

Alternativas para la reducción de los residuos urbanos y agropecuarios: potencial bioenergética en la provincia de El Oro (Ecuador)

Alternatives to reduce the urban and agricultural waste: bioenergy potential in El Oro province

Mayra Judith OROSCO Aponte [1](#); Gregory Dario VARELA-VELIZ [2](#); Virgilio SALCEDO-MUÑOZ [3](#); Cristhian VEGA-QUEZADA [4](#)

Recibido: 05/12/2017 • Aprobado: 25/01/2018

Contenido

[1. Introducción](#)

[2. Metodología](#)

[3. Resultados](#)

[4. Conclusiones](#)

[Referencias bibliográficas](#)

RESUMEN:

El presente artículo aborda una de las temáticas más actuales y preocupantes de nuestro medio ambiental, social y económico, pues está enfocada en generar un correcto tratamiento y destino de los desechos orgánicos y agropecuarios que se generan mediante las diversas actividades cotidianas de la vida diaria. Para esto, en la ciudad de Machala, hemos aplicado el uso de los biodigestores como un medio para la producción de CH₄ y CO₂ (gases de efecto invernadero) mediante la descomposición anaerobia de de estos residuos con el objetivo de obtener recursos bioenergéticos y orgánicos, ya que los cuales al ser tratados generan beneficios económicos, ambientales y sociales como por ejemplo; generar energía eléctrica de la cual los mismos productores generan un ahorro económico y un mayor beneficio, producción de abono líquido, orgánico-sólido, que es de beneficio para los mismos.

Palabras-Clave: Desechos orgánicos, Desechos Agropecuarios, CH₄, CO₂, Descomposición Anaerobia.

ABSTRACT:

This article addresses one of the most current and worrying issues in our environmental, social and economic environment, since it is focused on generating a correct treatment and destination of the organic and agricultural wastes that are generated through the daily activities of daily life. For this, in the city of Machala, we have applied the use of biodigestors as a medium for the production of CH₄ and CO₂ (greenhouse gases) by anaerobic decomposition of these residues with the objective of obtaining bioenergetic and organic resources, since when they are treated they generate economic, environmental and social benefits, for example; generate electricity from which the same producers generate economic savings and a greater profit, production of liquid fertilizer, organic-solid, which is beneficial to them.

Keywords: Organic Waste, Agricultural Waste, CH₄, CO₂, Anaerobic Decomposition.

1. Introducción

El consumo de alimentos es considerablemente alto, refiriéndonos a diversos tipos, estos se los encuentra con diferente presentación en cada uno de los mercados donde se comercializan, cada empresa o marca busca otorgarle un grado de diferenciación que le permita ser atractivo por los demandantes, constituyéndose en muchos casos parte de las estrategias de mercadeo que se aplican para brindar comodidad, seducción, preferencias y satisfacción a los clientes. La gran mayoría de estos elementos retóricos terminan siendo desechados en el corto plazo, por considerarse de poca utilidad (Solorio, 2011).

El resultado dado son grandes cantidades de desperdicios inorgánicos como: cartón, plástico, polietileno, tetrapak, vidrios, entre otros, incluyendo residuos orgánicos como: cascara de frutas, semillas, o restos de comida; e inorgánicos como: cartón, plástico, polietileno, tetrapak, vidrios, entre otros. Muchos de ellos pasan directamente a un recipiente para basura considerándose parte de la cultura ecológica que se vive en los hogares. Ante esto Varela, Garcés, y González (2014) definen a la cultura ecológica como la acción de separar los residuos generados en cualquier ambiente espacial en la que el ser humano pueda generarlos, basándose en principios que la misma sociedad adopte de manera formal o informal.

En otros casos estos residuos no son tratados de la manera correcta y son depositados en lugares no apropiados para el tratamiento de residuos, dándose un impacto ambiental negativo para el entorno, manifiestan Muñoz y González (2015) que los residuos en su conjunto, al contaminar amenazan la calidad de vida del hombre en el planeta, además la supervivencia de miles de otras especies y el agotamiento de los recursos naturales.

En el mundo alrededor de un tercio de la producción de los alimentos destinados al consumo humano se pierde o

desperdicia, lo que equivale aproximadamente 1 300 millones de toneladas al año, esto se da a lo largo de toda la cadena alimentaria, desde la producción agrícola inicial hasta el consumo final en los hogares. En general, en el mundo industrializado se desperdician muchos más alimentos per cápita que en los países en desarrollo. El desecho per cápita de alimentos por consumidor en Europa y América del Norte es de 95 a 115 kg/año, mientras que en el África subsahariana y en Asia meridional y sudoriental esta cifra representa solo de 6 a 11 kg/año (FAO, 2012).

Tanto en las economías desarrolladas, emergentes y en vías de desarrollo, múltiples son los factores que inciden en la problemática de los desechos orgánicos e inorgánicos, la cantidad de basura y desperdicios que día a día se generan en los hogares es tal, que hoy en día se ha transformado en un fenómeno preocupante de los gobiernos, organizaciones privadas y públicas, y de la sociedad en general (Guzmán Chávez y Macías Manzanares, 2012).

2. Metodología

Para el desarrollo del presente estudio se identificaron tres aspectos necesarios de análisis en el esquema propuesto tales como:

Caracterización de residuos urbanos

Emisiones de CO_2 y producción de biogás

Valor económico de la producción de biogás

Caracterización de Residuos urbanos

Para la caracterización de los residuos urbanos en el cantón Machala se realiza un muestreo estratificado en función de los mapas censales disponibles. Se consideran 6 zonas (a, b, c, d, e, f) con una población aproximada de 246,370 habitantes y 3796 manzanas. La muestra se construye aplicando la siguiente fórmula.

$$n = \frac{(N\sigma^2 Z_{\alpha}^2)}{e^2 (N-1) + \sigma^2 Z_{\alpha}^2}$$

Donde:

n = tamaño de la muestra; N = tamaño de la población; σ^2 = Desviación estándar de la población, que generalmente cuando no se tiene su valor, suele utilizarse un valor constante de 0,5; Z_{α}^2 = nivel de confianza que para este estudio es del 99% de confianza, lo que equivale 2,58. e^2 = Límite aceptable de error muestral que, generalmente cuando no se tiene su valor, suele utilizarse un valor que varía entre el 1% (0,01) y 9% (0,09), valor que queda a criterio del encuestador.

Con el tamaño de muestra estimado se divide en estratos de forma proporcional al número de manzanas dentro de cada una de las zonas en las que está dividida el área de estudio.

Emisiones de CO_2 y producción de biogás

Emisiones de CO_2 de los residuos agropecuarios

El primer componente del sistema propuesto hace referencia al tratamiento agrícola, el mismo que plantea combinar residuos agropecuarios y residuos orgánicos urbanos con el fin de generar biogás y posteriormente energía eléctrica. Adicional al beneficio económico por la venta de energía, se analiza el potencial beneficio ambiental por mitigación de GEI expresado en Ton equiv. CO_2 y su transformación monetaria en bonos de carbono.

Macías-Corral et al. (2008); Vega, Blanco, y Romero (2015) explican el tratamiento para la producción de biogás, energía eléctrica y productos agrícolas a partir de los residuos orgánicos urbanos y el estiércol del ganado, mediante un estudio a través de la aplicación de un biodigestor en la ciudad de Machala, se evaluó la co-digestión con diversas composiciones entre residuos sólidos municipales (FORM) y el estiércol del ganado. Dentro de estos estudios se llegó a las siguientes conclusiones:

El uso de un reactor para realizar la digestión anaeróbica de dos fases para cada uno de las muestras sometidas al experimento, dieron como resultado un porcentaje promedio en el contenido de metano (CH_4) mayor al 70%.

La mezcla del 90% de FORM equivalente a los Residuos Orgánicos Urbanos (ROU) y del 10% del estiércol de vaca equivalente a los Residuos Orgánicos Agrícola (ROA) presento la mayor producción de biogás con un rendimiento de 172 $m^3 CH_4$ /ton de basura seca.

La mezcla entre ROU (90%) y ROA (10%) al cabo de los 141 días, experimento una reducción de peso del 78,3% y una reducción en el volumen por el orden del 98% mostrando ser una mezcla de Co-digestión más eficiente.

Apoyados en el estudio realizado por: Cuéllar y Webber (2008); EPA (2013); Vega, Blanco, y Romero (2015), se aplicó la metodología utilizada, para poder estimar las emisiones de CH_4 y N_2O por excreción de purinas del inventario ganadero en la provincial del El Oro, para demostrar la eficiencia que tiene la utilización del biogás en ciudad de Machala. Como punto inicial para la estimación de las emisiones Gases de Efecto Invernadero a la población ganadera del Ecuador se la reclasificó en 5 categorías: 1) Ganado de engorde; 2) Vacas de leche; 3) Otra carne y ganado lechero; 4) Cerdo; y 5) Aves de corral.

Ya obtenido el número de unidades animales existente en la provincia de El Oro, se necesitó estimar el volumen excretado de estiércol por tipo de ganado, determinando que durante el proceso del manejo de estiércol se producen dos gases de efectos invernadero estos son: las emisiones de CH_4 y N_2O . El volumen excretado de estiércol por tipo de ganado, se lo determino mediante las siguientes ecuaciones:

$$VS_{\text{excretado}}(\text{animal}, WMS) = [Población]_{\text{animal}} \times VS \times WMS$$

En donde $VS_{\text{excretado}}(\text{animal}, WMS)$ es la cantidad VS excretado en el estiércol gestionado en cada uno de WMS para cada tipo de animal (kg/año), la $Población_{\text{animal}}$ es el número de unidades de animales por cada 1000kg de peso, VS es el volumen excretado por tipo de animal en un año expresado en kg, WMS es el tipo de sistema de manejo del estiércol y esta

expresado en porcentajes. Mediante ecuación (1) se calculó el volumen excretado por el ganado bobino, mientras para el cálculo del volumen excretado por el resto de los animales se utilizó la siguiente ecuación:

$$VS \text{ [excretado] } _(\text{animal,WMS}) = \text{[Población] } _ \text{animal} \times VS \times WMS \times 365,25$$

En donde el factor 365,25 se aplica para analizar el VS que viene dado en Kg al día y el factor lo corrige a Kg por año. Ya calculado el volumen excretado expresado Kg por año para cada tipo de animal se procedió a estimar las emisiones de CH₄ que indica las emisiones de CH₄ (Kg CH₄ / año) utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{[CH] } _4 = \sum _(\text{animal,WMS}) (VS \text{ [excretado] } _(\text{animal,WMS}) \times \beta _0 \times MCF \times 0.662)$$

En donde el β_0 indica la cantidad de m³ de CH₄ por Kg de estiércol excretado, MCF es el factor de conversión en metano por tipo de sistema de manejo de estiércol y el 0,662 que es la densidad del metano a una temperatura de 25°C (Kg CH₄/m³ CH₄)

Al estar expresada la cantidad de CH₄ en Gg, fue necesario convertirla en Tera gramos (Tg) equiv. CO₂ que también podrán ser expresadas como millones de ton equiv. CO₂; para lograr dicha conversión se aplicó la fórmula:

$$\text{Tg equiv. [CO] } _2 = ((\text{Gg CH}_4 \times \text{PCG}))/1000$$

Donde PCG hace referencia al potencial de calentamiento global que tiene el CH₄, lo que permitió realizar la conversión a Tg equiv. CO₂.

Para el cálculo de las emisiones de N₂O, los estudios determinan que existe dos tipos de emisiones: directas e indirectas, por lo cual es necesario determinar la cantidad de Nitrógeno (N) excretado por tipo de animal utilizando la siguiente ecuación:

$$N \text{ [excretado] } _(\text{animal,WMS}) = \text{[Población] } _ \text{Animal} \times WMS \times N_{ex}$$

En donde N excretadoanimal, WMS es la cantidad de N excretados en el estiércol gestionado en cada uno de WMS para cada tipo de animal (Kg/año), la poblaciónanimal es el número de unidades de animales por cada 1000kg de peso, el WMS es el tipo de sistema de manejo de estiércol que viene expresado en porcentajes y el Nex que es el volumen excretado de N por tipo de animal en un año expresado en Kg. A través de la ecuación (5) se calculó el volumen de N excretado por el ganado bobino, mientras para el cálculo del volumen de N excretado por el resto de los animales se utilizó la siguiente ecuación:

$$N \text{ [excretado] } _(\text{animal,WMS}) = \text{[Población] } _ \text{Animal} \times WMS \times N_{ex} \times 365,25$$

En donde el factor de 365,25 se aplica para analizar Nex que viene dado en Kg al día, con el factor el cual corrige a Kg por año. Mediante los cálculos de N excretadoanimal,WMS, se procedió a calcular las emisiones directas de N₂O que se calculó a través de la siguiente ecuación:

$$N _2 \text{ O Directo} = \sum _(\text{animal,WMS}) (N \text{ [excretado] } _(\text{animal,WMS}) \times \text{[EF] } _ \text{WMS} \times 44/28)$$

En donde el EF_{WMS} es el factor de emisiones directas de N₂O por tipo de manejo de estiércol según los lineamientos del IPCC que viene determinado por la relación (Kg N₂O-N/Kg N) y la constante de 44/28 que indica el factor de conversión del N₂O a N₂O.

Y por último se calculó las emisiones indirectas de N₂O para todos los animales con la siguiente ecuación:

$$N _2 \text{ O Indirecto} = \sum _(\text{animal,WMS}) (([N \text{ [excretado] } _(\text{animal,WMS}) \times \text{[Frac] } _(\text{gas,WMS})/100 \times \text{[EF] } _(\text{volatiles}) \times 44/28] + [N \text{ [excretado] } _(\text{animal,WMS}) \times \text{[Frac] } _(\text{lixiviados,WMS})/100 \times \text{[EF] } _(\text{lixiviados}) \times 44/28])$$

En donde Frac_{gas},WMS muestra el N que se pierde en la volatilización por cada WMS, el EF_{volátiles} indica el factor de emisiones para la volatilización (0.010 Kg N₂O/Kg N), la Frac_{lixiviados},WMS muestra el N que se pierde por escurrimiento y lixiviación por cada WMS, el EF_{lixiviados} indica el factor por escurrimiento y lixiviación (0,0075 Kg N₂O-N/Kg N) y la constante de 44/28 que indica el factor de conversión del N₂O-N a N₂O.

Una vez que se cuantificaron las emisiones directas e indirectas de N₂O generadas por el manejo del estiércol en el Ecuador, las cuales están expresadas en Gg de N₂O se transformaron a Tg equiv CO₂ o millones de ton equiv de CO₂ de acuerdo a la fórmula siguiente:

$$\text{Tg equiv.CO} _2 = ((\text{Gg N}_2\text{O} \times \text{PCG}))/1000$$

Donde PCG hace referencia al potencial de calentamiento global que tiene el N₂O, lo que permite realizar la conversión a Tg equiv. CO₂. Para la cuantificación de los Ingresos Potenciales por no emisión de CO₂, resultan de multiplicar las ton equiv. CO₂ totales por el precio de los Certificados de Emisiones Reducidas (CER) que en el 2013 que se fijaron por el orden de los 7 €/ton CO₂ en España.

Potencial de generación eléctrica

El potencial de generación eléctrica fue determinado según las características del generador AQL315 a biogás del Grupo AquaLimpia, el cual tiene como especificación de una producción de 315 Kw/h, necesitando un consumo de biogás de 0,53 m³/h y una presión de entrada de gas de 2 a 6 kPa.

2.1. Emisiones de gases de efecto de invernadero

Sánchez (2013) explica que para el año del 2012 en el Protocolo de Kioto, la Unión Europea se comprometido a reducir las emisiones de gases de efectos invernaderos en un 8% con respecto a las emisiones de 1990. Siendo España unos de los países que ha incrementado sus emisiones de gases de efecto invernaderos en un 22,8% en 2010.

De tal forma expresa Cordero(2012) que los aumentos más primordiales de las emisiones de gases de efecto invernaderos proviene de sectores tales como: el sector eléctrico, sector automotor y el sector industrial. Muchos gobiernos fijaron metas para la reducción de las emisiones de efectos invernaderos para la mitigación del cambio climático, donde hoy en día son temas muy tratados de los países más industrializados (G8).

El problema de la degradación del medio ambiente comenzó con el inicio de la revolución científica e industrial, misma que han provocado desde su origen grandes beneficios a la humanidad en general, pero que también han afectado el entorno ecológico debido al empleo de grandes cantidades de recursos naturales para el desarrollo de los procesos industriales y a la producción enorme y constante de los desechos arrojados al aire, agua y suelo.

Tradicionalmente en México el tratamiento biológico de aguas residuales se ha efectuado empleando procesos y sistemas aeróbicos, tales como lodos activos, lagunas aireadas y filtros percoladores. Sistemas que se caracterizan por la acción de bacterias y otros organismos que requieren de aire para su existencia, razón por la cual uno de los factores más importantes en este caso es la energía requerida para suministrar las cantidades necesarios de aire y de áreas grandes para instalar las lagunas de tratamiento (Rivero, Sandoval, y Cabrera, 2007).

Tabla 1
Causas y efectos de los desechos solidos

CAUSAS	EFFECTOS
<ul style="list-style-type: none"> • Industrialización y hábitos de consumo 	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor producción per cápita de residuos
<ul style="list-style-type: none"> • Crecimiento demográfico 	<ul style="list-style-type: none"> • Agotamiento de los recursos renovables y no renovables
<ul style="list-style-type: none"> • Ausencia de infraestructura para el tratamiento de desechos 	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminación del suelo con efectos como erosión. • Contaminación del agua: ríos de agua dulce, amenaza de flora y fauna. Océanos, desequilibrios naturales
<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de la producción de residuos tanto en fábricas, empresas, hogares 	<ul style="list-style-type: none"> • Agujeros en la capa de ozono • Cambio climático

Elaborado por: Autores basado en el Programa nacional para la gestión integral de desechos solidos

Fundación Acción Ecológica (2011) demostró en su informe Gestión integral de residuos sólidos que:

Particularmente en Colombia los biodigestores como medio para la producción de biogás (metano, CH₄) son de gran uso en las provincias de Colombia, esto debido a que el uso de esta fuente alterna de energía asegura la disminución en la contaminación ambiental, disminuye los costos de producción en las pequeñas granjas de Colombia y brinda subproductos como el abono orgánico, un acto de participación según Chica y López (2011) explican que capacitar a nuestras comunidades en estos proyectos permitirá mejorar las condiciones de vida, allí radica la importancia del modelado de crecimiento de las bacterias dentro del biodigestor, ya que gracias a su acción en el interior permiten el mejor rendimiento y eficiencia en producción de energía del mismo.

El biogás producido se utiliza directamente en un motor de gas para producir electricidad y calor, para los que se consideran eficiencias de 40% (electricidad) y 45% (calor). La otra salida, el residuo procesado, se almacena, y cuando sea apropiado, aplicado en los campos agrícolas como fertilizante orgánico, con lo que en parte la sustitución de nitrógeno mineral (N), fósforo (P) y potasio (K).

Por otra parte, los resultados obtenidos por Díaz, Medina, Latife, Digonzelli, y Sosa (2004) muestran el aporte de importantes cantidades de macro y micronutrientes en la composición de lombricompost de distinto origen. Como así también se determinó la presencia de bacterias fijadoras de nitrógeno.

2.2. Caso Ecuador

Afirma el Ministerio del Ambiente (2013) que en el Ecuador se produce 23.245 millones de toneladas métricas de CO₂. Y según la CEPAL, emite el 1,9 de toneladas métricas de CO₂ per cápita. Lo que representa un 0,1% de emisiones de gases de efectos invernaderos a nivel mundial. Por ello el Ministerio del Ambiente (MAE), pretende trabajar en la mitigación de las emisiones de CO₂ en referencia a implementar políticas que ayuden a reducir este tipo de emisiones de gases de efectos invernaderos, promoviendo el uso de energías hidroeléctricas, solar, eólicas, etc.

Ecuador mediante la Constitución de la Republica de Ecuador (2008) reconoce en el Art. 14 el derecho que tiene la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, todo esto enmarcado en el Sumak Kawsay o Buen Vivir. Adicional el art. 71, resalta como eje primordial la interculturalidad y la convivencia armónica con un giro de visión predominante hacia la naturaleza, entendida solo como proveedora de recursos naturales, buscando en la actualidad un enfoque más integral y biocentrico, en el que se la defina como "el espacio donde se realiza la vida".

Así mismo esta constitución demuestra y promueve un alto interés por el desarrollo sustentable y sostenible mediante una correcta gestión ambiental, tal como lo describe el Art. 415 de la carta magna. " La gestión ambiental se sujeta a los principios de solidaridad, corresponsabilidad, cooperación, coordinación, reciclaje y reutilización de desechos, utilización de tecnologías alternativas ambientalmente sustentables y respeto a las culturas y prácticas tradicionales (Asamblea Nacional Constituyente, 2008).

El gobierno actual en sus 35 propuestas para el socialismo del Buen Vivir contempladas en el plan de Gobierno 2013-2017, en el apartado Revolución Ecológica, promueve que la transformación productiva será genuinamente "verde país" porque tendrá mayor valor económico, social y ambiental. Esto se logrará profundizando el uso sostenible del patrimonio natural y sus recursos naturales, la inserción de tecnologías ambientalmente limpias, la ampliación de la eficiencia energética y de las energías renovables, la prevención, control y mitigación de la contaminación. La aplicación de la Estrategia Nacional de Cambio Climático es uno de los elementos fundamentales para cambiar la relación del ser humano con la naturaleza en los diversos sectores productivos.

La secretaria nacional de planificación y desarrollo (2013) mediante el Plan Nacional del Buen Vivir, induce a la construcción de alternativas de unidad de análisis que se refieran al Buen Vivir; que no se quede sólo en lo monetario, sino contemple lo biofísico. Al mismo tiempo manifiesta que La economía depende de la naturaleza y es parte de un sistema mayor, el ecosistema, soporte de la vida como proveedor de recursos y sumidero de desechos.

La investigación básica sobre la biodiversidad del país realizada por Vega-Villa et al. (2014) apenas ha analizado las posibilidades de consolidar actividades económicas sostenibles tan solo de un 1% de la biodiversidad total mientras que la disposición de las comunidades para hacer valer este conocimiento es mucho más potente ya que son conocimientos presentes dentro de las prácticas tradicionales.

La población del Ecuador según el Censo de Población y Vivienda del año 2010 era de 14.483.499 millones de habitantes, registrándose que un 77% de los hogares elimina la basura a través de carros recolectores y el restante 23% la elimina de diversas formas, así por ejemplo la arroja a terrenos baldíos o quebradas, la quema, la entierra, la deposita en ríos acequias o canales, o son enterrados sin considerar el daño potencial que abarca el hecho, además el (Ambiente) También indica que según datos provistos por el Programa Nacional de Gestión integral de Desechos Sólidos, el MIDUVI y otras instituciones, se determinó que el servicio de recolección de residuos sólidos tiene una cobertura nacional promedio del 84.2% en las áreas urbanas y de 54.1% en el área rural, la fracción no recolectada contribuye directamente a la creación de micro basurales descontrolados. Actualmente la ciudad de Machala cuenta con una población de 242.972 habitantes de acuerdo al INEC.

En la provincia de El Oro el 63,75% de las personas en edad de 12 años en adelante aseguran estar afectadas por problemas ambientales, encontrándose la Capital Machala con mayor proporción de personas afectadas, presenta una estadística de 69,17%. Así también, la preocupación por el medio ambiente, entre las ciudades de Quito Cuenca, Machala y Guayaquil, se ubica en tercer lugar la ciudad de Machala, en la cual el 89,18% de sus habitantes se mantienen alarmados por los problemas ambientales que existen y la Provincia de El Oro, que se encuentra en segundo lugar con un 90,54%, información obtenida del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos ECV (2014) referida a personas de 12 años de edad en adelante.

Además conocemos que las cifras de ganado dentro de la Provincia de El Oro tienen gran influencia en la generación de todo lo que concierne a su cultivo, es decir, mientras más cantidad de ganado existe, mas excremento, más gases de efectos invernaderos.

Tabla 2
Numero de Cabeza de Ganado (Machos y Hembras)

Vacuno	Porcino	Ovino	Asnal	Caballar	Mular	Caprino
135.866	152.585	4.480	845	5.567	2.180	610

2.3. Alternativas en el tratamiento de residuos orgánicos: uso del biodigestor

Según Solano, Vargas, y Watson, (2011) definen que un biodigestor es un sistema que permite la optimización de la producción del biogás a través de los desechos orgánicos, para obtener energía limpia, renovable y de bajo costo. Además, la utilización del biogás impulsa la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero como el CH₄, el cual está comprobado que es 23 veces mayor que el dióxido de carbono CO₂.

Basándonos en los autores Bidlingmaie (2006); Osorio, Cirio y Gonzáles (2007) han expresado que las bacterias metano génicas son más sensibles a la temperatura que los demás microorganismos de un biodigestor, debido a que su velocidad de crecimiento es más lenta. El proceso de digestión anaerobio no se ve afectado si la temperatura aumenta en unos pocos grados; sin embargo, un decrecimiento podría retardar la producción de metano, sin perjudicar la actividad de las bacterias acidificantes, lo cual permite una excesiva acumulación de ácidos y la posible falla en el biodigestor. En este sentido, se debe preocupar mantener un microclima cálido en el biodigestor para conservar una tasa de producción de biogás alta (Vargas y Rivas, 2012).

Partiendo del hecho de crear una cultura ambiental a los habitantes, se pueden realizar actividades estratégicas para el buen cumplimiento de la ordenanza municipal en la cual debe incluir las normas de reciclaje, todo esto con la finalidad de llevar un proceso más ágil en el desarrollo de los objetivos ambiciosos que tenemos en el presente proyecto.

El proceso propuesto conlleva a la consecución de varios pasos. El primero consiste en implementación de un biodigestor con la capacidad necesaria para poder procesar los desechos orgánicos respectivamente separados provenientes de los hogares de la ciudad de Machala, luego obtener el material sobrante del cual se realizar el trabajo se estableció el lombricompostado o humus de lombriz roja californiana como componente de la mezcla del sustrato porque sirve de sostén a las plantas, permite el intercambio de aire, facilita la absorción de agua por las raíces y el drenaje, favorece la nutrición y en consecuencia, el crecimiento de la planta (Lylian Rodriguez, 1995).

3. Resultados

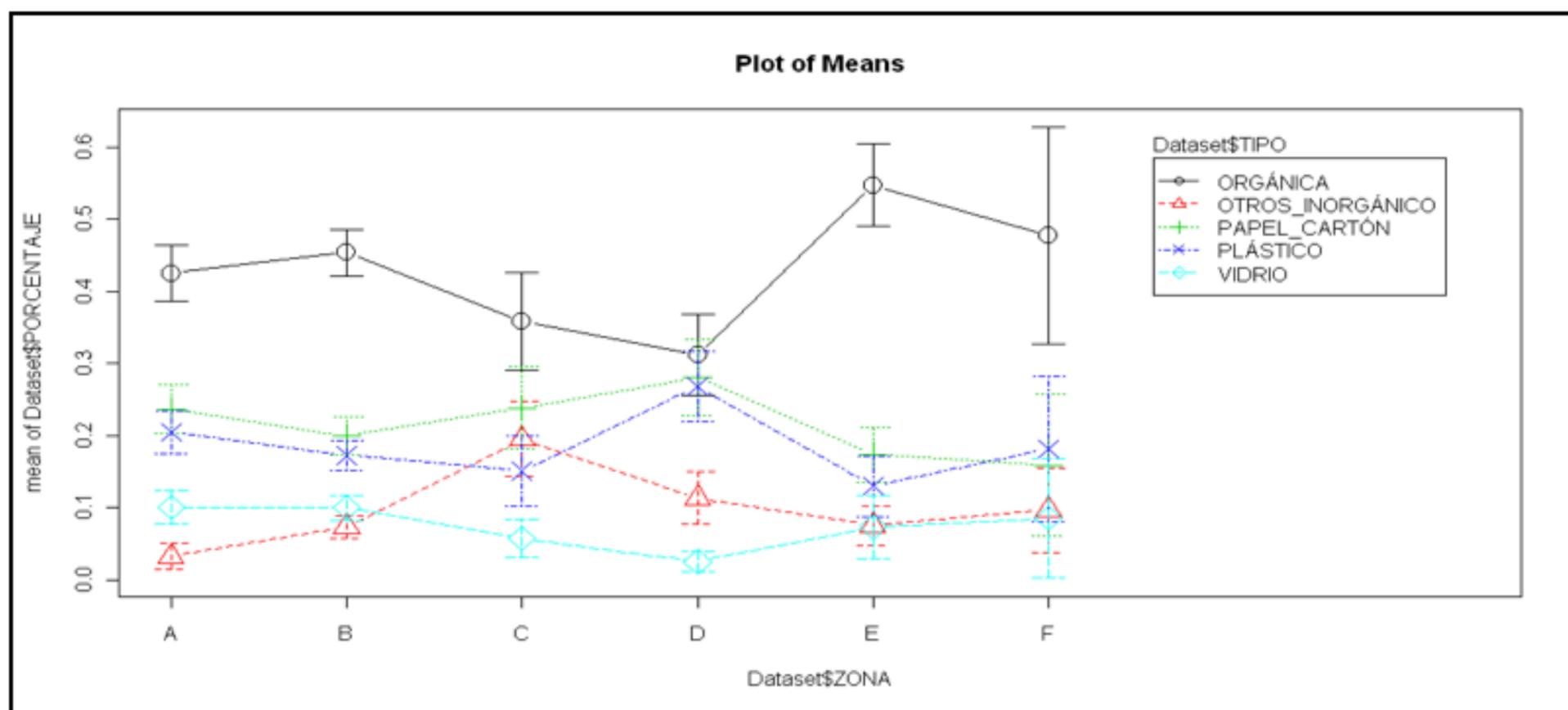
En este estudio los resultados se encuentran resumidos en la imagen 1,2 y 3. Estos resultados están basados en la composición de los residuos municipales de la ciudad de Machala, la producción de emisiones de CH₄ y de CO₂, por excreción de purinas del inventario ganadero en la provincial del El Oro y las actividades de Co-digestión de los residuos urbanos, agropecuarios, la generación de energía eléctrica, producción de abono líquido y la producción de abono orgánico o sólido.

Como se observa los resultados de la Tabla N°. III, la caracterización de la basura de la ciudad de Machala, muestra que el 44,05% es orgánica y 20,98% papel o cartón del 100%, de un muestreo total de 940 bolsas plásticas de la ciudad, nos da entender que la implementación de este estudio sería muy beneficioso ya que contaríamos con la materia prima que en este caso sería los residuos urbanos (orgánicos).

Tabla 3
Caracterización de la basura de la ciudad de Machala

DESCRIPCION	PESO TOTAL	ORGÁNICA	PAPEL/CARTÓN	VIDRIO	PLASTICO	INORGANICO
Kilogramos	5089,95	2242,27	1067,73	413,36	927,47	436,88
Porcentaje	100,00%	44,05%	20,98%	8,12%	18,22%	8,58%
Promedio (Kilos/bolsa)	5,41	2,39	1,14	0,44	0,99	0,46
Muestra (viviendas)	940,00	Bolsas de plástico				

Grafico 1
Composición media de los residuos urbanos y por zonas dentro de la ciudad de Machala



Por otro lado, los resultados de la tabla IV, demuestran las emisiones de CH₄ y de CO₂, que se pueden estar mitigando con la implementación de este estudio y a su vez tener beneficios económicos por la venta de CERs (Certificados de Emisiones de Reducción) los cuales están indexado en los proyectos de Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), el cual tiene como iniciativa la creación de proyectos de reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero, proyectos tales como: Energía Renovable, Biomasa, etc.

Grafico 2
Emisiones estimadas de CO₂ y CH₄ de la provincia de El Oro.

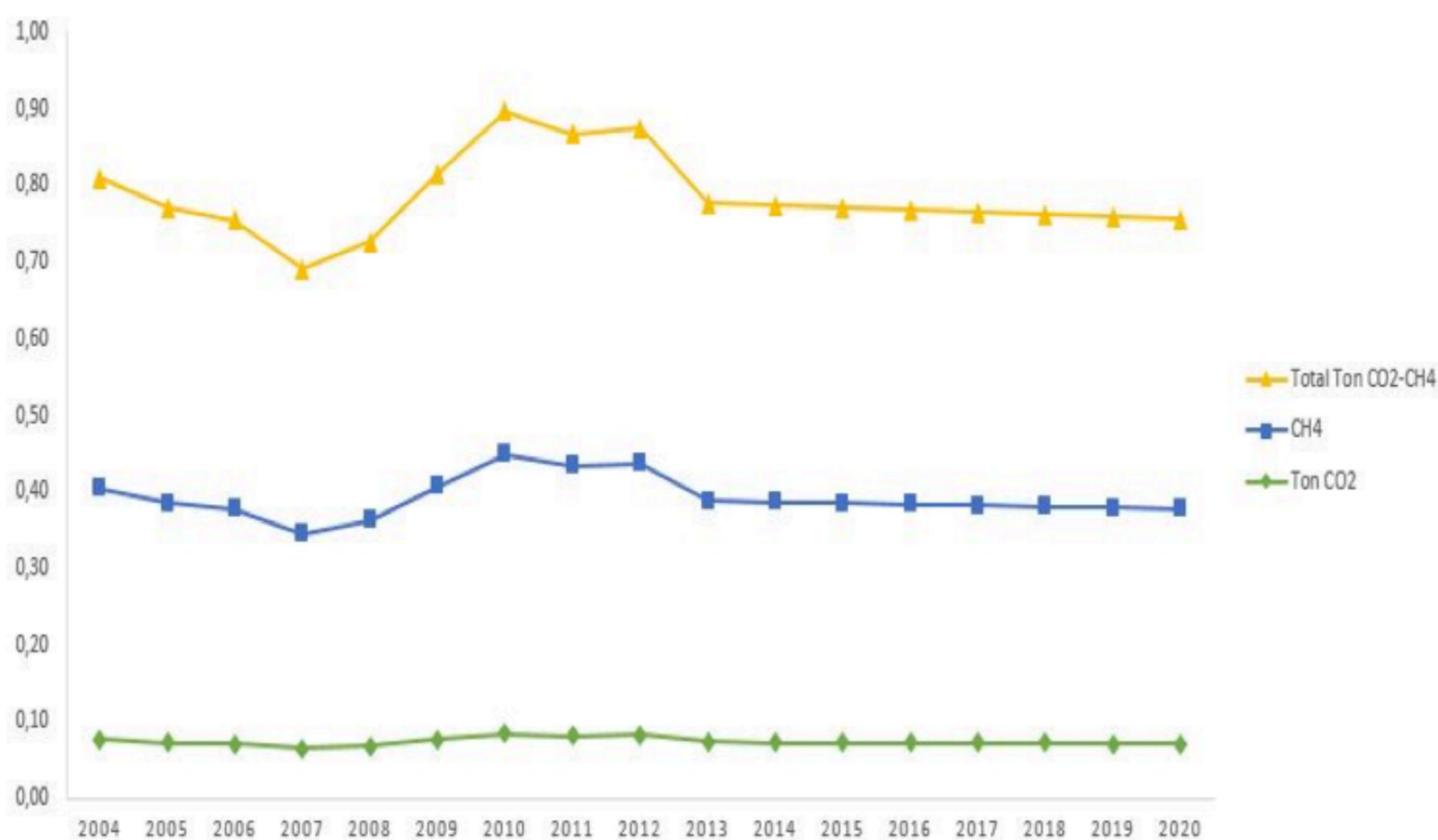


Tabla 4

Producción de CO2 y de CH4 en toneladas métricas, proveniente del Inventario Pecuario de la Provincia de El Oro.

Años	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
CO2	0,33	0,31	0,31	0,28	0,30	0,33	0,36	0,35	0,36	0,32	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31
CH4	0,08	0,07	0,07	0,06	0,07	0,08	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
TOTAL	0,40	0,39	0,38	0,35	0,36	0,41	0,45	0,43	0,44	0,39	0,39	0,39	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38

Nota: las estimaciones de CO2 y CH4, son desde el 2004 hasta el 2011, de ahí en adelante se utilizaron proyecciones hasta el 2020.

Y por último tenemos los resultados de la Tabla V, en la cual se demuestra los productos y subproductos que se pueden generar por la implementación de este estudio como es: la generación de energía eléctrica, producción de abono líquido y la producción de abono orgánico o sólido, aportando así al cambio de la matriz productiva y a su vez el cambio de la matriz energética.

Tabla 5

Cálculos de Producción de Abono, Biol y Biogás.

DESCRIPCIÓN	ACTIVIDAD	CUANTIFICACIÓN
Producción de biogás	Co-digestion de los residuos urbanos y agropecuarios.	172 m3 de biogás por tonelada seca residuo de material orgánico.
Biodigestores	Numero de biodigestores óptimos para la producción de biogás.	Se necesita 56 biodigestores de 9m2 de diámetro para la producción de 0,53 m3 de biogás.
Tratamiento de residuos urbanos y agropecuarios	Requerimientos de toneladas de ROU, estiércol y agua para la producción de biogás	Cada 141 días se necesitará: <ul style="list-style-type: none"> • 10,01 toneladas de residuos orgánicos. • 0,99 toneladas de estiércol. • 11.988 litros de agua.
Bioenergía y subproductos	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad de Kw/h • Fertilizantes Líquidos 	El cual nos da como resultado: <ul style="list-style-type: none"> • una producción diaria de 12,31 m3 de biol

- Fertilizantes Sólidos

- 1,11 toneladas de abono orgánico
- 315 Kw/h de energía eléctrica

Elaborado por: (Los Autores)
Fuente: (Macias-Corral et al., 2008) y (Cristhian Vega-Quezada et al., 2015)

4. Conclusiones

Verificamos los resultados obtenidos que la implementación de un biodigestor posee un rendimiento muy productivo y sustentable, ya que se está aprovechando los desechos orgánicos y agropecuarios para la producción de energía eléctrica, renovable y de bajo costo, a través de la obtención del CH₄, aportando así al cambio de la matriz energética por medio del uso de energía renovable, y a reducir, la contaminación del suelo, aire y agua, mejorando la calidad de vida de las personas.

A su vez se creará nuevas fuentes de empleo para las personas que no tienen estudios básicos, y agricultores desempleados. Y se estimulara a la creación de una cultura ecológica en los hogares y empresas mediante el aprovechamiento de los desechos orgánicos que son arrojados como basura. Concluyendo así que es este estudio es una iniciativa integral en el cual puede beneficiar al sector productivo y a la población en general, dando como resultado un crecimiento socioeconómico y mejoras necesarias para el medio ambiente.

4.1. Discusión

Una vez más se demuestra la eficiencia de reutilizar los desechos urbanos y agropecuarios para la producción de recursos agropecuarios y energéticos, y lo realizamos en nuestro trabajo, en el cual se ha insertado datos importantes basados en la metodología del EPA para la estimación de las emisiones de gases de efectos invernaderos como son: el CO₂ y CH₄, a su vez la realización de un muestreo de los residuos urbanos para poder determinar la caracterización de estos residuos que se utilizaron en este estudio.

Existen limitaciones al realizar estudio y es la obtención de información histórica del inventario ganadero y porcino de la provincia de El Oro del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP), para la estimación de las emisiones de CO₂ y CH₄. Con miras a las mejoras en un futuro se las puede realizar mediante la investigación del mercado de MDL para ver cuáles son los beneficios económicos que tiene la implementación este tipo de proyectos en base al mecanismo de desarrollo limpio.

Una futura línea de investigación es determinar el costo/beneficio que se puede obtener al implementar este tipo de investigación.

Referencias bibliográficas

- ACCIÓN ECOLÓGICA. (2011). Gestión integral de residuos sólidos. Ecuador-2010. Retrieved June 4, 2016, from <http://www.accionecologica.org/desechos/casos/1451-gestion-integral-de-residuos-solidos-ecuador-2010>
- AMBIENTE, M. d. (s.f.). Programa 'PNGIDS' Ecuador. Recuperado el junio de 2017
- LYLIAN RODRIGUEZ, P. S. (1995). Lombriz roja californiana y azolla-anabaena como sustituto de la proteína convencional en dietas para pollos de engorde. *Fao*, 10.
- ASAMBLEA NACIONAL CONSTITUYENTE. (2008). Constitución 2008. Libro Incluye Las Reformas Aprobadas En El Referéndum Y Consulta Popular de 7 de Mayo Del 2011, (Constitución de la República del Ecuador), 1–216. <http://doi.org/10.1515/9783110298703.37>
- CHICA, A., & LOPEZ, G. (2011). Modelado del Crecimiento de Bacterias al Interior de un Biodigestor. *Cap & Cua*, 5, 1–5.
- CORDERO, G. D. (2012). El Cambio Climático. *Ciencia Y Sociedad*, XXXVII(2), 227–240. Retrieved from <http://www.redalyc.org/resumen.oa?id=87024179004>
- CUÉLLAR, A. D., & WEBBER, M. E. (2008). Cow power: the energy and emissions benefits of converting manure to biogas. *Environmental Research Letters*, 3(3), 034002. <http://doi.org/10.1088/1748-9326/3/3/034002>
- DÍAZ, L. ., MEDINA, L. ., LATIFE, J., DIGONZELLI, P. ., & SOSA, S. . (2004). Aclimatacion de plantas micropropagadas de caña de azucar utilizando el humus de lombriz. *Ria*, 33(2), 115–128.
- EPA. (2013). Inventory of U.S. greenhouse gas emissions and sinks: 1990-2014. Source. Retrieved from <https://www3.epa.gov/climatechange/Downloads/ghgemissions/US-GHG-Inventory-2013-Annexes.pdf>
- FAO. (2012). Pérdidas y desperdicio de alimentos en el mundo – Alcance, causas y prevención. Roma.
- GRUPO AQUALIMPIA. (n.d.). Generadores a biogás para potencias desde 10 kw HASTA 500 kW. Retrieved July 12, 2016, from http://www.aqualimpia.com/Generadores_biogas.htm
- GUZMÁN CHÁVEZ, M., & MACÍAS MANZANARES, C. H. (2012). El manejo de los residuos sólidos municipales: un enfoque antropológico . El caso de San Luis Potosí , México. *Estudios Sociales*, 20, 235–262.
- MACIAS-CORRAL, M., SAMANI, Z., HANSON, A., SMITH, G., FUNK, P., YU, H., & LONGWORTH, J. (2008). Anaerobic digestion of municipal solid waste and agricultural waste and the effect of co-digestion with dairy cow manure. *Bioresource Technology*, 99(17), 8288–8293. <http://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.03.057>
- MINISTERIO DEL AMBIENTE. (2012). Programa "PNGIDS" Ecuador. Retrieved July 14, 2016, from <http://www.ambiente.gob.ec/programa-pngids-ecuador/>
- MINISTERIO DEL AMBIENTE. (2013). El 28 de Enero se celebró el Día Mundial por la Reducción de las Emisiones de CO₂ (Dióxido de Carbono). Retrieved from <http://www.ambiente.gob.ec/el-28-de-enero-se-celebro-el-dia-mundial-por-la->

reduccion-de-las-emisiones-de-co2-dioxido-de-carbono/

MUÑOZ, M., & GONZÁLEZ, P. (2015). Propuesta de un plan de mejoramiento para el tratamiento de residuos orgánicos generados por la unidad de patología y parasitología pecuaria del servicio agrícola y ganadero (s.a.g). Retrieved from http://bibliotecadigital.academia.cl/bitstream/handle/123456789/2687/TIEGA_140.pdf?sequence=1

RIVERO, J. a C., SANDOVAL, a P., & CABRERA, a M. (2007). Integral De Aguas Residuales Biodigesters: an Alternative of Integral Used of Waster Water. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 191–195.

SÁNCHEZ, Á. (2013). Análisis de las emisiones asociadas al sector energético en España. *Estudios de Economía Aplicada*, 31(1), 151 – 170. Retrieved from <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4223611>

SENPLADES. Plan Nacional Buen Vivir (2013). Retrieved from www.planificacion.gob.ec/nsemlades@semlades.gob.ec/nwww.buenvivir.gob.ec/nwww.buenvivir.gob.ec

SOLANO, O. R., VARGAS, M. F., & WATSON, R. G. (2011). Biodigestores: factores químicos, físicos y biológicos relacionados con su productividad. *Tecnología En Marcha*, 23(1), 39. Retrieved from http://tecdigital.tec.ac.cr/servicios/ojs/index.php/tec_marcha/article/view/132

Solorio, L. J. (2011). El consumo y la generación de residuos sólidos: una problemática ambiental, 81–85.

VARELA, O. E., GARCÉS, R. P., & GONZÁLEZ, N. Z. (2014). Municipal caso: municipio de Ayapango. *Global Conference on Business and Finance Proceedings*, 9(1), 9589. Retrieved from <http://search.proquest.com/openview/273c6c001eb974d41c2762a6dc7b91f1/1?pq-origsite=gscholar>

VARGAS, M. F., & RIVAS, O. (2012). Obtención de un mejorador de suelos como subproducto de la digestión anaerobia de desechos orgánicos en el TEC. *Tecnología En Marcha*, 25(3), 19–27.

VEGA, C., BLANCO, M., & ROMERO, H. (2015). Synergies between agriculture and bioenergy in Latin American countries: A circular-economy strategy for bioenergy production in Ecuador. Posted to Review in *Journal of New Biotechnology*, 1–9. <http://doi.org/10.1016/j.nbt.2016.06.730>

VEGA, C., BLANCO, M., & ROMERO, H. (2015). Synergies between agriculture and bioenergy in Latin American countries: A circular-economy strategy for bioenergy production in Ecuador. Posted to Review in *Journal of New Biotechnology*.

1. Unidad Académica de Ciencias Empresariales, Universidad Técnica de Machala, Ecuador. E-mail: mayudith.oa@gmail.com

2. Unidad Académica de Ciencias Empresariales, Universidad Técnica de Machala, Ecuador

3. Facultade de Economía e Empresa, Universidade Da Coruña, A Coruña, ESPAÑA. Unidad Académica de Ciencias Empresariales, Universidad Técnica de Machala, Ecuador

4. Departamento de Economía Agrícola, Universidad Politécnica de Madrid, ETSI Agrónomos, Av. Complutense 3, 28040 Madrid, España . Unidad Académica de Ciencias Empresariales, Universidad Técnica de Machala, Ecuador

Revista ESPACIOS. ISSN 0798 1015
Vol. 39 (Nº 14) Año 2018

[Índice]

[En caso de encontrar un error en esta página notificar a [webmaster](#)]

©2018. revistaESPACIOS.com • ®Derechos Reservados