

Biogás como Fuente de Energía a partir de Residuos Orgánicos Domiciliarios utilizando un Biodigestor Piloto tipo Hindú modificado en la Universidad Nacional de Córdoba

Daniel Stobbia¹, Beatriz Viera Fernández¹, Griselda Eimer², Alicia Ledesma¹

¹ Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba. Avda. Valparaíso s/n°, Ciudad Universitaria, Córdoba, Argentina. Tel/Fax. 0351-4334116/17/05, e-mail: dstobbia@hotmail.com

² Centro de Investigación y Tecnología Química, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba. Maestro López esq. Cruz Roja s/n Ciudad Universitaria, Córdoba, Argentina

Resumen - El manejo ambiental y tecnológico de los Residuos Orgánicos Domiciliarios aborda una problemática general del tratamiento de los mismos para convertir una fuente de contaminación en un recurso energético.

El objetivo de esta investigación se basa en desarrollar un proceso de biorremediación por microorganismos para transformar la biomasa poblacional residual orgánica en un producto compatible con el ambiente con valor sustentable.

Se realizó una encuesta diagnóstica en la población a fin de conocer la percepción que tienen de los Residuos Orgánicos en General Fotheringham.

La degradación se realizó en un biodigestor piloto tipo hindú modificado construido en la Universidad Nacional de Córdoba transfiriéndose la información obtenida a la Comuna.

El análisis de la composición del biogás dio 51% de metano (rango óptimo 45–65%) y una relación molar CH_4/CO_2 igual a 2,89.

El gas es utilizado en mecheros del Laboratorio de Gestión Ambiental y Producción Sostenible.

Palabras Clave: biomasa, biogás, energía alternativa, residuos orgánicos domiciliarios

Biogas as Source of Energy from Organic Household Disposals Using a Modified Hindu Type Bio-Digester at the National University of Cordoba

Abstract - The environmental and technical management of Urban Organic Disposals focuses on the larger problem of treating them to transform a source of contamination into an energy resource.

The goal of this investigation is to develop a process of bio-remediation by micro-organisms to transform the urban organic residual biomass into a product that is compatible with the environment, with sustainable value.

A diagnostic survey was conducted among a population sample to learn about their perception over Urban Organic Disposals in the community of General Fotheringham.

The degradation was performed with a pilot bio-digester modified Hindu type built at the Universidad Nacional de Córdoba and transferring the information obtained back to the community.

The analysis of the bio-gas composition of the indicated a 51% of methane (optimum range is 45-65%) and a molar relation CH_4/CO_2 equal to 2,89.

The gas has been used in burners of the Environmental Management and Sustainable Production Lab.

Keywords: biomass, bio-gas, alternative energy, urban organic disposals

INTRODUCCIÓN

Los factores que generan un Impacto Ambiental negativo son:

- Incorrecta disposición de los Fracción Orgánica de los Residuos Sólidos Urbanos (FORSU).

- Continuo aumento de los mismos por incremento de la población humana.

- Procesos de transformación agroindustrial y agroalimentaria.

- Hábitos de consumo de las personas (Neme, 2011). Esto produce Contaminación de aire, agua, suelo, flora y fauna (García Gil, 2001).

Argentina muestra un índice de desempeño ambiental modesto, ocupa el puesto 50 (Environmental Performance Index EPI, 2012).

La incorrecta Gestión de Residuos Sólidos es uno de los principales problemas en la Provincia de Córdoba (Nirich, 2000). La Responsabilidad de la Gestión de los mismos está en los Gobiernos Locales con compromisos civiles y políticos respecto de la sustentabilidad y cuidado de la naturaleza (Cumbre de la Tierra, 2012; Protocolo Kyoto, 2005 y Agenda 21, 1992).

Los FORSU son tratados con sistemas tradicionales como basurales a cielo abierto, vertederos incontrolados, quema de residuos, entre otros (Armenta y Rodríguez, 2003).

Los Gobiernos locales, Municipios y Comunas, juegan un nuevo rol como promotores y facilitadores de proyectos agroindustriales, agroalimentarios y bioenergéticos en origen. En este caso lo realizan proporcionando la Infraestructura requerida (parque bioenergético) articulando actores públicos y privados, vinculando el sistema educativo y productivo local (RRHH Afines), impulsando formas asociativas (Pymes, ONG, Cámaras, etc.) y potenciando servicios de apoyo a la producción. El impacto que éste produce afecta la Industrialización y/o transformación de materia prima en origen, la redistribución de la renta agrícola en el pueblo, la generación de empleo genuino, arraigo de la población rural y más recaudación Municipal (PRECOP INTA, 2012).

El medio ambiente en general y los FORSU deberían ser una inversión y no un gasto en las políticas públicas (ENGIRSU 2005, GIRSU 2011).

La solución para disminuir la biomasa residual domiciliar transformándola en un producto final compatible con el ambiente y con valor en el mercado justifica el desarrollo de procesos biológicos basados en la descomposición de la materia orgánica por la acción de microorganismos en condiciones adecuadas de humedad, temperatura y aireación (Lombrano, 2009; Sufian y Bala, 2006; Gropelli y Gianpaoli, 2001; Amiguna y von Blottnitz, 2010; Mwirigi et al., 2009; Geng et al., 2010, Stobbia et al., 2011).

Actualmente coexisten tecnologías ecológicamente adecuadas como biodigestores, molinos de viento, paneles solares, con otras destructivas que son consumidoras de energía con impactos ambientales negativos (Varnero, 2001, 2004).

¿Por qué el uso de biodigestores para producir energía alternativa?

Porque es un claro ejemplo de Tecnología Socialmente Apropiada (TSA) generando biogás a escala doméstica o comercial ya sea en poblaciones rurales o urbanas disminuyendo la biomasa de FORSU producidos en las mismas.

Las TSA reúnen las siguientes condiciones: son ecológicamente adecuadas, satisfacen necesidades y contribuyen al mejoramiento de las condiciones de vida sin degradar el medio ambiente (Gropelli y Gianpaoli, 2001).

Los biodigestores pueden ser alimentados con cierto tipo de residuos orgánicos y la caracterización de las materias primas resulta de gran utilidad para medir principalmente el contenido de sólidos totales y volátiles. Toda materia orgánica residual que se destine como alimentación para un biodigestor generalmente está compuesta por una importante cantidad de agua y una fracción de sólidos totales (ST).

Las mezclas de Biomasa deben contener entre un 7 y 9% de ST y una relación C/N =30 (INTA, 1993; OLADE, 1981) para obtener los mejores resultados en la digestión anaeróbica dentro del biodigestor.

La Biomasa es toda materia de origen biológico (excluidas las formaciones fósiles) como los cultivos energéticos, desechos y subproductos agrícolas y forestales, estiércol o biomasa microbiana.

La biomasa es diferente en origen según el tipo de residuo utilizado. Pueden ser: Residuos Domi-

ciliarios, Residuos Agrícolas, Residuos Animales, Residuos Forestales y Residuos Agro-Forestal Industriales. Todos estos sectores aportan materia para la generación de la energía térmica o eléctrica derivada de la Biomasa (Proyecto PROBIOMASA, 2012) que en Argentina es alrededor del 50% del total de Residuos Generados (Armenta y Rodríguez, 2003).

La digestión anaeróbica (Biodigestión) es un proceso natural que corresponde al ciclo anaerobio del carbono accionado y combinado con diferentes grupos bacterianos en ausencia total de oxígeno que utilizan la materia orgánica para alimentarse y reproducirse. Las etapas de esta digestión se desarrollan con valores de pH de 6 a 7,5 y temperaturas entre 10 y 37°C rango aceptable para las bacterias mesófilas (Deublein y Steinhäuser, 2008).

La producción de biogás tiene como destino servir como combustible para calefactores, heladeras, cocinas domésticas e incluso para generar electricidad. Esto evita la liberación de metano a la atmósfera generando biogás a diferentes escalas domésticas ya sea para poblaciones rurales o urbanas disminuyendo la biomasa de Residuos Orgánicos Domiciliarios producidos en la población.

Este trabajo está orientado al tratamiento de la problemática existente con respecto al inadecuado manejo de los residuos sólidos orgánicos en el marco del convenio suscripto entre la Universidad Nacional de Córdoba (UNC) y la Comuna de Fotheringham.

Objetivo General:

- Obtener energía no convencional (biogás) a partir de residuos sólidos orgánicos domiciliarios utilizando un biodigestor a escala piloto.

Objetivos Específicos:

- Conocer el grado de concientización que tiene la población de Fotheringham a través de encuestas y encuentros sobre el tratamiento de los FORSU.

- Seleccionar y Capacitar a 50 familias para efectuar la recolección diferenciada de sus FORSU.

- Construir un Biodigestor piloto en la Facultad de Ciencias Agropecuarias (FCA) – UNC para conocer el proceso de biodigestión de RSD.

- Poner en funcionamiento el biodigestor piloto,

el que se alimentará con FORSU, ajustando las variables de temperatura y pH.

- Analizar la composición química del biogás producido.

MATERIALES Y MÉTODOS

La localidad de General Fotheringham está ubicada en el Departamento Tercero Arriba, a 140 km de Córdoba Capital. Cuenta con una población en la zona urbana de 550 habitantes y su actividad económica principal es la agropecuaria, donde la soja cubre más del 80% de la superficie agrícola sembrada. El relieve de la zona es prácticamente llano y el clima es templado con un régimen de precipitaciones anuales de 700 mm.

Actualmente los residuos domiciliarios no sufren ningún tipo de separación; son colocados en bolsas o recipientes siendo recolectados tres días por semana; posteriormente los residuos son arrojados y acumulados en un Vertedero no controlado a cielo abierto ubicado en la zona periférica de la localidad. La cantidad de residuos totales que se produce mensualmente, en promedio anual, arroja valores de aproximadamente 15 t/mes.

Se creó la Secretaría de Ambiente y se formó el Consejo Comunal Ambiental (CCA), que está integrado por jóvenes, bajo la coordinación de una docente de nivel secundario con el objetivo principal de apoyar y colaborar con las distintas estrategias de concientización realizando las encuestas diagnósticas a los vecinos para saber qué conocimiento tenían sobre los residuos domiciliarios.

Se efectuaron reuniones con la comunidad en general, en escuelas y en organizaciones intermedias, informando el impacto del manejo no adecuado de los RSD. Los talleres de capacitación y entrega de folletos informativos fueron realizados por especialistas de la UNC.

La selección de 50 familias se efectuó sobre la base del interés y compromiso manifestado por cada una de ellas durante el proceso de concientización y capacitación. A cada familia se le entregó un recipiente adecuado para la recolección de 5 dm³, y cincuenta bolsas identificadas con un código correspondiente a la familia. Esta actividad fue realizada con el apoyo del CCA.

La construcción del biodigestor tipo "Hindú

Modificado” a escala piloto se realizó en la FCA – UNC teniendo en cuenta parámetros tales como volumen de carga (volumen total de material orgánico diluido con el agua necesaria para introducirlo en el biodigestor), tiempo de retención (se calculó dividiendo el volumen útil del biodigestor por el volumen de la carga diaria expresando el valor en días), volumen de biodigestor (volumen efectivamente útil para la biodigestión expresado en m³), volumen de gasómetro (capacidad de almacenamiento de biogás en función de una demanda puntual) y velocidad de carga (cantidad de materia orgánica que se introduce por unidad de volumen por día expresada en kg de sólidos volátiles por m³ por día). El mismo tiene una capacidad de 1 m³ con una carga diaria de 7 kg de biomasa de RSD y una producción de 0,6 m³ de biogás. En esta experiencia se trabaja con la mitad de la carga diaria como prueba piloto.

La composición del biogás se analizó por cromatografía gaseosa con un cromatógrafo HP 5890 con un detector de conductividad térmica y una columna de HP Plot-Q 19095 P- QO4, con Helio como gas portador. Los análisis se realizaron en tres fechas y por triplicado.

Para tomar las muestras se diseñó una ampolla de vidrio con dos salidas en sus extremos donde se le adapta una manguera de látex que se conecta a la válvula de salida de la campana del biodigestor.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Encuestas realizadas a la población de la Comuna:

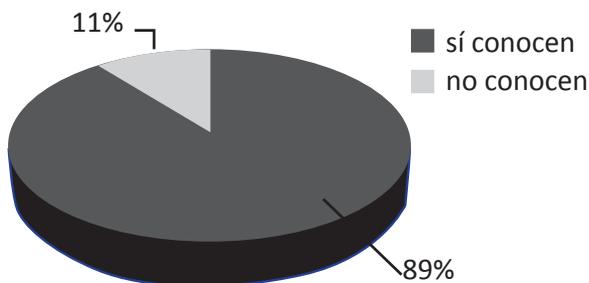


Figura 1 - Porcentaje de familias que conocen los efectos que un basural a cielo abierto provoca al medio ambiente

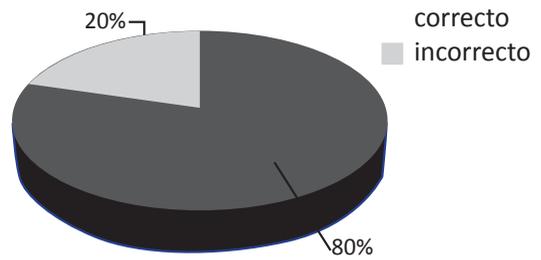


Figura 2 - Porcentaje de familias que asignó correctamente los RSO que abierto provoca al medio ambiente colocaría en la bolsa de separación

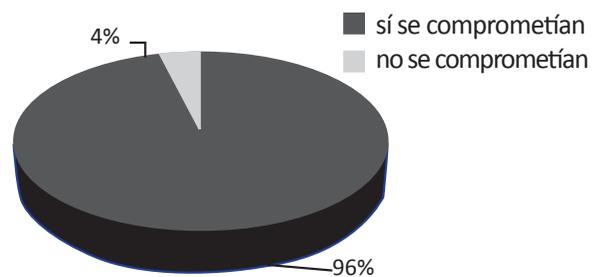


Figura 3 - Porcentaje de familias que se comprometerían a realizar una separación diferenciada de residuos



Figura 4 - Diseño tridimensional del biodigestor



Figura 5 - Biodigestor terminado y en funcionamiento

Bio-masa	Fecha	Comp	% en peso	Relación molar CH ₄ /CO ₂
Residuos Orgánicos Domiciliarios	3-2013	CH ₄	51	2.89
		CO ₂	49	
	4-2013	CH ₄	45	2.24
		CO ₂	55	
	5-2013	CH ₄	48	2.55
		CO ₂	52	

Tabla 1 - Composición del biogás

Este proyecto de TSA se trabajó en forma conjunta entre la Comuna e investigadores de la Universidad, como así también con organizaciones educativas incluyendo instancias de capacitación e información de acuerdo a los resultados de las encuestas realizadas. La población en general tiene conocimiento que los residuos orgánicos domiciliarios son producto de sus acciones y tienen conciencia que es necesario un tratamiento de los basurales a cielo abierto.

Se propuso un diseño y construcción de un biodigestor para desarrollar una propuesta sustentable para toda la comunidad para utilizar una fuente de energía renovable mediante la producción de biogás a partir de sus residuos orgánicos.

Toda materia orgánica residual es posible de ser afluente en un biodigestor para producir biogás pero no todas las biomásas tienen el mismo rendimiento energético. La proporción de gas metano obtenido de los Residuos Orgánicos Domiciliarios fue del 48% promedio dentro de un rango de 45 al 65% que se considera óptimo para la composición

de este biogás.

La transferencia de esta tecnología a la comunidad elevará la Calidad de Vida de la población tanto rural como urbana.

CONCLUSIONES

La encuesta realizada a una muestra representativa de la población permitió visualizar:

a) un importante nivel de conocimiento de la población acerca de la valuación que hacen de los ROD, tanto en su disposición como en el manejo no sustentable de los mismos.

b) Un gran interés de la población de formar parte de un manejo sustentable de los ROD que se generan en la comunidad.

c) Se obtuvo biogás a partir de los FORSU de la comuna con un adecuado porcentaje de metano lo cual lo hace factible de ser usado como energía alternativa.

d) De acuerdo a los resultados obtenidos se construirá una réplica del biodigestor en la Comuna de General Fotheringham.

AGRADECIMIENTOS

A la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de Córdoba por los subsidios otorgados 2009-2013.

A la Comuna de General Fotheringham por el apoyo recibido.

REFERENCIAS

Neme, "Crisis Ambiental. Naturaleza y Tecnología". Núm.53. ISSN 1853-6441, (2011).

García Gil, "Efectos Residuales y acumulativos producidos por la aplicación de compost de Residuos urbanos y lodos de depuradoras sobre agro sistemas mediterráneos degradados". Tesis Doctoral. Universidad autónoma de Madrid. Facultad de Ciencias, (2001).

Environmental Performance Index. "Aunque mejoró la Argentina aún registra un modesto desempeño ambiental". Nuevas Energías. Editorial PGQ SA. Bs. As. Argentina, (2012).

Nirich, "Diagnóstico Provincial de los Sistemas de Gestión de los Residuos Sólidos Urbanos". Dirección de Ambiente. Gobierno de la Provincia de Córdoba, (2000).

Cumbre de la Tierra, Conferencia del Medio Ambiente y Desarrollo. Río de Janeiro, Brasil, (2012).

“Contaminación: La Tierra Agredida”. Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. 35-55, (2005).

Agenda 21 Conferencia de la Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, (1992).

Armenta y Rodríguez, “Compostaje de biosólidos provenientes del Reactor UASB de la estación en investigación en tratamientos de aguas residuales Acuavalle” S.A.E.S.P de Ginebra. Trabajo de grado (Ingeniero Ambiental). Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, Facultad de Ingeniería y Administración Palmira, Colombia, 92 pp, (2003).

Precop INTA “Evolución del sistema productivo agropecuario argentino” INTA Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca – Presidencia de la Nación, (2012).

ENGIRSU Estrategia Nacional de Gestión de Residuos Sólidos Urbanos, ENGIRSU – Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, (2005).

GIRSU, “Lineamientos para la propuesta de gestión integral de residuos sólidos urbanos, para la Ciudad de Córdoba” –Córdoba, (2011).

Lombrano, “Cost efficiency in the management of solid urban waste. Resources, Conservation and Recycling 53”, 601 – 611, (2009).

Sufian y Bala, “Modelling of electrical energy recovery from urban solid waste system: The case of Dhaka city”. *Renewable Energy* 31, 1573 – 1580, (2006).

Groppelli y Giampaoli, “Ambiente y Tecnología Socialmente Apropiada”. Centro de Publicaciones, Secretaría de Extensión, Universidad Nacional del Litoral. Santa Fe, Argentina, (2001).

Amiguna y von Blottnitz, “Capacity-cost and location-cost analyses for biogas plants in Africa”. *Resources, Conservation and Recycling*, (2010).

Mwirigi, Makenzi y Ochola, “Socio-economic constraints to adoption and sustainability of biogas tech-

nology by farmers in Nakuru Districts”, *Kenya, Energy for Sustainable Development* 13, 106 – 115, (2009).

Geng, Tsuyoshi y Chen, “Evaluation of innovative municipal solid waste management through urban symbiosis: a case study of Kawasaki2”. *Journal of Cleaner Production* 18, 993 -1000, (2010).

Stobbia, Cabanilla, Eimer, Poncio, Viera Fernández, Couzo y Ledesma, “Manejo ambiental y tecnológico de residuos sólidos orgánicos domiciliarios como sustrato de biodigestión (biogás) en la Comuna de General Fotheringham, Córdoba –Argentina” –Argentina Ambiental 2012 Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología Ambiental, (2012).

Varnero, “Desarrollo de sustratos: compost y bio-bonos: Experiencias Internacionales en la rehabilitación de espacios degradados”. Univ. De Chile, Fac. Cs. Forestales. Publicaciones Misceláneas Forestales Núm.3, 123 p.21-30, (2001).

Varnero, Faúndez, Santibañez, “Evaluación de lodo fresco y compostado como materia prima para la elaboración de sustrato”, *Actas del Simposio de las Ciencias del Suelo- Residuos orgánicos y su Uso en Sistemas Agroforestales-*, 361-365, Temuco- Chile, (2004).

INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria), “Biogás: Energía y Fertilización – Manual de Producción y Utilización”. Dpto. de Ingeniería Rural. Castelar, (1993).

OLADE – Organización Latinoamericana de Energía – Instituto de Investigaciones Eléctricas – Div. Fuentes de Energía – Dpto. Fuentes no Convencionales de Energía. *Biogás: Energía y Fertilizantes a partir de Desechos Orgánicos*. “Manual para el Promotor de la Tecnología”. Cuernavaca, Morelos – México, (1981).

Probiomasa, “Proyecto para la Promoción de la Energía derivada de Biomasa” Ministerio de Planificación Federal de Inversión Pública y Servicio- Presidencia de la Nación, (2012).

Deublein, Steinhäuser, “Biogas from waste and renewable resources: An introduction” Wiley- VCH Verlag GmbH & Co KGaA, Weinheim. 443p, (2008).