

# EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO Y METANO A PARTIR DE DATOS SOBRE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS DE LA CIUDAD DE BUENOS AIRES

H.F. Romero, L.G. Ruetsch, J.C. Gómez  
Universidad Nacional de Río Cuarto- Ruta Nacional 36. Km 601- 5800 Río Cuarto  
Tel./Fax. 0358-4676171 e-mail: fromero@ing.unrc.edu.ar

**RESUMEN:** El objetivo de este trabajo es aportar al estudio energético y de emisión de contaminantes de combustibles obtenidos a partir de biomasa. Utilizando datos de inventarios disponibles de biomasa en residuos sólidos domiciliarios, se calculó el substrato metabolizable por microorganismos para la obtención de  $\text{CH}_4$  e  $\text{H}_2$ . Se determinó el contenido teórico de energía de los combustibles obtenidos y se evaluaron las emisiones de  $\text{CO}_2$  producidas durante la generación y la combustión de ambos gases. Los resultados indican que la energía disponible a partir de la obtención de  $\text{CH}_4$  es un 10% superior que la obtenida a partir del  $\text{H}_2$ . En sentido inverso las emisiones de  $\text{CO}_2$  disminuyen considerablemente (33%) en los procesos que involucran  $\text{H}_2$ . Ambas alternativas resultan beneficiosas si son comparadas con el enterramiento de la biomasa. La emisión de metano, en toneladas de  $\text{CO}_2$  equivalente, es aproximadamente 6 veces la emisión correspondiente a la opción de generación y utilización de  $\text{CH}_4$ .

**Palabras clave:** hidrógeno, metano, residuos sólidos.

## INTRODUCCIÓN

Cuando el planeta se encontraba en equilibrio ecológico, era capaz de asimilar los contaminantes producidos a través de sus procesos naturales. En la actualidad, al encontrarse el planeta sobrecargado de contaminantes, los procesos mediante los cuales son asimilados se han reducido, y el planeta ha perdido el equilibrio. La principal preocupación en el cambio climático es el llamado “efecto invernadero”, el cual está causado principalmente por la presencia en la atmósfera de gran cantidad de contaminantes del tipo  $\text{CO}_x$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_x$ , etc; muchos de los cuales están directamente relacionado con el quemado de combustibles fósiles en plantas de energía y automóviles.

Por otro lado, el mundo industrializado depende fundamentalmente de los combustibles fósiles para cubrir sus necesidades de energía, necesidades que se han ido incrementando con el tiempo, mientras que las reservas de los combustibles fósiles han disminuido drásticamente.

En respuesta a los problemas antes mencionados, se han comenzado a desarrollar nuevas fuentes de energía, las cuales deben preferentemente ser obtenidas de fuentes renovables, de bajo costo de producción y al mismo tiempo ser “amigables” con el medio ambiente. La atención se ha dirigido hacia fuentes tales como la solar, eólica, geotérmica, biomasa, etc.

La biomasa es la cuarta fuente mundial de energía después del carbón, el petróleo y el gas natural, ya que provee cerca del 14% del consumo primario de energía del mundo. Es considerada como un recurso importante de energía y se utiliza para cubrir diferentes necesidades, incluyendo generación de electricidad, combustible para vehículos y calor de proceso para industrias. Es la única fuente renovable de carbón que puede ser convertida en combustibles sólidos, líquidos y gaseosos, a través de diferentes procesos (Saxena et al, 2007b).

El término biomasa es muy amplio y engloba residuos forestales (procedentes del bosque y de la industria maderera), residuos agrícolas (cosechas, podas, etc.), residuos de animales (de pollos, del ganado, etc.) y los residuos industriales y municipales (aguas residuales municipales e industriales, residuos sólidos industriales, residuos sólidos domiciliarios (RSD), etc). En forma de leña o carbón vegetal, se ha utilizado como suministro energético básico y elemental durante muchos siglos.

Los procesos para la producción de energía a partir de biomasa pueden ser divididos, en general, en dos categorías:

- ✓ Termoquímicos, por ejemplo, combustión, pirólisis, gasificación, etc.
- ✓ Procesos biológicos, por ejemplo, bio-fotólisis, fermentación, etc.

Los productos que pueden ser obtenidos de la biomasa son muy variados y dependen fuertemente del origen de la misma, así como del proceso de conversión utilizado, obteniendo por ejemplo biodiesel o bioalcohol (que sustituyen al gasoil o a la gasolina), biogas (gas rico en metano y, por lo tanto, combustible que se puede utilizar como tal), etanol, hidrógeno, etc.

La biomasa con bajo contenido de humedad puede ser usada en los procesos de conversión termoquímica para generar calor y a partir de él electricidad (por combustión o gasificación). La biomasa con alto contenido de humedad y los residuos, son menos adecuados para la conversión termoquímica, ya que su transporte y secado requieren una cantidad considerable de energía. Los procesos de conversión biotecnológicos son particularmente útiles para el tratamiento de este material, porque son realizados por microorganismos en un ambiente con alto contenido de humedad y a temperaturas y presiones relativamente bajas. La expectativa, es que en el futuro los procesos biotecnológicos jueguen un papel importante en la producción de combustibles renovables tales como metano, hidrógeno, bioetanol, etc.

La biomasa de los residuos es un recurso de energía de alto potencial, que actualmente no está siendo bien manejado y genera problemas medioambientales significativos. El uso de la biomasa para energía, provee beneficios económicos y medioambientales, reduciendo la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y otras emisiones contaminantes.

En la República Argentina, durante el año 2000, la emisión de metano (CH<sub>4</sub>) producida por los residuos sólidos municipales representó casi el 9% de la emisión total (Tabla 1.2-2. y Tabla 1.2-34. Girardin et al, 2005). El aprovechamiento energético de dicho CH<sub>4</sub>, así como la utilización de dicha biomasa para la generación de hidrógeno (H<sub>2</sub>), representa un gran paso en la conservación del medioambiente, ya que se podría lograr una mitigación directa de emisiones de GEI implicados en el cambio climático.

Ambos gases poseen alto rendimiento energético comparado con otros combustibles (Tabla 1), y podrían usarse para producir electricidad y otros tipos de energía.

Combustible	Valor energético (MJ/kg)
Hidrógeno	120
Gas natural licuado	54,4
Metano	50,0
Propano	49,6
Nafta de automóvil	46,4
Gas oil de automóvil	45,6
Etanol	29,6
Metanol	19,7
Madera (seca)	16,2

Tabla 1. Valor energético de diferentes combustibles. (Ni et al, 2005a)

Este trabajo aporta al avance del estudio energético a fin de responder interrogantes referidos a la energía que podría ser recuperada de la biomasa desperdiciada y qué combustible, CH<sub>4</sub> o H<sub>2</sub>, ofrece el mejor “valor” de energía, así como los menores índices de emisión de contaminantes.

## METODOLOGÍA

El trabajo se basó en el cálculo del sustrato biológicamente metabolizable, utilizando inventarios disponibles de biomasa en RSD de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA). Los datos experimentales de conversión y rendimiento, escogidos de manera conservadora, permitieron determinar la producción potencial de CH<sub>4</sub> e H<sub>2</sub>. Se evaluaron también las emisiones de CO<sub>2</sub> producidas durante la generación y la combustión de ambos gases. La comparación de potencial energético se realizó en base al calor de combustión de cada uno de los combustibles.

### *Los Residuos Sólidos Domiciliarios (RSD) como fuente de biomasa*

En el informe “Estudio de Calidad de los Residuos Sólidos de la Ciudad de Buenos Aires”, realizado por el Instituto de Ingeniería Sanitaria y Ambiental a través del convenio de asistencia técnica celebrado entre la Coordinación Ecológica Metropolitana (CEAMSE) y la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires (Fiuba), a fines del año 2005 (Fiuba-CEAMSE, 2009), se puede observar un exhaustivo análisis de la composición de los RSD para la Ciudad de Buenos Aires, que se muestra en la Tabla 2.

Las diferencias observadas entre los RSD generados y los recolectados, se deben a las actividades de los “recuperadores urbanos”, la cual se centra en la segregación y selección de papeles y cartones, plásticos, metales ferrosos y no ferrosos. (Fiuba-CEAMSE, 2009).

La Tabla 3 muestra la evolución histórica de la composición promedio total (%p/p) de principales componentes de los RSD de la CABA, así como los valores de peso volumétrico (PV) y Producción per Cápita (PPC) para los años 1972, 1991, 2001, Verano 2005/2006, Invierno 2006, Otoño 2007 y Primavera 2008. (Fiuba-CEAMSE, 2009)

Componentes	Composición Total	
	RSD generados	RSD recolectados
Papeles y Cartones	21,79%	14,55%
Plásticos	10,00%	10,50%
Vidrio	5,27%	5,50%
Metales Ferrosos	0,88%	0,90%
Metales No Ferrosos	0,26%	0,28%
Materiales Textiles	1,29%	3,95%
Madera	1,55%	1,60%
Goma, cuero, corcho	1,01%	1,01%
Pañales Descartables y Apósitos	4,15%	4,33%
Materiales de Construcción y Demolición	1,75%	1,81%
Residuos de Poda y Jardín	7,38%	7,69%
Residuos Peligrosos	0,38%	0,40%
Residuos Patógenos	0,24%	0,24%
Desechos Alimenticios	41,57%	43,23%
Misceláneos Menores a 12,7 mm	3,06%	3,17%
Aerosoles	0,29%	0,31%

Tabla 2. Composición física promedio de los RSD en la CABA - Primavera 2008 (Tabla 41. Fiuba-CEAMSE, 2009)

Componentes	1972	1991	2001	2005/2006	2006	2007	2008
Desechos alimenticios	63,45%	52,50%	33,39%	37,74%	41,28%	35,76%	43,23%
Papeles y cartones	20,30%	17,42%	24,10%	18,24%	17,15%	16,32%	14,55%
Plásticos		14,44%	13,75%	19,14%	13,07%	20,95%	10,50%
Residuos de poda y jardín			4,97%	1,38%	3,34%	4,05%	7,69%
Vidrio	4,94%	6,00%	5,19%	5,59%	5,81%	5,48%	5,50%
Pañales descartables y apósitos			4,05%	4,58%	4,52%	3,34%	4,33%
Resto (ítems con % < 4% en 2008)	11,31%	9,64%	14,55%	13,33%	14,83%	14,10%	14,20%
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
<b>Otra información</b>	<b>1972</b>	<b>1991</b>	<b>2001</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>
Producción de RSD (Kg/día)							2574000
Peso Volumétrico (kg/m <sup>3</sup> )	246	185	259	240	224	283	283
Producción per cápita (kg/hab x día)	0,693	0,697	0,882	1,013	0,968	0,875	0,867

Tabla 3. Características física promedio de los RSD en la CABA – Período: 1972-2008 (Tabla 49. Fiuba-CEAMSE, 2009)

Se debe tener en cuenta que si bien los valores tabulados pueden variar según los hábitos de consumo de cada región del país, se los considerará representativos del RSD disponible, dada la gran concentración que se produce en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, la cual concentra aproximadamente el 8% de la población total del país. (Tabla 4).

Lugar	Censos Nacionales (Años)				Proyección	
	1991		2001		2005	
	Población	%	Población	%	Población	%
Total Argentina	32 615 528	100	36 260 130	100	37 464 643	100
Ciudad Autónoma de Buenos Aires	2 965 403	9,1	2 776 138	7,7	26 95 675	7,2

Tabla 4. Población de la CABA. (INDEC, 2001; Fiuba-CEAMSE, 2009)

Considerando la biomasa disponible en los desechos alimenticios, papeles y cartones, y residuos de poda y jardín, el análisis de la información precedente permite calcular la biomasa potencialmente disponible para la obtención de energía. (Tabla 5).

	2001	2005
Población de Ciudad Autónoma de Buenos Aires	2 776 138	2 695 675
Producción de RSD per cápita (kg/hab x día)	0,882	1,013
Desechos alimenticios (% sobre el total de RSD)	33,39%	37,74%
Papeles y cartones	24,10%	18,24%
Residuos de poda y jardín	4,97%	1,38%
<b>Total de biomasa disponible debido a RSD (Tn/año)</b>	<b>558 219</b>	<b>571 714</b>

Tabla 5. Total de biomasa disponible en la CABA.

#### Potencial de producción de CH<sub>4</sub>

La digestión anaerobia es un proceso tecnológicamente simple, usado para obtener biogás, a partir de una gran variedad de materiales orgánicos, gas compuesto por una mezcla de metano y dióxido de carbono. Actualmente, la producción de metano a partir de residuos volvió a recibir atención por la demanda creciente de energía “verde”.

Los sistemas anaeróbicos son particularmente útiles para digerir residuos con 30% o más de sólidos, tales como los RSD. Existen actualmente procesos a escala comercial y piloto. A modo de ejemplo, funcionan en Holanda tres plantas de digestión anaeróbica, en escala comercial, que procesan residuos sólidos provenientes de distintas fuentes, y cuyos rendimientos en Kg de biogás/ Tn de biomasa, se muestran en la Tabla 6. El biogás producido tiene un contenido de metano de 55-60%.

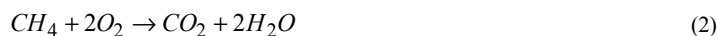
Proceso	Ubicación de la planta en Holanda	Temperatura de Operación (C)	Rendimiento (Kg biogás/Tn de biomasa)
Vagron	Groningen	52	125
Valorga	Tilburg	40	102,5
Biocel	Lelystad	35 a 40	70+30

Tabla 6. Características de planta de producción de biogás en escala comercial en Holanda. (J.H. Reith et al, 2003)

La producción de metano a partir de glucosa, puede ser representada por la reacción (1), la cual muestra una producción de CO<sub>2</sub> asociado a razón de 2,75 Kg CO<sub>2</sub>/Kg CH<sub>4</sub>. (Hansson y Molin, 1981)



La combustión completa de metano, cuya reacción estequiométrica se muestra en (2) lleva asociada emisión de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) a razón de 2,75 Kg CO<sub>2</sub>/Kg CH<sub>4</sub>.



Tomando un valor conservador para el rendimiento de biogás, de 100 Kg biogás/Tn de residuos alimentados y un contenido de CH<sub>4</sub> del 50%, la energía teórica disponible por combustión se muestra en la Tabla 7. El calor de combustión del CH<sub>4</sub> es de 50,03 GJ/Tn (Perry, 1999). Se consignan también las emisiones de CO<sub>2</sub> ocurridas en la etapa de generación de metano y en la posterior combustión.

	2001	2005
Total de biomasa disponible debido a RSD (Tn/año)	558219	571714
Disponibilidad teórica de CH <sub>4</sub> (Tn/año)	27911	28586
Emisión de CO <sub>2</sub> por generación (Tn/año)	76755	78611
Emisión de CO <sub>2</sub> por combustión (Tn/año)	76755	78611
Energía teórica disponible por combustión de CH <sub>4</sub> (GJ/año)	1,4 x 10 <sup>6</sup>	1,43 x 10 <sup>6</sup>

Tabla 7. Energía teórica disponible por la combustión de CH<sub>4</sub> producido a partir de RSD de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

#### Potencial de producción de H<sub>2</sub>

El hidrógeno puede ser generado por diferentes procesos, electroquímicos, termoquímicos, biológicos (algas, cianobacterias, bacterias fotosintéticas y bacterias no fotosintéticas), etc. Sin embargo, la generación de hidrógeno a partir de distintos tipos de residuos ha generado una gran expectativa al conjugar la producción a partir de una fuente de energía limpia, el uso de fuentes de energía renovables (biomasa) y la utilización de una serie de tecnologías de bajo impacto ambiental.

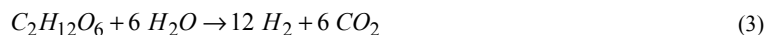
Numerosos trabajos dan cuenta de las posibilidades de producción del hidrógeno a partir de la biomasa en general y de los residuos en particular (Lay et al, 1999; Midilli et al, 2002; Han y Shin, 2003; Ni et al, 2005b; Kapdan y Kargi, 2005; Saxena et al, 2007a; Saxena et al, 2007b; Groß et al, 2007; Alzate-Gaviria et al, 2007; Dong et al, 2008; Wang y Wan, 2008).

El alto contenido de carbohidratos en forma de azúcares simples, almidón y celulosa hace de los desperdicios sólidos de comida, y de la parte orgánica en general, un alimento potencial para la producción biológica de hidrógeno.

Los procesos biológicos para producir hidrógeno pueden ser clasificados en cinco grupos diferentes, a saber: (i) bio-fotólisis directa, (ii) bio-fotólisis indirecta, (iii) foto-fermentación (iv) reacción de intercambio gas-agua de bacterias foto-heterotróficas y (v) fermentación oscura (Levin et al, 2003; Ni et al, 2005b). La bibliografía citada tiene un adecuado desarrollo de tales procesos. Una revisión de las posibilidades de producción de hidrógeno a partir de la fracción orgánica de residuos sólidos municipales es detallada en el trabajo de Kapdan y Kargi (2005).

Se ha visto que la producción de hidrógeno se ve influida por varios factores, entre los que se encuentran el tipo y la concentración de sustrato, la relación carbono/nitrógeno, el pH, el tiempo de retención de hidráulica y la temperatura (Butrino Méndez y Monroy, 2009). Entre los componentes de la fracción orgánica de residuos sólidos municipales, los carbohidratos son los mejores sustratos para la producción de hidrógeno, por fermentación anaeróbica (Dong et al, 2008).

La producción de hidrógeno a partir de glucosa, puede ser representada por la reacción (3), la cual muestra una producción de CO<sub>2</sub> asociado a razón de 11 Kg CO<sub>2</sub>/Kg H<sub>2</sub>. (J.H. Reith et al, 2003)



El hidrógeno ha sido identificado como una fuente alternativa de los combustibles fósiles. Como se muestra en la Tabla 1, el alto rendimiento energético comparado con otros combustibles, permitiría utilizarlo para producir electricidad a través de celdas de combustible. Es un combustible limpio y ambientalmente amigable, dado que el residuo de su combustión, dada por la reacción (4), es simplemente agua.



Como base para el cálculo teórico que permitirá determinar la producción factible de H<sub>2</sub> (Tabla 9) y la energía de combustión disponible, se tomó una producción de 39 kg H<sub>2</sub>/Tn de residuos secos alimentado (J.H. Reith et al, 2003). La humedad promedio del RSD, se estimó en 52% (Fiuba-CEAMSE, 2008). El calor de combustión de H<sub>2</sub> es igual a 119,94 GJ/Tn en condiciones normales (Perry, 1999)

	2001	2005
Total de biomasa disponible debido a RSD (Tn/año)	558219	571714
Humedad promedio	52%	52%
Disponibilidad teórica de H <sub>2</sub> (Tn/año)	10450	10702
Emisión de CO <sub>2</sub> por generación (Tn/año)	114948	117727
Energía teórica disponible por combustión de H <sub>2</sub> (GJ/año)	1,25 x 10 <sup>6</sup>	1,28 x 10 <sup>6</sup>

Tabla 9. Energía teórica disponible por la combustión de H<sub>2</sub> producido a partir de RSD de la CABA.

#### Emisión de CH<sub>4</sub> en vertederos

Las emisiones anuales netas de metano fueron calculadas en base a la metodología propuesta por IPCC (1996). Se aplicó la fórmula (5) (IPCC 1996 Revised):

$$EANM = (RSD \times FCM \times COD \times CODF \times F \times 16/12 - R) \times (1 - OX) \quad (5)$$

Donde:

EANM = Emisiones Anuales Netas de Metano

RSD = Cantidad de Residuos Sólidos Domiciliarios depositados en los vertederos pertenecientes al CEAMSE.

FCM = 0,8 (Factor de Corrección para el Metano)

COD = 0,157 (Carbono Orgánico Degradable).

CODF = 0,55 (Valor por defecto de la fracción de COD que realmente se degrada)

F = 0,5 (Valor por defecto de la fracción de metano en el gas del vertedero)

R = 0 (Metano recuperado – no existe recuperación en estos rellenos)

OX = 0 (Valor por defecto del factor de oxidación)

## RESULTADOS

A los efectos de comparar distintas situaciones, se definieron tres escenarios diferentes:

- ✓ Escenario 1: La biomasa de los RSD es depositada en vertederos, sin recuperación de gas.
- ✓ Escenario 2: La biomasa disponible en los RSD es utilizada para la obtención de CH<sub>4</sub>.
- ✓ Escenario 3: La biomasa disponible en los RSD es utilizada para la obtención de H<sub>2</sub>.

Año 2005	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
Biomasa en enterramiento Año 2005	571714	----	----
Emisiones de CH <sub>4</sub> (Tn/año) / (Tn CO <sub>2</sub> equivalentes/año)*	43268 / 908628	----	----
Emisión de CO <sub>2</sub> (Tn/año)	----	157222	117727
Energía teórica disponible por combustión (GJ/año)		1,43 x 10 <sup>6</sup>	1,28 x 10 <sup>6</sup>

Tabla 10. Resumen de aporte de energía teórica y reducción de emisiones y biomasa a disposición final.

\* Tn de CO<sub>2</sub> equivalente según potencial de calentamiento global: Tn de CH<sub>4</sub> x 21

## CONCLUSIONES

La producción de CH<sub>4</sub> o H<sub>2</sub> a partir de desperdicios orgánicos puede cumplir con el doble propósito de producir energía, al mismo tiempo que permitir reducir el problema medioambiental que generan otros tipos de tratamiento de los residuos urbanos. El hecho que los rellenos sanitarios estén más o menos centralizados puede facilitar la instalación de los sistemas de energía a partir de la biomasa.

Los resultados indican que la energía disponible a partir de la obtención de CH<sub>4</sub> es un 10% superior que la obtenida a partir del H<sub>2</sub>, lo cual muestra que las tecnologías para la conversión de biomasa en energía son más eficientes en los procesos que involucran CH<sub>4</sub>.

En sentido inverso las emisiones de CO<sub>2</sub> disminuyen considerablemente (33%) en los procesos que involucran H<sub>2</sub>.

Ambas alternativas resultan beneficiosas si son comparadas con el enterramiento de la biomasa. La emisión de metano, en toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente, es 5,8 veces la emisión correspondiente a la opción de generación y utilización de CH<sub>4</sub>.

La energía requerida para la producción de biogases (pre-tratamiento del sustrato, purificación del biogás, etc.) no ha sido tenida en cuenta en el análisis. Estos requerimientos de energía están fuertemente influenciados por los métodos de recolección, pre-tratamiento, y purificación usados, en términos de costos operativos.

Los rendimientos potenciales de la biomasa para la producción de energía mostrados aquí, utilizando tecnologías microbianas para su producción, indica la necesidad de enfocar recursos de investigación y desarrollo adicional en tecnologías de conversión en esa área, y la creación de incentivos comerciales para promover el desarrollo industrial de este potencial.

## REFERENCIAS

- Alzate-Gaviria L.M., Sebastian P.J., Pérez-Hernández A., Eapen D. (2007). Comparison of two anaerobic systems for hydrogen production from the organic fraction of municipal solidwaste and syntheticwastewater. *International Journal of Hydrogen Energy*. 32 (2007), 3141–3146.
- Buitrón Méndez G., Monroy C.C. (2009). Producción de hidrógeno a partir de aguas residuales. *Revista Digital Universitaria*. 10(8). <http://www.revista.unam.mx/vol.10/num8/art50/int50.htm>
- Dong L., Zhenhong Y., Yongming S., Xiaoying K., Yu Z. (2008). Hydrogen production characteristics of the organic fraction of municipal solid wastes by anaerobic mixed culture fermentation. *international Journal of Hydrogen Energy*. 34 (2009), 812–820.
- Fiuba-CEAMSE. (2008). Informe Final Estudio de Calidad de los Residuos Sólidos Urbanos. Estación Climatológica: Otoño 2007. Instituto de Ingeniería Sanitaria - Facultad de ingeniería - Universidad de Buenos Aires. CEAMSE. Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado. 2008.
- Fiuba-CEAMSE. (2009). Informe Final Estudio de Calidad de los Residuos Sólidos Urbanos. Estación Climatológica: Primavera 2008. Instituto de Ingeniería Sanitaria - Facultad de ingeniería - Universidad de Buenos Aires. CEAMSE. Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado. 2009.
- Girardin et al. (2005). Inventario Nacional de la República Argentina, de fuentes de emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero, no controlados por el protocolo de Montreal. Fundación Bariloche. 2005.
- Groß B., Eder C., Grziwa P., Horst J., Kimmerle K. (2007). Energy recovery from sewage sludge by means of fluidised bed gasification. *Waste Management*. 28 (2008), 1819–1826.
- Han S., Shin H. (2003). Biohydrogen production by anaerobic fermentation of food waste. *International Journal of Hydrogen Energy*, 29 (2004), 569 – 577.
- Hansson G. y Molin N. (1981). End Product Inhibition in Methane Fermentations: Effects of Carbon Dioxide on Fermentative and Acetogenic Bacteria. *European Journal of applied microbiology and biotechnology*. 13, 242-247
- INDEC. (2001). Instituto Nacional de Estadística y Censos. [http://www.indec.gov.ar/nuevaweb/cuadros/2/pobl\\_1895-01.xls](http://www.indec.gov.ar/nuevaweb/cuadros/2/pobl_1895-01.xls)
- IPCC 1996 Revised. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/spanish.html>.
- Kapdan I.K., Kargi F. (2005). Bio-hydrogen production from waste materials. *Enzyme and Microbial Technology*. 38 (2006), 569–582.
- Lay J.J., Lee Y.J., Noike T. (1999). Feasibility of biological hydrogen production from organic fraction of municipal solid waste. *Water Research*. 33(11), 2579–86.
- Levin D.B., Pitt L., Love M. (2003). Biohydrogen production: prospects and limitations to practical application. *International Journal of Hydrogen Energy*. 29 (2004), 173–185.
- Midilli A., Dogrub M., Akay G., Howarth C.R. (2002). Hydrogen production from sewage sludge via a bed bed gasifier product gas. *International Journal of Hydrogen Energy*. 27 (2002), 1035 – 1041.
- Ni M., Leung M.K.H., Sumathy K., Leung D.Y.C. (2005a). Potential of renewable hydrogen production for energy supply in Hong Kong. *International Journal of Hydrogen Energy*. 31 (2006), 1401–1412.
- Ni M., Leung D.Y.C., Leung M.K.H., Sumathy K. (2005b). An overview of hydrogen production from biomass. *Fuel Processing Technology*. 87 (2006), 461–472.
- Perry R.H. (1999). *Perry's Chemical Engineers' Handbook*. 7th edition. 1999. The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Reith J.H., Wijffels R.H., Barten H. (2003). Bio-methane & Bio-hydrogen: Status and perspectives of biological methane and hydrogen production. 2003. Dutch Biological Hydrogen Foundation. Smiet offset, The Hague.
- Saxena R.C., Seal D., Kumar S., Goyal H.B. (2007a). Thermo-chemical routes for hydrogen rich gas from biomass: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 12 (2008), 1909–1927.
- Saxena R.C., Adhikari D.K., Goyal H.B. (2007b). Biomass-based energy fuel through biochemical routes: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 13 (2009), 167–178.
- Wang J., Wan W. (2008). Comparison of different pretreatment methods for enriching hydrogen-producing bacteria from digested sludge. *International Journal of Hydrogen Energy*. 33 ( 2008 ), 2934–2941.

**ABSTRACT:** The objective of this work is to contribute to the energy study and to the analysis of pollutants emission of fuels, obtained from biomass. Using data of available inventories of biomass in domiciliary solid residuals, the substratum metabolizable by microorganisms for the obtaining of CH<sub>4</sub> and H<sub>2</sub> was calculated. The theoretical energy content of the obtained fuels was determined, and the CO<sub>2</sub> emissions which take place during the generation and the combustion of both gases were evaluated. Results indicate that the available energy from the obtained CH<sub>4</sub> is 10% higher than the available energy from the obtained H<sub>2</sub>. Conversely, CO<sub>2</sub> emissions during the processes that involve H<sub>2</sub> are considerably reduced (around 33%). Both alternatives are beneficial if they are compared with the biomass burial. The methane emission of the buried biomass, measured as equivalent tons of CO<sub>2</sub>, is approximately 6 times the emission corresponding to the alternative of generation and use of CH<sub>4</sub>.

**Keywords:** hydrogen, methane, solid waste.