

## CONTENIDOS

### Ámbito Nacional

Crece uso de energías en Las Tunas

Destacan uso de fuentes renovables para un desarrollo sostenible

Promueven uso de energía renovable y eficiencia energética

### Globales

Impulso a la calidad medioambiental a través del biogás

### La Propuesta del Mes

Aprovechamiento energético del biogás a partir de los residuales de la empresa refinadora de aceite de Santiago de Cuba

“Erasol”



#### IMPOR TANT E

La información que se publica en el boletín no es responsabilidad de la editorial CUBAENERGÍA.

## EDITORIAL

*Estimado lector:*

*El boletín renovable.cu tiene el placer de dedicar esta edición al biogás. Nos encontramos en una nueva etapa del desarrollo del biogás en Cuba. Sin ánimo de triunfalismo, pues es mucho lo que aún falta por hacer, podemos señalar los siguientes logros:*

*- Existen en todo el país más de 3000 biodigestores funcionando, sobre todo en el sector porcino. Ello fue posible gracias a la voluntad de la División Tecnológica Porcina y al Ministerio de la Agricultura.*

*- Se elaboró y ya se encuentra en aprobación por el MINAG, el proyecto de la primera acción nacional de mitigación, NAMAS, por sus siglas en inglés.*

*- Funcionan cuatro plantas industriales de biogás con generación de electricidad en las granjas agropecuarias del MININT, además de la de calle 100.*

*- Está próxima a concluir la primera y más grande planta industrial de biogás, la cual se pondrá en marcha en enero del 2016, con un volumen de digestión de 1820 m<sup>3</sup>.*

*También resulta importante destacar el trabajo de muchas universidades, de Cubasolar, del movimiento usuarios del biogás, en la divulgación y promoción del biogás.*

*Reafirmamos las palabras de Rosell Guerra, director de Energías Renovables cuando expresó en la Conferencia Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación del CITMA que “el biogás es la energía renovable que más se ha desarrollado en Cuba en los últimos años”.*

*Roberto Sosa,*

*Dtor del Centro de Promoción y Desarrollo de Biogás (CPDB) del Instituto de Investigaciones Porcinas (IIP).*

#### REDACCIÓN renovable.cu

CUBAENERGÍA, Calle 20 No 4111 e/ 18ª y 47, Miramar, Playa, Ciudad de La Habana, CUBA. Teléfono: 2062064. [www.cubaenergia.cu/](http://www.cubaenergia.cu/)  
Consejo Editorial: Lic. Manuel Álvarez González /Ing .Anaely Saunders Vázquez .Redactor Técnico: Ing. Antonio Valdés Delgado .Edición: Lic. Dulce María Medina García  
Compilación: Grupo de Gestión de la Información. Maquetación: Ing . Irayda Oviedo Rivero Diseño: D.i. Miguel Olano Valiente. Traducción: Lic. Odalys González Solazabal.  
RNPS 2261

## 2 Ámbito Nacional

---



### CRECE USO DE ENERGÍAS EN LAS TUNAS

28 /11/2015

<http://www.tiempo21.cu/>

En la oriental provincia de Las Tunas crece el uso de las fuentes renovables de energía, en beneficio de la economía y del medio ambiente, con la puesta en funcionamiento durante el 2015 de doscientos nuevos sistemas para su aprovechamiento. Entre ellos destacan los más de 120 calentadores solares instalados por la Empresa de Calderas, ALASTOR en centros de salud del territorio, 77 nuevos molinos de viento y un digestor de biogás en unidades agropecuarias.

El especialista de la Empresa Eléctrica, Rolando Sales Vargas dijo que con estos nuevos equipos se incrementan a 2444 las fuentes alternativas de energía en el territorio, de las cuales el 94 % están en funcionamiento y el resto en proceso de reparación.

Ello permite que se dejen de quemar más de 15 000 toneladas de petróleo en beneficio del medio ambiente, al reducir la emisión de gases de efecto invernadero responsables del calentamiento global.

Sales Vargas destacó que aún es insuficiente el uso de los desechos orgánicos para producir biogás, a pesar de que existen grandes potencialidades en los centrales azucareros, las granjas porcinas y avícolas, así como en las fincas ganaderas.

El ahorro de combustibles tradicionales se incrementará en un futuro cercano con la instalación de grandes parques solares y eólicos, cuyos proyectos se encuentran en fase de aprobación y ejecución.



### DESTACAN USO DE FUENTES RENOVABLES PARA UN DESARROLLO SOSTENIBLE

20 /11/2015

<http://www.acn.cu/cuba/14403-destacan-uso-de-fuentes-renovables-para-un-desarrollo-sostenible>

La importancia y potencialidades del uso de fuentes renovables en Cuba con el fin de un desarrollo energético e industrial sostenible se destacó hoy, por especialistas de diferentes sectores, en la Conferencia Internacional Yayabociencia que transcurre en esta ciudad.

Durante la cita se subrayó la necesidad de coordinar el trabajo científico a partir de los resultados de los proyectos investigativos relacionados con la biomasa, la eficiencia energética y la gestión de procesos ambientales y de calidad.

Sobresalió además, la sistemática labor de la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, centro de la enseñanza superior y la primera de la rama agropecuaria después de 1959, ubicada en Matanzas, que ha diversificado sus líneas de investigación y áreas de impacto para la producción de alimentos.

En ese sentido, en el evento se expusieron los resultados del Proyecto BIOMAS-CUBA desarrollado por la institución y generalizado en el país, y que ha convertido el modelo de finca tradicional al de finca agroenergética en pos de mejorar la calidad de la vida rural y proteger el entorno.

Mientras, Orestes Hermida, ingeniero asistente del Ministerio del Interior, analizó los logros en la aplicación de una tecnología híbrida del biodigestor, innovación que ha permitido elevar la capacidad volumétrica establecida, asumir mayor variedad de sustratos, diversificar el uso final del biogás y disminuir los costos de producción.

Asimismo, significó que actualmente se construye una de las mayores plantas de este tipo en la Isla, diseñada con tecnología propia del país y unos 740 metros cúbicos de capacidad en el Complejo Agroindustrial Guayos de la provincia de Sancti Spiritus.

Entre otros temas, se discutió un estudio de pretratamientos químicos-térmicos en biomásas destinadas a la producción de biogás en la nación, por la Universidad Marta Abreu de Las Villas y las experiencias del Movimiento de Usuarios del Biogás.

Cuba persigue para el 2030 el montaje de 700 MW en energía solar fotovoltaica y de 630 MW en eólica, y con ese propósito en varias provincias se instalan parques con esas fuentes renovables de energía.

Yayabociencia está organizado por la universidad espirituana José Martí y cuenta con la presencia de estudiantes, científicos, profesores e ingenieros cubanos y extranjeros.



## PROMUEVEN USO DE ENERGÍA RENOVABLE Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

13/11 2015

<http://www.granma.cu/>

Convocados bajo la máxima "Por un desarrollo socioeconómico energéticamente sostenible", especialistas e investigadores de diferentes sectores intercambiaron experiencias, innovaciones y buenas prácticas en el empleo de las fuentes renovables de energía.

Organizado por la filial camagüeyana de Cubasolar y el Centro Integrado de Tecnologías del Agua (CITA), el taller sometió a debate una veintena de trabajos que, desde diversas perspectivas, contribuyen también al logro de una mayor eficiencia energética y respeto ambiental.

Al referirse a la importancia del evento, Leopoldo Gallardo Quiñones, representante de Cubasolar en Camagüey, precisó cómo a instancia local, a partir de la integración y el concurso de todos los entes implicados, se puede impulsar la construcción consciente de un sistema energético sostenible.

Lejos aún del potencial existente, dirigido a cambiar la estructura de la matriz energética del país, se aprecian en el territorio discretos avances y se asumen prometedores proyectos en el uso de las energías eólica, solar e hidráulica, el biogás y la biomasa procedente de los desechos agrícolas y urbanos.

Particular interés mostraron los participantes al conocer la experiencia de la incorporación, por primera vez en Cuba, de una asignatura sobre las fuentes renovables de energía en los planes de estudios de la carrera de Arquitectura en la Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz.

El profesor Guillermo de la Paz Pérez explicó que se trata de la integración de las llamadas energías limpias bajo un concepto de arquitectura sustentable o bioclimática y su aplicación en proyectos urbanos, práctica que gana adeptos en el mundo y es perfectamente factible en las condiciones de Cuba.

Otro trabajo merecedor del reconocimiento de los delegados presentes versó sobre la reparación del fotosensor de luminaria del alumbrado público, excelente propuesta de Carlos Milián Valdés, estudiante de 5to año de Ingeniería Eléctrica, que bien puede ser extendida a otras localidades del país.

Según trascendió, el evento provincial sobre fuentes renovables de energía y eficiencia energética, efectuado en el Centro de Convenciones Santa Cecilia, precede al XII Taller Internacional Cubasolar 2016, que sobre tema similar se efectuará en abril de ese año, con sede en Holguín.

## Globales



### IMPULSO A LA CALIDAD MEDIOAMBIENTAL A TRAVÉS DEL BIOGÁS

4/12/2015

<http://www.compromisoempresarial.com/>

A través de su Fondo de Emprendedores, la Fundación Repsol ha dado un impulso a *Metanogenia* y *Applied Nanoparticles*, dos 'spin off', que trabajan por mejorar y extender el uso de un combustible eficaz para la generación de electricidad y calor a gran escala con menor impacto medioambiental que los derivados del petróleo: el biogás.

En la actualidad, la ciudad de Madrid se ha visto obligada a restringir los límites de velocidad y el tráfico de vehículos para reducir sus niveles de contaminación. Una situación que aunque ha provocado malestar en muchos de los que día a día cogen el coche para ir a trabajar, no ha podido pasarse por alto, teniendo en cuenta que la capital debe cumplir sus compromisos medioambientales a nivel nacional, comunitario y mundial.

Casos como este, que perjudican gravemente la calidad del aire y aceleran el cambio climático, no son aislados. Es necesario reducirlos a cero y para ello son muchas las voces que aseguran que solo se conseguirá con un cambio radical en los hábitos. Entre ellos, reducir el consumo de carburantes que emitan gases contaminantes a la atmósfera.

Por eso, cada vez son más numerosos los proyectos de I+D+i asociados a los biocombustibles. De hecho, desde la Fundación Repsol están apoyando varios de origen español a través de su Fondo de Emprendedores.

Entre los más destacados están Biogas+ y Biostarter, promovidos por las empresas *Applied Nanoparticles* y *Metanogenia* respectivamente. Ambas partes están trabajando para optimizar la generación y el procesado de biogás, un gas combustible que se produce como consecuencia de la biodegradación de la materia orgánica, mediante la acción de microorganismos y en un ambiente anaerobio.

Este producto, mucho menos contaminante que los derivados del petróleo, ya se emplea para la generación de electricidad y calor en centrales de cogeneración. Puede servir para alimentar la red de gas natural e incluso convertirse en combustible para aquellos vehículos preparados para funcionar con este elemento.

### *Metanogenia*

---

Esta *spin-off* de la Universidad de Extremadura es una empresa de base tecnológica que está poniendo en valor 15 años de investigación en lo relativo al tratamiento de residuos agroindustriales, tal y como salen de las industrias, mediante la tecnología de digestión anaerobia para la obtención de biogás.

“Los resultados obtenidos hasta la fecha, en lo que respecta a la descontaminación alcanzada en los residuos tratados y a la producción de biogás, hacen viable económicamente la explotación a escala industrial de esta tecnología, también llamada biometanización, lo que permitirá a la industria generadora de esos residuos reducir sus costos energéticos de electricidad y calor, incrementando sus beneficios y, por tanto, su competitividad en el mercado”, asegura Almudena González, una de sus socias fundadoras.

Los servicios ofertados por Metanogenia están dirigidos, principalmente, a la industria alimentaria, el sector que más residuos de este tipo genera. “Transformamos los residuos orgánicos húmedos en energía y fertilizante mediante un tratamiento biológico y sostenible de residuo cero”, explica la también responsable de la sección medioambiental y de gestión de residuos.

Aunque para penetrar en el mercado y demostrar su potencial necesita inversores: “Desde nuestros inicios hemos hecho frente a gastos a través de la participación en proyectos de I+D, pero necesitamos financiación extra para el desarrollo de nuevos procesos y productos como Biostarter”, afirma González.

La iniciativa apoyada por la Fundación Repsol mejoraría el proceso de generación de biogás, incrementando la producción y acortando los tiempos de puesta en marcha de las plantas.

Por otra parte, Metanogenia busca un socio capitalista que pueda actuar como empresa de servicios energéticos en lo que respecta al desarrollo industrial de esas plantas de biogás. “Haría frente a la inversión inicial necesaria para construirlas y recuperaría su inversión facturando a las empresas donde se instalen por el uso energético del biogás y por la gestión de sus residuos durante un cierto tiempo”, concreta la cofundadora de la compañía.

El objetivo de esta colaboración es construir la primera planta y demostrar que el modelo de Metanogenia funciona, consiguiéndose así una mejor penetración en el mercado.

“Queremos generar un mercado del biogás rentable y sostenible en España, sin necesidad de ayudas ni subvenciones para su desarrollo y lograr que cualquier industria que genere este tipo de residuos sea capaz de valorizarlos y de disminuir su factura energética”, confirma González.

### *Applied Nanoparticles*

---

Sus orígenes también salen del ámbito universitario: *'spin off'* del *Institut Català de Nanociència i Nanotecnologia* (ICN2), en el campus de la Universidad Autónoma de Barcelona, su producto estrella, Biogas+, es un aditivo a base de nanopartículas de hierro que aumenta sostenidamente la producción de biogás con un menor impacto medioambiental.

"Nuestro desarrollo de negocio se basa en los principios de innovación responsable, centrado en el diseño de las nanopartículas y los procesos de baja energía, baja toxicidad, la minimización de residuos y la reducción de las emisiones contaminantes", explica la jefa del proyecto, Ariadna Peral.

*Applied Nanoparticles* cuenta con la patente del proceso en la UE y en EE.UU. Además, por la Fundación Repsol, este ha sido esponsorizado por la Fundación Bill y Melinda Gates y por la Secretaría General Iberoamericana (SEGIB).

"Nuestra previsión es que en septiembre de 2016, que es cuando finaliza el período de incubación del Fondo de Emprendedores de la Fundación Repsol, nuestro aditivo esté ya en proceso de comercialización", concreta Peral.

No obstante, la responsable de la compañía puntualiza que Biogas+ es uno de sus productos. "Nos posicionamos como un estudio de ingeniería que explora no solo el uso de nanopartículas de óxido de hierro destinado a la mejora de la actividad bacteriana en digestores anaerobios, sino también en otros ámbitos como la catálisis, la remediación ambiental, el almacenamiento de energía, fármacos, formación de imágenes de agente de contraste, sustancia o hipertermia bacteriostático y bactericida".

De cara al futuro, la estrategia de *Applied Nanoparticles* se centrará en comercializar y abrir mercados a su producto en el mercado del biogás. "Dado que es un simple aditivo, es decir, que para su utilización no requiere ninguna modificación de procesos industriales en las plantas y sus resultados son demostrables, creemos que el reto principal se encuentra en llegar al cliente más que en convencerlo de las bondades de nuestro producto", confirma Peral, que añade: "En la UE hay más de 6000 plantas de biogás; por tanto, nuestro potencial de crecimiento es muy grande".

Por otra parte, la compañía quiere seguir colaborando con universidades, centros de investigación y empresas en el desarrollo de soluciones basadas en nanopartículas "que respondan a las necesidades de nuestros clientes en una multiplicidad de ámbitos".

## Eventos

---



### XII TALLER INTERNACIONAL CUBASOLAR 2016

Fecha: 16/5/2016- 20/05/2016

Lugar: Hotel Gurdalavaca, Holguín, Cuba

<http://www.cubasolar.cu/Eventos/cubasolar2016.htm>

#### Por un desarrollo socioeconómico energéticamente sostenible

La Sociedad Cubana para la Promoción de las Fuentes Renovables de Energía y el Respeto Ambiental (Cubasolar), le invita a participar en la duodécima edición del Taller Internacional Cubasolar 2016, que se celebrará en el hotel Club Amigo Atlántico Guardalavaca en la provincia de Holguín, Cuba, del 16 al 20 de mayo de 2016.

El propósito del evento es continuar impulsando la construcción consciente de un sistema energético sostenible basado en las fuentes renovables de energía y el respeto ambiental, propiciar y promover el diálogo e intercambio de experiencias y prácticas entre especialistas y personas interesadas en esos temas, contribuir a la cooperación, la creación de capacidades y la transferencia de conocimientos y tecnologías, jerarquizando las posibles interacciones con los países latinoamericanos y caribeños.

### *Temas centrales del evento*

---

- La soberanía alimentaria y las fuentes renovables de energía.
- El abasto de agua y las fuentes renovables de energía.
- Importancia de la cooperación Sur-Sur y Sur-Norte-Sur.
- Soberanía energética, medio ambiente y desarrollo local sostenible.
- Educación, cultura e información energéticas para la sostenibilidad.

El taller se desarrollará en plenario mediante conferencias magistrales y seminarios-paneles.

Contenido esencial del taller será el desarrollo paralelo del curso (opcional e interactivo) sobre la educación energética y ambiental. El curso se ofrece sin costo adicional; se acredita en esta ocasión en coordinación con la Universidad de Holguín y se estructura a partir de diferentes formas organizativas que se integran como parte del programa del evento: conferencias magistrales, conferencias interactivas, seminarios debate y visitas de campo, favoreciendo la amplia participación y el intercambio sobre las temáticas y el conocimiento de la experiencia cubana en el actual contexto de desarrollo social y económico del país.

Esperamos encontrarnos y compartir con Ud. en el XII Taller Internacional CUBASOLAR 2016.

Contactos:

Comité Organizador:

Presidente: Lic. Eliseo Gavilán Sáez

Teléfono: (53 7) 2062061 y (53 7) 2040010

Móvil: (53 5) 2731750

Correo electrónico: [cubasolar2016@cubasolar.cu](mailto:cubasolar2016@cubasolar.cu); <http://www.cubasolar.cu>



### CONFERENCIA ANUAL Y FERIA INTERNACIONAL DE BIOGÁS

Fecha: 16/2/2016- 18/2/2016

Lugar: Núremberg, Alemania

[info@nuernbergmesse.de](mailto:info@nuernbergmesse.de)

La conferencia anual de la asociación alemana de biogás organiza un rico programa de congresos y talleres; entre ellos está "Biogás para los nuevos adeptos: conceptos de base y técnicas para responder mejor a las exigencias del sector".

Los temas principales serán: enmienda de la ley alemana sobre el ahorro de energía, la optimización de las instalaciones y la introducción de gas en la red.

Al evento pueden participar expositores, tanto proyectistas y productores de instalaciones de biogás, como productores y proveedores de componentes para instalaciones, materias primas y servicios.



Returning to the NEC, Birmingham for the seventh time in July 2016, the only tradeshow in the UK dedicated to AD, biogas and bioresources is expanding to include a global outlook. As well as addressing issues critical to the UK, it will also examine business opportunities in established and emerging international AD markets. This year's show will offer even better value to attendees, with a high-level summit featuring global industry leaders and influencers, detailed streams on operational performance, R&D and bioresources as well as technical sessions and workshops.

## La Propuesta del Mes

---

### APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DEL BIOGÁS A PARTIR DE LOS RESIDUALES DE LA EMPRESA REFINADORA DE ACEITE DE SANTIAGO DE CUBA "ERASOL"

Dinza Tejera, Daniel, Recio Recio, Ángel Amado Pacheco Torres\*, Leonardo\*\*, Martínez Salazar, Javier\*\*\*

\*Centro de Estudios de Eficiencia Energética, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba

\*\*Empresa Refinadora de Aceite de Santiago de Cuba "ERASOL". Cuba

\*\*\*Empresa Gráfica Haydee Santamaría Cuadrado, Santiago de Cuba. Cuba ddinza@fim.uo.edu.cu

Tomado de: *Revista CENIC Ciencias Biológicas, Vol. 46, No. Especial, pp. 324-331, septiembre-diciembre, 2015.*

#### Resumen

La Empresa Refinadora de Aceite Santiago de Cuba "ERASOL" es una de las entidades que más contamina la bahía santiaguera, ya que sus residuales líquidos se vierten directamente en esta sin recibir un tratamiento previo.

En este trabajo se determina de forma práctica, mediante un proceso de digestión anaerobia, el potencial de biogás de estos residuos obteniéndose una producción diaria de 370.24 m<sup>3</sup>. Este volumen de biogás hubiera aportado un total de 166.60 MWh de energía eléctrica en el año 2013, ahorrándole a la empresa 764.69 CUC.

De utilizar biogás como combustible el ahorro de fuel oil sería de 131.38 toneladas, representando monetariamente 103 964.27 CUC, lo que disminuye considerablemente la emanación de gases contaminantes a la atmósfera como el CO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub>, emitiendo 2729.99 toneladas y 203.73 toneladas en el año 2013 respectivamente, con un costo de 54 599.8 CUC y 411 860.57 CUC.

Durante los últimos años la industria cubana se ha fortalecido por la participación de algunos sectores productivos y de servicios, como el sector de procesamiento de alimentos, que busca insertarse en el mercado internacional y contribuir al establecimiento de empresas competitivas capaces de suministrar, tanto al sector doméstico, turístico y de exportación de productos de calidad, contribuyendo así a la captación de divisas y como motor impulsor para el resto de la economía con el objetivo de fortalecer la producción.

Los aceites vegetales son la fuente primordial de ácidos grasos esenciales para la salud humana. Como ya se conoce las grasas de origen animal poseen menos calidad nutricional, es por ello que en la actualidad existe un incremento de la demanda de aceite vegetal comestible en las cocinas a nivel internacional. La producción de aceite de soya refino forma parte del esfuerzo que se realiza para garantizar la entrega normada de aceites, establecida de acuerdo con estudios dietéticos elaborados por el Ministerio de la Industria Alimentaria (MINAL) y el Ministerio de Salud Pública (MINSAP) en el país.

En Cuba existen dos plantas de refinación de aceite, una en el municipio Regla de La Habana, y la Empresa Refinadora de Aceite Vegetal "ERASOL" situada en la Carretera de Mar Verde km 4, en Santiago de Cuba, la cual se dedica a refinar aceite de soya crudo, que se extrae de la Empresa Procesadora de Soya.

El vertido de las aguas residuales es el aspecto ambiental más conocido de la industria aceitera. A nivel internacional se han realizado investigaciones sobre la cantidad y composición de las aguas residuales y sobre cómo reducirlas y tratarlas. La depuración de los efluentes líquidos es una parte fundamental de la gestión ambiental en cualquier industria.

Un aspecto inseparable de cualquier programa de tratamiento y vertido de aguas residuales es el control de estas dentro de los procesos; ello implica el conocimiento de los niveles de contaminación y la adopción de medidas para reducirla hasta un mínimo. Obtener un producto de la mejor calidad, al menor costo posible con un impacto positivo al medio ambiente debe ser el objetivo central de toda producción de aceite.<sup>1</sup>

La refinería de aceite de soya ERASOL es considerada uno de los principales focos de contaminación de la bahía santiaguera, debido a que las aguas residuales generadas durante el proceso productivo son descargadas en esta, con un insuficiente grado de depuración, no cumpliéndose con las normas de vertimiento vigentes, lo que fue señalado en las diferentes inspecciones ambientales realizadas por la Unidad de Medioambiente de la Delegación Provincial del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA)

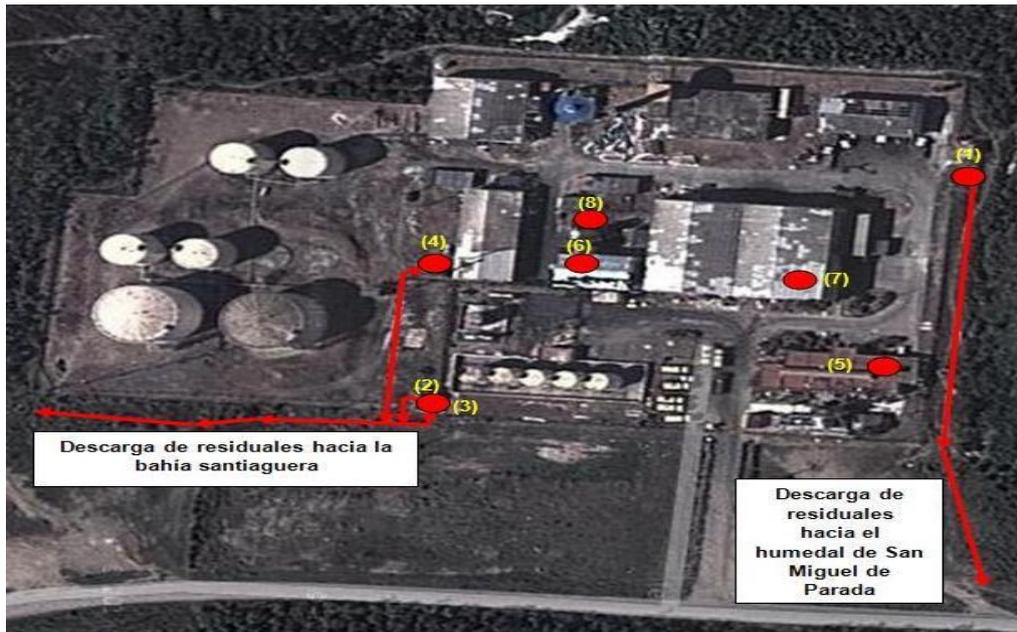


Fig. 1. Vista aérea de ERASOL

#### *Particularidades del proceso de refinación de aceite vegetal*

El 90 % de la contaminación en una empresa aceitera proviene de las pérdidas de productos o materias primas, por lo que es necesario durante todos los procesos que se lleven a cabo en la refinación, controlar los escapes de aceites y sustancias utilizadas como materias primas, además de llevar un estricto control de los subproductos obtenidos, pues todo ello representa un elemento estratégico para el éxito de un programa de prevención.

Partiendo de que el daño ambiental es toda pérdida, disminución, deterioro del medio ambiente o a uno o más de sus componentes, que se produce contraviniendo una norma o disposición jurídica, se ha hecho énfasis en su enfrentamiento. En Cuba han surgido herramientas jurídicas al efecto como son la Ley 81 de Medio Ambiente y el Decreto Ley 200 de Contravenciones, además de diferentes normas nacionales.

Existen diferentes tipos de contaminación, una de las más polémicas es la de las aguas, generadas fundamentalmente por los residuos industriales líquidos (RILES); estos no son más que aguas de desecho generadas como resultado de algún proceso, actividad o servicio. Se considera un RILES contaminante cuando se produce en los cursos receptores condiciones inadecuadas para los usos definidos del recurso hídrico o en su defecto, que contenga materia orgánica que al descomponerse en el trayecto reduzca el contenido de oxígeno disuelto en el agua hasta un grado que impida la vida acuática.

La DBO5 está normalmente ligada a las grasas y sólidos suspendidos; también puede verse afectada por el contenido de jabones y gomas. La DQO equivale aproximadamente a 1.5 veces la DBO5; la DBO alcanza niveles entre 20 000 y 35 000 mg/L. Otros valores críticos son el DQO: (30 000 y 60 000 mg/L), sólidos disueltos (10 000 mg/L) y aceites y grasas (5000-10 000 mg/L).

Logrando minimizar la generación de estas corrientes contaminantes no solo se lograría el cumplimiento de la normativa ambiental, sino también aumentaría la rentabilidad de la empresa, recuperando los productos comerciables y reduciendo los costos de tratamiento de los efluentes.<sup>2-4</sup>

Como componentes esenciales de las aguas residuales están:

- Ácidos grasos
- Monoglicéridos, diglicéridos y triglicéridos
- Glicerina
- Proteína
- Lecitina
- Aldehídos
- Cetonas
- Lactonas
- Estearinas

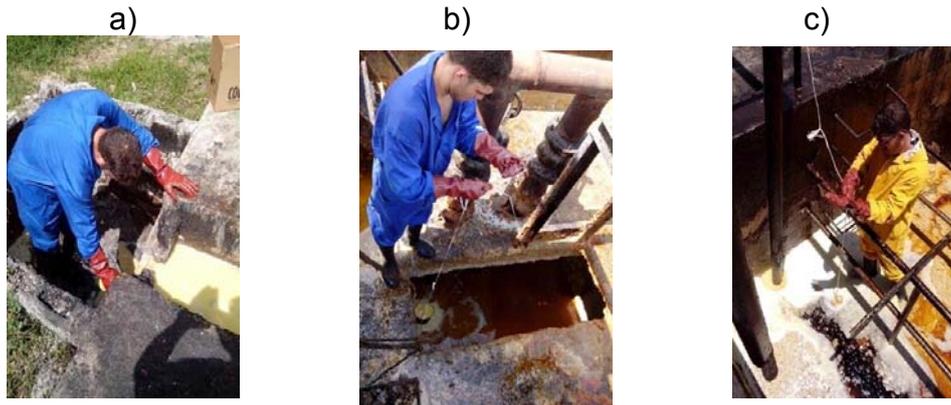
A lo largo de todo el proceso de refinación de aceite de soya se generan impactos negativos al medio ambiente debido a la manipulación y descarga de efluentes líquidos.<sup>1</sup>

El principal efluente líquido de la industria aceitera es el jaboncillo; este presenta como principales contaminantes: aceites y grasas, sólidos suspendidos, contaminantes como DQO, DBO y conductividad. Se produce un vertimiento de este durante todo el proceso de las etapas de neutralización y desodorización.

También existe un volumen muy elevado de agua, la cual es imprescindible para que se realicen las separaciones durante el proceso; asimismo, se utiliza gran cantidad de agua para la limpieza de los derrames de grasas y jaboncillo, que luego es arrastrada hacia el sistema de alcantarillado de la industria, lo cual aumenta grandemente la magnitud de la contaminación del medio ambiente. Otro de los elementos presentes en los residuales es la barredura de soya y la cáscara en el procesamiento de la soya para la obtención del aceite.

En la figura 2 se observa la toma de muestras de los diferentes residuales de la Empresa Refinadora de Aceite Vegetal Santiago de Cuba "ERASOL" y la Planta Procesadora de Soya "pds".

El criterio para la selección de los puntos a muestrear se basó fundamentalmente en el aporte de la demanda química de oxígeno (DQO), demanda biológica de oxígeno (DBO5), pH y sólidos en suspensión (S.S). Para ello se muestrearon tres puntos fundamentales, de ellos dos pertenecen a la Empresa Refinadora de Aceite Santiago de Cuba "ERASOL" y una a la trampa de grasa de la Planta Procesadora de Soya "pds".



**Fig. 2.** Instantáneas del momento en que se toman las muestras. (a) Muestra 1: Tanque de jaboncillo ERASOL; (b) Muestra 2: Trampa de grasa "ERASOL"; (c) Muestra 3: Trampa de grasa "pds"

En la tabla 1 se observa una caracterización de las diferentes muestras tomadas; los ensayos se llevaron a cabo en el Laboratorio del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos de la provincia de Santiago de Cuba.

**Tabla 1.** Caracterización de los residuales vertidos a la bahía santiaguera por la planta refinadora de aceite

Parámetros	UM	Parámetros de las Muestras			Norma de vertimiento NC 27/2012
		TKJ	TGE	TGP	
pH	(u),T (±1.2%)	°C 7,68	3,2	6,9	6 a 9
S.S	mg/l	0,5	0	40	5
DBO5	mg/l	4 603	100	2 360	60
DQO	mg/l	14 000	400	4 765	120

TKJ. Tanque de jaboncillo. TGE. Trampa Grasa ERASOL. TGP. Trampa Grasa pds.

#### *Estimación de la producción de metano*

El desempeño del proceso de tratamiento anaerobio depende del mantenimiento dentro de los reactores de una biomasa adaptada, con elevada actividad microbológica.

Para evaluar la actividad microbiana de los residuales de ERASOL se utilizó el test de AME (actividad metanogénica específica)<sup>5</sup>, con el cual se determina la capacidad de la biomasa para convertir sustratos en CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub>.

En este ensayo de laboratorio se midió el metano liberado por desplazamiento de líquido (disolución de NaOH); se utilizó un reactor anaerobio de 10 L; la temperatura osciló entre los 35 y 40 °C; se elaboró una sola muestra con un 50 % de cada residual analizado, debido a que estos se mezclan a la salida del sistema de residuales que descarga directamente a la bahía, no existiendo posibilidad de separarlos debido a problemas de diseño del sistema, además se utilizó como inóculo una pequeña porción de estiércol vacuno.

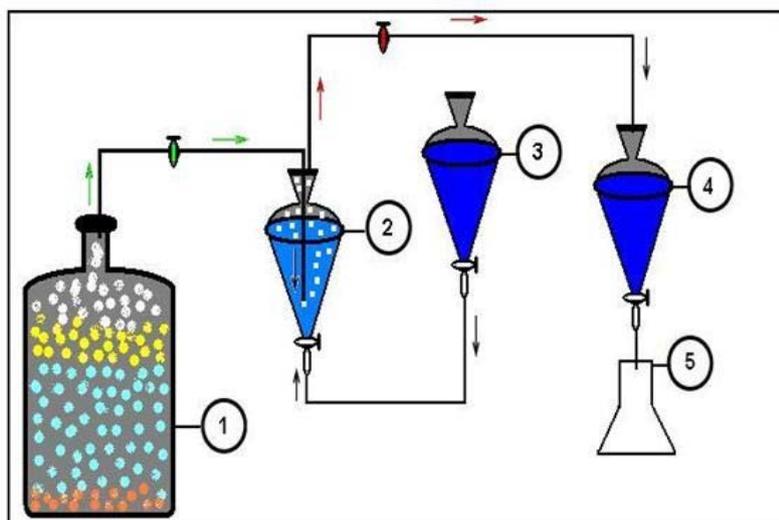
Una vez implementados los ensayos se registraron las producciones de metano en un total de 25 días. La producción de metano se determinó cada 24 h, con la consecuente medición de la presión y la temperatura ambiental para normalizar el metano.

Respecto a la elección del NaOH fue para que neutralizase el CO<sub>2</sub> en el biogás y se pudiese medir solo el volumen de metano. La concentración fue de 25 g/l basándose en 5, además se agregó fenolftaleína a la solución para asegurar que el CO<sub>2</sub> no neutralizara por completo la sosa. Sin embargo, el pH de la solución se mantuvo siempre en 14, por lo que no se tuvieron que volver a preparar las soluciones de sosa.

En las figuras 3 y 4 se observa el biodigestor y los elementos del sistema construido para el ensayo de biodegradabilidad anaerobia.



**Fig. 3.** Biodigestor experimental



**Fig. 4.** Instalación experimental. (1) Biodigestor anaerobio; (2) Filtro de CO<sub>2</sub>; (3) Embudo separador efecto campana móvil; (4) Gasómetro; (5) Erlenmeyer.

Los resultados obtenidos muestran que el desempeño en la producción de biogás, empleando residuales del proceso de obtención y refinación de aceite de soya, fue similar a los reportados en 6. Los valores alcanzados básicamente se deben a la alta concentración en materia orgánica de los residuales estudiados. En la figura 5, se muestra la producción diaria de metano para los residuales evaluados.

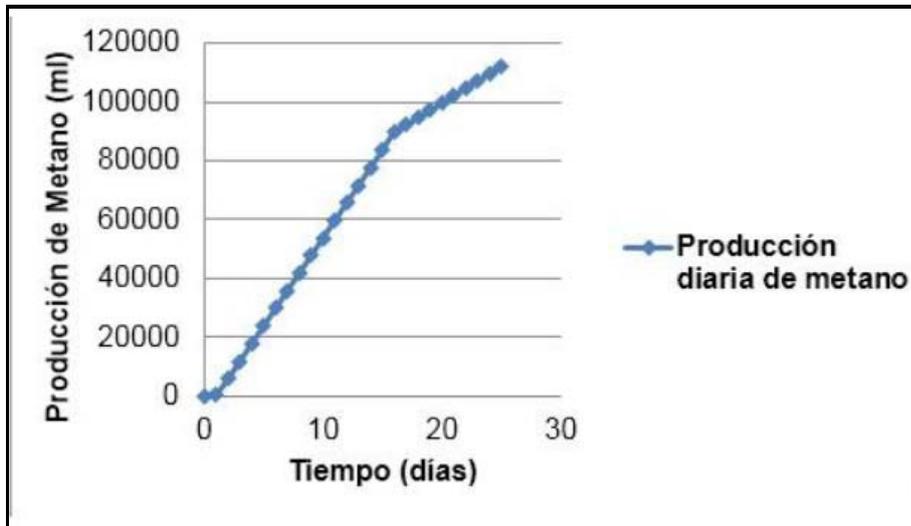


Fig. 5. Producción diaria de metano.

Del estudio realizado se obtuvo que un volumen de 10 litros de residuales reporta una producción diaria de 5971.71 ml de metano; se conoce que el biogás está compuesto principalmente por  $\text{CH}_4$  más otros gases, en lo fundamental  $\text{CO}_2$ . Si se considera un biogás 60 % de  $\text{CH}_4$  y 40 % de  $\text{CO}_2$  entonces se tiene que:

$$Q_{\text{biogás}} = \frac{Q_{\text{CH}_4}}{C_{\text{CH}_4}} \quad (1)$$

Donde

$Q_{\text{biogás}}$ : Producción volumétrica de biogás ( $\text{m}^3/\text{día}$ )

$Q_{\text{CH}_4}$ : Producción volumétrica de metano ( $\text{m}^3/\text{día}$ )

$C_{\text{CH}_4}$ : Concentración de metano en el biogás

Sustituyendo los valores en la ecuación 1 se obtiene que:

$$Q_{\text{biogás}} = 0.00995285 \text{ m}^3/\text{día}$$

Es decir que para  $0.01 \text{ m}^3$  de residuales se obtendrían  $0.00995285 \text{ m}^3$  diario de biogás.

La Empresa Refinadora de Aceite Santiago de Cuba "ERASOL" vierte diariamente como promedio a la bahía santiaguera un volumen de  $372 \text{ m}^3$  de residuales, por lo que se obtiene que:

$$372 \text{ m}^3 \times 0,00995285 \text{ m}^3 / 0,01 \text{ m}^3 = 370,24 \text{ m}^3$$

Entonces para un volumen de 372 m<sup>3</sup> de residuales se podrían obtener 370.24 m<sup>3</sup> diario de biogás.

### **Posibles usos del biogás generado**

La generación y uso del biogás como fuente renovable de energía es una opción técnica y económicamente viable que no solo resuelve un problema ambiental al momento de reutilizar los desechos orgánicos, sino que también permite a la empresa ser autosustentable al producir su propia energía eléctrica y calorífica.

En este caso se propone como variante el aprovechamiento de los efluentes que se producen en ERASOL para el incremento de la eficiencia energética. El biogás se utilizaría para la generación de electricidad, como combustible en las calderas de entidad para generar vapor, y el efluente del biodigestor se utilizaría como abono orgánico y fertirriego para una plantación que abastece de alimentos a la empresa.

### **Propuesta de uso del biogás como combustible en la generación de energía eléctrica.**

1 m<sup>3</sup> de biogás totalmente combustionado equivale a 1.25 kWh de electricidad.<sup>7</sup>

Como en este caso se cuenta con una producción diaria de biogás de 370.24 m<sup>3</sup>;

Entonces:

$$370,24 \text{ m}^3 \times 1,25 \text{ kwh} = 462,8 \text{ kwh}$$

Es decir, que del biogás producido podríamos generar 462.8 kWh diario de electricidad.

El consumo de electricidad en la entidad en el 2013 fue de 100 094 MWh. Con biogás se hubiesen generado en ese año 166.60 MWh. Para determinar el por ciento de ahorro de electricidad se plantea que:

$$166,60 \text{ Mwh} \times 100 \% / 100 \text{ 094 Mwh} = 0,17 \%$$

Como se aprecia el ahorro de energía sería de 0.17 %. <> 170.16 MWh.

Si se conoce que la empresa pagó en el 2013 la cantidad de 459 430 CUC por consumo de electricidad; entonces:

$$166,60 \text{ Mwh} \times 459 \text{ 430 CUC} / 100 \text{ 094 Mwh} = 764,69 \text{ CUC}$$

El ahorro por concepto de pago de electricidad sería de 764,69 CUC.

1 m<sup>3</sup> de biogás equivale a 0.7 litros de fuel oil.<sup>8</sup>

Entonces queda que:

$$370,24 \text{ m}^3 \text{ de biogas} \times 0,7 \text{ litros} = 370,94 \text{ litros}$$

Es decir, que el biogás generado de los residuales hubiesen sustituido en el año 2013 un total de 133 538.4 litros de fuel oil.

La empresa trabaja con un factor de conversión que permite llevar las toneladas a hectolitro y luego a litros; la equivalencia es 10.1639 hectolitros por toneladas.

Teniendo en cuenta este factor de conversión, se obtiene el siguiente resultado: (133 538.4 litros / 100 HL) / (10.1639 HL/ton) = 131.38 toneladas de fuel oil, teniendo en cuenta la equivalencia en biogás.

Los generadores de vapor de la unidad consumieron en el año 2013 un total de 866 185 toneladas de fuel oil.

Por tanto:

$$131,38 \text{ toneladas} \times 100 \% / 866,185 \text{ toneladas} = 15,17 \%$$

El ahorro de combustible será de 15.17 %.

En el año 2013 la empresa gastó un total de 685 433.82 CUC en fuel oil

$$131,38 \text{ toneladas} \times 635 \text{ 433,82 CUC} / 866,185 \text{ toneladas} = 103 \text{ 964,27 CUC}$$

Como se aprecia el ahorro monetario hubiera sido de 103 964.27 CUC.

#### Determinación de las emisiones de CO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub>

Para el cálculo de las emisiones de CO<sub>2</sub> se tendrá en cuenta el consumo de fuel oil en el año 2013 en la generación de vapor, que fue un total de 866 185 toneladas.

$$M_{CO_2} = 1,866 \times \frac{C^t}{100} \times B \times \rho \quad (2)$$

Donde:

MCO<sub>2</sub>: Emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera (kg/año)

C<sup>t</sup>: Contenido de carbono en la composición química elemental del combustible en masa de trabajo (fuel oil), (86 %)

B: Consumo de combustible (kg/año)

ρ: Densidad del CO<sub>2</sub> (1.964 kg/m<sup>3</sup>)

Sustituyendo los valores en la ecuación 3 se obtiene que:

$$M_{CO_2} = 2729\ 997.40 \text{ kg/año}$$

$$M_{CO_2} = 2729.99 \text{ toneladas/año}$$

Es decir que, la Empresa Refinadora de Aceites Santiago de Cuba emitió en el año 2013 un total de 2729.99 toneladas de  $CO_2$  a la atmósfera por concepto de quema de fuel oil en los generadores de vapor de la mencionada entidad. Para la determinación de las emisiones  $SO_2$  se emplea la siguiente expresión:

$$M_{SO_2} = 20 \times S^t \times B \times (1 - f_{SO_2}) \quad (3)$$

Donde:

$M_{CO_2}$ : Emisiones de  $SO_2$  a la atmósfera (kg/año)

$S^t$ : Contenido de azufre en la composición química elemental del combustible en masa de trabajo (1.2 %)

B: Consumo de combustible (kg/año)

$f_{SO_2}$ : Fracción de los óxidos de azufre retenidos por las cenizas volátiles en los conductos de gases, que puede ser tomado igual con un valor de 0.02

Sustituyendo los valores en la ecuación 3 obtenemos que:

$$M_{SO_2} = 203\ 726.712 \text{ kg/año}$$

$$M_{SO_2} = 203.73 \text{ toneladas/año}$$

Como se observa en este resultado la Empresa Refinadora de Aceites Santiago de Cuba emitió en el año 2013 un total de 203.73 toneladas de  $SO_2$  a la atmósfera por concepto de quema de fuel oil en los generadores de vapor de la mencionada entidad.

La emisión de gases a la atmósfera como el  $CO_2$  y  $SO_2$  tiene un costo debido a sus efectos negativos, por lo cual la empresa debe de pagar esta penalidad; en la tabla 2 se reflejan esos costos.

**Tabla 2.** Costos medios provocados al medioambiente debido a las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera<sup>9</sup>

Contaminante	$CO_2$	$SO_2$
Costo de emisión (CUC/Toneladas)	20,0	2 021,6

Empleando los valores que se reflejan en la tabla 2 se puede obtener el costo o la afectación económica de la empresa por la emisión a la atmósfera de  $CO_2$  y  $SO_2$ , que sería de 54 599.8 CUC y 411 860.57 CUC respectivamente.

La Empresa Refinadora de Aceites Santiago de Cuba es una de las entidades que más contamina la bahía santiaguera, ya que sus residuales líquidos se vierten directamente en esta sin recibir un tratamiento previo. Si estos residuales se trataran mediante el proceso de digestión anaeróbica, el potencial diario de biogás sería de 370.24 m<sup>3</sup>. Este volumen de biogás hubiera aportado un total de 166.60 MWh de energía eléctrica en el año 2013, ahorrándole a la empresa 764.69 CUC. De utilizar biogás como combustible, el ahorro de fuel oil sería de 131.38 toneladas, representando monetariamente 103 964.27 CUC. Disminuye considerablemente la emanación de gases contaminantes a la atmósfera como el CO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub>, emitiendo 2729.99 toneladas y 203.73 toneladas en el año 2013 respectivamente, con un costo de 54 599.8 CUC y 411 860.57 CUC.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Martini Bruno, Vasallo Armando. Informe técnico sobre la planta refinadora "ERASOL", Santiago de Cuba. Julio 1998.
2. Guía para el control y prevención de la contaminación industrial en la fabricación de grasas y aceites vegetales y subproductos. Comisión nacional del medio ambiente – región metropolitana. Santiago de Chile. Julio 1998.
3. Gallego Restrepo Mauricio. Cleaner production in Food Industry. Universidad Nacional de Colombia. Abril 2006.
4. Pollution prevention assesment for an oil extraction and soap manufacturing facility. Case studies. Agosto 1995.
5. Soto M., Méndez R., Lema J.M. 1992. Determinación de toxicidad y biodegradabilidad anaerobia de aguas residuales (Determination of toxicity and anaerobic biodegradability of wastewater). Tecnología del Agua 92.
6. SA Besel. Biomasa: Digestores anaerobios. Editorial Idea, Madrid, España 2007.
7. Gomes A.C.A, Rocha M.M, Galvão da Silva A. Incentivos para a viabilização do biogás a partir dos resíduos da pecuária leiteira no Estado de Minas Gerais. Repositorio ojs.c3sl.ufpr.br, Meio Ambiente, 2014.
8. Albuquerque, M.F.G. Tratamento do glicerol bruto proveniente da produção de biodiesel visando a geração de metano. Repositorio sisbin.ufop.br, 2014.
9. Silva Lora Electro Eduardo; Neves Teixeira Flavio, Soporte Digital; Control de la contaminación, Maestría Eficiencia Energética 6ta Edición; Universidad de Oriente, Cuba, 2006.

renovable.cu:

PRÓXIMA EDICIÓN DEDICADA A LA ENERGÍA GEOTÉRMICA

Cualquier sugerencia o comentario escribir a: [renovablecu@cubaenergia.cu](mailto:renovablecu@cubaenergia.cu)

Inicio