desarrollar nuevas tecnologías de producción de biocombustibles que no afecten la producción de alimentos y que a la vez contribuyan más eficientemente a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

En este trabajo se planteó como interrogante de investigación, buscar una forma de bioenergía que no implicara usar cultivos alimenticios para producir energía. La propuesta es utilizar material de deshecho como fuente de bioenergía. El material a utilizar debía ser de fácil obtención y muy abundante para que la producción energética fuera barata, accesible a los sectores de bajos recursos e importante en cuanto a su cantidad.

En base a estos requisitos, se eligieron para este trabajo materiales de gran consumo en el país y de fácil accesibilidad como las cáscaras de banana, naranja y semillas de girasol. La producción anual de aceite de girasol es de aproximadamente 1.000 toneladas y se consumen 400.000 toneladas de banana y unas 370.000 toneladas anuales de naranjas frescas.

Las actividades de laboratorio desarrolladas en el presente cuaderno tienen por objeto responder a las siguientes preguntas:

- ¿Qué porcentaje de la semilla de girasol, de la naranja y de la banana es material de deshecho?
- ¿Se puede medir en forma sencilla, en el laboratorio escolar, la energía liberada por gramo de cáscara de girasol, naranja o banana?
- ¿Cuánta energía se libera por gramo de cáscara de girasol, naranja o banana?

---

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo Por Qué Biotecnología.



- ¿Se puede generar biogás a partir de estos materiales de deshecho y medirlo en el laboratorio escolar?

En la sección de actividades se describen los experimentos diseñados con material básico del laboratorio escolar por los alumnos de la escuela media.

## Actividades

### Actividad 1: Determinación del porcentaje de cáscara en el girasol, banana y naranja.

Procedimiento A:

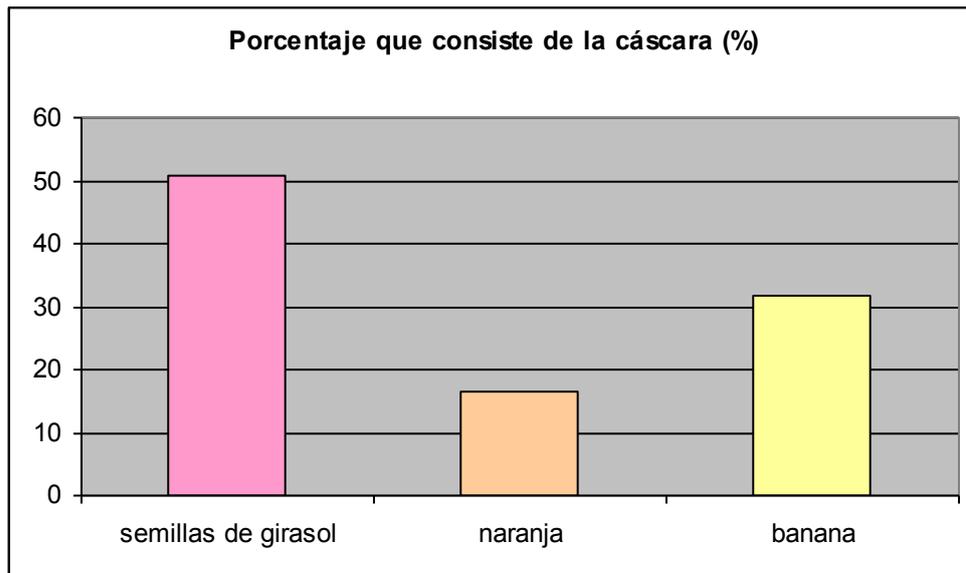
1. Pesar las semillas de girasol
2. Pelar las semillas de girasol
3. Pesar las cáscaras y las pepas
4. Calcular el porcentaje

En el caso de las naranjas y bananas, el procedimiento es diferente porque deben deshidratarse. Para la obtención de energía a partir de biomasa las cáscaras deben quemarse en estado deshidratado.

Procedimiento B:

1. Pesar las bananas y naranjas
2. Pelar las bananas o naranjas
3. Dejar las cáscaras al sol por 1 semana en un lugar seco
4. Pesar las cáscaras deshidratadas
5. Calcular los porcentajes (las cáscaras deshidratadas es el material útil para biomasa)

**Resultados:** Figura 1: Porcentaje de cáscaras en girasol, naranja y banana



Nuevas preguntas para investigar:

1. ¿Qué otros usos se les da a las cáscaras de naranja?

Se puede encontrar información en los siguientes sitios:

<http://www.dforceblog.com/2008/09/11/como-reutilizar-las-cascaras-de-naranja/>

<http://www.gomestic.com/Homemaking/10-Unique-Uses-for-Orange-Peel.50113>

<http://www.greenlivingtips.com/articles/176/1/Orange-peel-tips.html>

2. ¿Cómo se puede estar seguro que las cáscaras están totalmente deshidratadas?

Para estar seguro que se han deshidratado totalmente, lo que se hace es deshidratarlas ya sea al sol o en una estufa, y pesarlas, continuar la deshidratación hasta que el peso sea constante.

3. ¿Cuántas toneladas de biomasa se generan en el país anualmente de cáscara de naranja, banana y girasol?

Para responder a esta pregunta se utilizan los datos de la introducción: " La producción anual de aceite de girasol es de aproximadamente 1.000 toneladas y se consumen 400.000 toneladas de banana y unas 370.000 toneladas anuales de naranjas frescas." Y los datos de los porcentajes de cáscara obtenidos por los alumnos (Figura 1). Por ejemplo: para el girasol, cuya cáscara es el 50% serían 500 toneladas, la banana que es el 32%, sería el 32% de 400.000 toneladas, es decir: 128.000 toneladas y de naranja, sería el 15% de 370.000, o sea, 55.500 toneladas.



## Actividad 2: Determinación de la energía liberada por combustión por gramo de cáscara de girasol, banana y naranja

La hipótesis de trabajo se basó en la siguiente ecuación:

$$Q = m \times c \times \Delta t$$

Q = energía en forma de calor.

m = masa del agua.

c = capacidad calórica específica del agua

$\Delta t$  = cambio en la temperatura del agua.

Esta fórmula determinará la cantidad de calor absorbida por el agua al calentarla quemando las cáscaras.

Q absorbido por el agua = Q liberado por combustión de la masa de cáscara quemada

Para que sea posible y más fácil prender las cáscaras, se utilizarán tres gotas de etanol en cada porción de cáscara que se use. Luego se calculará el valor de "Q" para estas tres gotitas de etanol y se le restará a los resultados.

Materiales:

- Tubos de ensayo, cuchara de postre de metal, pinza de metal, pipetas, fósforos, probetas, agarraderas y pie
- Termómetro, balanza
- Cáscaras de girasol, banana y naranja deshidratadas, alcohol

Procedimiento:

1. Pesar aproximadamente 0,20 g de cáscaras
2. Colocar la cáscara pesada en una cuchara para quemar y agregar 0,2 cm<sup>3</sup> de etanol para comenzar la combustión.
3. Medir 15 cm<sup>3</sup> de agua destilada dentro del tubo de ensayo. Medir la temperatura inicial
4. Armar el dispositivo de la Figura 2.
5. Encender las cáscaras + el alcohol con un fósforo
6. Medir la temperatura final cuando las cáscaras se hayan quemado completamente.
7. Calcular el calor liberado en la combustión de las cáscaras ( $Q_{\text{cáscara+etanol}}$ )
8. Repetir el procedimiento para etanol sólo y calcular el calor liberado en la combustión del mismo ( $Q_{\text{etanol}}$ )
9. Restar  $Q_{\text{cáscara+etanol}} - Q_{\text{etanol}}$

---

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo Por Qué Biotecnología.

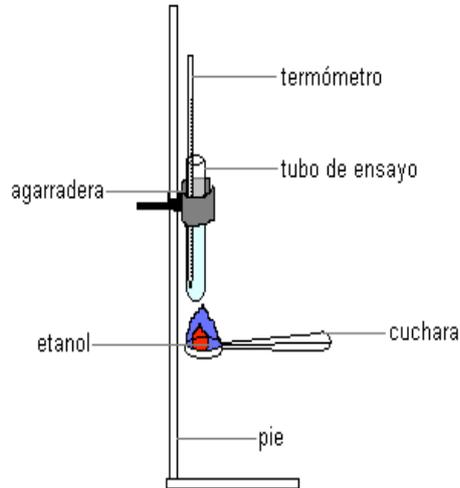


Figura 2- Aparato utilizado en la combustión de las muestras

### Resultados:

Tabla 1: Energías liberadas por las cáscaras de girasol, naranja y banana

	Cáscara		
	girasol	naranja	banana
Promedio de valor energético que produce (J g <sup>-1</sup> )	2,20 ■ 0,02	1,98 ■ 0,08	1,90 ■ 0,05

Estos resultados presentan mucho error por la gran cantidad de energía que se pierde al medio ambiente. Este experimento se puede repetir utilizando un calorímetro sencillo, que se puede armar en el laboratorio escolar, como el que se muestra en la Figura 3

Figura 3: Calorímetro escolar



"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo Por Qué Biotecnología.



Nuevas preguntas para investigar y discutir:

1. ¿Qué características permiten al calorímetro mejorar la determinación del calor de combustión de las cáscaras?

El error más importante de este experimento es la pérdida de calor al medio ambiente. El calorímetro mejora las determinaciones porque disminuye esta pérdida de energía dado que aísla el agua y la cáscara dentro del calorímetro.

2. A partir de los datos obtenidos, ¿cuánta energía por año podría obtenerse a partir de los desechos de cada una de estas cáscaras? ¿Te parece que estos valores son precisos?

Para calcular la energía total que se podría obtener hay que multiplicar los datos de la Tabla 1 por la cantidad de cáscaras que se generan anualmente en el país (contestado en la pregunta 2 del primer grupo de preguntas). Los resultados serían:

Cáscara	Energía por g (J. g <sup>-1</sup> )	Masa de cáscaras producidas en Kg por año	Energía por año en Kj
Girasol	2,20	500.000	1.100.000
Banana	1,90	400.000.000	760.000.000
Naranja	1,98	55.500.000	110.890.000

3. Al quemar estas cáscaras se generan gases de efecto invernadero (GEI). ¿Qué gases se producen durante la combustión? ¿Es entonces positivo quemar estas cáscaras? ¿Qué otros métodos de obtener energía a partir de estas cáscaras serían menos contaminantes que la quema?

Durante la combustión se produce dióxido de carbono y vapor de agua. Es positivo porque al ser estas cáscaras materiales de degradación, los microorganismos descomponedores las transformarían en dióxido de carbono que ingresaría al ciclo del carbono (como se explica en la introducción) y el agua al ciclo del agua. En la actividad N° 3 se propone la producción de biogás a partir de las cáscaras en un biodigestor, lo cual no generaría ningún gas porque el gas metano producido se utiliza como biogás combustible.

**Actividad N° 3: Construcción de un biodigestor y determinación de biogás producido por cáscaras de banana y naranja**

---

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo Por Qué Biotecnología.



El biogás se obtiene a partir de la fermentación bacteriológica de las cáscaras frescas de banana y de naranja. En la producción de biogás las cáscaras de banana y naranja brindan la fuente de carbono. Como fuente de urea se usó orina humana. Las bacterias existentes en las cáscaras se multiplican y fermentan generando gas metano. Un primer grupo de microorganismos hidroliza los biopolímeros y los lípidos en unidades estructurales como ácidos grasos, monosacáridos, aminoácidos y compuestos relacionados.

Un segundo grupo de bacterias anaerobias, acidógenas, fermenta los productos descomponibles del primer grupo en ácidos orgánicos simples, como el ácido acético. Un tercer grupo de microorganismos, metanogénicos, convierte el hidrógeno y el ácido acético en gas metano y dióxido de carbono. El biogás que sirve como biocombustible es el metano.

Monosacáridos → ácido acético + hidrógeno → Gas Metano + dióxido de carbono

Procedimiento:

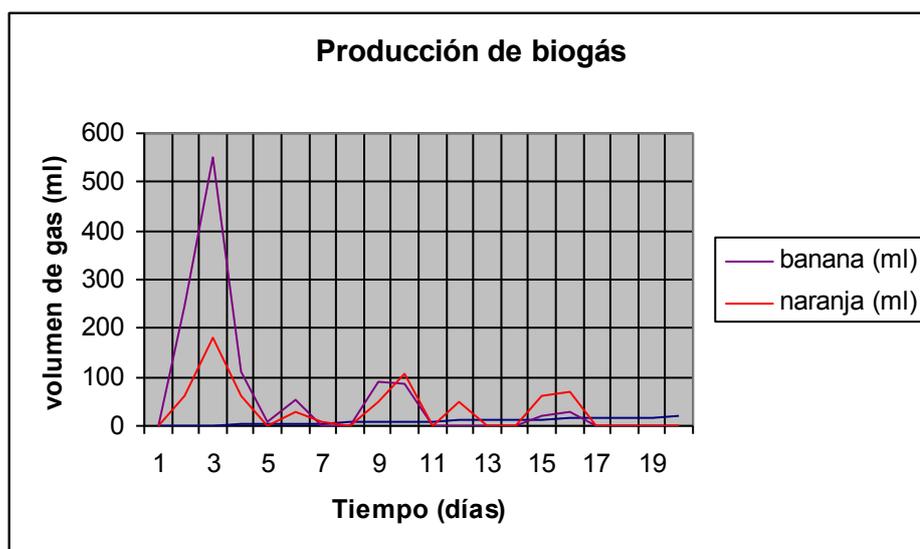
1. Obtener 240 gramos de cáscara de banana.
2. Cortar y picar 240 gramos de cáscara de banana e introducir los trocitos de cáscara en un contenedor de capacidad de 5.0 dm<sup>3</sup>.
3. Obtener una muestra de orina de 100 cm<sup>3</sup> (la orina humana contiene unos 20 g de urea por litro) e introducir la orina en el contenedor.
4. Agregar agua destilada suficiente para completar 3.0 dm<sup>3</sup>.
5. Tapar la entrada de aire al contenedor, poniendo el corcho con el tubo en "S" que desemboca en la probeta invertida, llena de agua, encima del contenedor con agua, como se muestra en la Fotografía N° 1.
6. Registrar el volumen de agua desplazada por el gas producido cada 24 horas aproximadamente.
7. Repetir este procedimiento con cáscara de naranja.

Fotografía N° 1: Biodigestor de cáscara de banana y naranja



Resultados:

[Gráfico 2: Producción de biogás en biodigestores de cáscara de banana y de naranja](#)



"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo Por Qué Biotecnología.



El metano comienza a producirse una vez que las bacterias hacen respiración anaeróbica, que es cuando se termina el oxígeno disponible. El pico de gas que se observa en los primeros días de producción, se puede deber al dióxido de carbono y no al gas metano. Se estima que el contenido de metano vaya aumentando a medida que pasan los días, debido a la fermentación bacteriológica anaerobia.

Nuevas preguntas para investigar y discutir:

1. ¿Se podría eliminar el dióxido de carbono de los gases producidos?  
¿Permitiría esto estar seguro que el gas obtenido es metano?

El dióxido de carbono se podría eliminar haciéndolo reaccionar con hidróxido de calcio y producir carbonato de calcio. Para ello se podría colocar algodón impregnado con solución de hidróxido de calcio a la salida del biodigestor o dentro del tubo en S. Esto no permitiría estar seguro que es gas metano el gas obtenido. Para confirmarlo habría que tener un método específico de detección de metano como la cromatografía gaseosa.

2. ¿Cómo calcularías el volumen de biogás obtenido en los digestores?

Para determinar el total de biogás producido, habría que sumar los volúmenes de gas obtenidos cada día.

3. ¿Qué cantidad de energía podría obtenerse por año de la digestión y producción de biogás a partir de cáscaras de bananas y naranjas?

Para realizar este cálculo, hay que suponer que el gas producido luego del quinto día es gas metano. Entonces, con el dato del volumen total obtenido a partir del quinto día, por ejemplo:

Si el total fue 250 cm<sup>3</sup> (0,250 dm<sup>3</sup>) de gas metano, y considerando que la combustión de 1g de metano libera 55,7 kJ, medidos en condiciones estándar, y que la densidad del metano es 0,717 g/dm<sup>3</sup>, entonces se calcula:

1 dm<sup>3</sup> corresponde a 0,717 g

0,250 dm<sup>3</sup> corresponden a 0,18 g de gas metano

1g de gas metano libera 55,7 KJ

0,18 g liberan 10,0 KJ.

Como en el biodigestor había 240 g de cáscara de banana o de naranja, se podría extrapolar que:

Si 250 g de cáscara de banana generan 10 KJ, los 128.000.000 Kg producirían 5.120 MJ de energía. Las cáscaras de naranja generarían 2.220 Mj.



4. El uso de biodigestores para obtener energía, ¿es un método que disminuye la producción de GEI?

En las siguientes páginas hay información para responder a esta pregunta:

<http://www.ambientum.com/boletino/noticias/El-Plan-de-Biodigesti%C3%B3n-de-Purines-aprobado-por-el-consejo-de-Ministros.asp>  
[www.aidg.org/biodigesters.htm](http://www.aidg.org/biodigesters.htm)

### Material de consulta

*Ciencias de la Tierra y del medio ambiente* (libro electrónico), “Ciclo del carbono”,  
<http://www.tecnun.es/Asignaturas/Ecologia/Hipertexto/04Ecosis/131CicC.htm>

### Biocombustibles

<http://www.biodisol.com/que-son-los-biocombustibles-historia-produccion-noticias-y-articulos-biodiesel-energias-renovables/>

### Bananas

<http://www.sagpya.gov.ar/new/0-0/agricultura/otros/estimaciones/banano/banano.php>

### Naranjas

<http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/0-0/nuevositio/publicaciones/citrikos2004.pdf>

El modelo para realizar el experimento de biodigestores se basó en el trabajo de:

Perez, J y Rodriguez, M.N. en *The Joint International Conference on “Sustainable Energy and Environment (SEE)”1-3 December 2004, Hua Hin, Thailand.*

Daniela Russi, “Biofuels: An advisable strategy?”, 7/03/07  
[http://www.eurekalert.org/pub\\_releases/2007-03/uadb-baa030707.php](http://www.eurekalert.org/pub_releases/2007-03/uadb-baa030707.php)

R. J. Karg Associates, Energy Information Management, “CO Hot Pot: A Tool for the Standardized Testing of Carbon Monoxide and other Emissions from Gas Range Burners”, <http://www.karg.com/cohotpot.htm>

Wikipedia Enciclopedia libre, Energías renovables, Productos biotecnológicos,  
<http://es.wikipedia.org/wiki/Biog%C3%A1s>

Perez, J y Rodriguez, M.N. en *The Joint International Conference on “Sustainable Energy and Environment (SEE)”1-3 December 2004, Hua Hin, Thailand,*  
<http://www.aseanbiotechnology.info/Abstract/23005238.pdf>

---

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo Por Qué Biotecnología.



Tipos de fermentación

[http://www.estrucplan.com.ar/articulos/verarticulo.asp?IDArticulo=274,](http://www.estrucplan.com.ar/articulos/verarticulo.asp?IDArticulo=274)

Redacción Ambientum

Textos científicos, “Biomasa”, <http://www.textoscientificos.com/energia/biomasa>

Diario del Mercado, “Se endereza la producción bananera de Salta y Jujuy”, 21/01/07,  
El Tribuno Campo (Jujuy), cambiar por:

<http://blog.guiasenor.com/archives/2007/05/bananera-y-a-mucha-honra.html>