

Biodigestión anaerobia como alternativa energética para reducir el consumo de leña en las zonas rurales

Anaerobic biodigestion as an energy alternative to reduce the consumption of firewood in rural areas

Carla Patricia ARIZA [1](#); Luis Angel RUEDA Toncel [2](#); Jainer SARDOTH Blanchar [3](#)

Recibido: 11/04/2018 • Aprobado: 18/05/2018

Contenido

- [1. Introducción](#)
- [2. Metodología](#)
- [3. Resultados](#)
- [4. Conclusiones](#)

[Referencias bibliográficas](#)

RESUMEN:

La presente investigación tiene como objetivo evaluar la producción de biogás como fuente de energía alternativa para reemplazar el consumo de leña en las zonas rurales del municipio de Fonseca, a través de la biodigestión anaerobia de una mezcla de estiércol de ganado bovino y residuos orgánicos. La mayor cantidad de biogás producido corresponde a la mezcla de residuos orgánicos frescos y estiércol bovino en relación 1:1, los cuales generan en promedio 247.4 litros de biogás.

Palabras-Clave: Biogás, Energía Alternativa, Biodigestión anaerobia

ABSTRACT:

The objective of this research is to evaluate the production of biogas as an alternative energy source to replace the consumption of firewood in rural areas of the municipality of Fonseca, through the anaerobic biodigestion of a mixture of cattle manure and organic waste. The largest amount of biogas produced corresponds to the mixture of fresh organic waste and bovine manure in a 1: 1 ratio, which generate an average of 247.4 liters of biogas.

Keywords: Biogas, Alternative Energy, Anaerobic Biodigestion.

1. Introducción

En el mundo existen más de tres billones de personas que cocinan con combustibles sólidos en fogones tradicionales y que están expuestas a humos contaminantes. Estos humos pueden producir infecciones respiratorias agudas (IRA), enfermedades pulmonares obstructivas crónicas (EPOC), enfermedades broncopulmonares, cáncer de pulmón, enfermedades en la piel y dilatación cardíaca; generando pérdidas humanas en tan solo días de enfermedad, elevando los presupuestos gubernamentales en salud y ocasionando la muerte de 1.6 millones de personas al año, principalmente niños y mujeres (OMS, 2007).

El consumo de leña es la principal fuente de energía para las actividades domésticas en las

zonas rurales. Generalmente, el uso de esta no se hace de forma sostenible, contribuyendo a la deforestación de grandes áreas, ocasionando problemas de erosión, lo que trae como consecuencias inmediatas la alteración de los ecosistemas y pérdida de hábitats (Fernández, 2010). En Colombia la leña constituye un elemento básico para la cocción de alimentos en las zonas rurales, el promedio de kilogramos de leña para cocción diaria de alimentos varía así: 19,35 kg/día para estufas abiertas, 25.87kg/día para estufas de plancha sin chimenea y 29.48 kg/día para estufas con plancha y chimenea. El promedio ponderado fue de 21.47 kg/día de consumo, en una población aproximada 992.658 hogares que utilizan leña como combustible de forma exclusiva.

De acuerdo con datos de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), alrededor del 35% de la población en América Central carece de acceso a la electricidad y sigue utilizando leña y otros combustibles tradicionales para fines de calefacción y cocción de alimentos. La mayoría de las viviendas que no tienen acceso a electricidad se encuentran ubicadas en las áreas rurales en donde la inversión en infraestructura eléctrica sería alta, dada la cantidad de habitantes y la dispersión de las viviendas (Barragán, 2011).

A pesar de la importancia del bosque como proveedor de leña, se ha trabajado muy poco en alternativas para su manejo y uso eficiente, particularmente desde el punto de vista ambiental. Los esfuerzos gubernamentales han sido escasos y aislados, y actualmente no existe algún programa que oficialmente esté atendiendo la regulación de la continua explotación del recurso forestal para leña (Escobar-Ocampo, M. C., Niños-Cruz, J. Á., Ramírez-Marcial, N., y Yépez-Pacheco, 2010).

La actividad agropecuaria y el manejo adecuado de residuos rurales pueden contribuir significativamente a la producción y conversión de residuos animales y vegetales (biomasa) en distintas formas de energía. Durante la digestión anaeróbica de la biomasa, mediante una serie de reacciones bioquímicas, se genera el biogás, el cual, está constituido principalmente por metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂). Este biogás puede ser capturado y usado como combustible y/o electricidad. De esta forma, la digestión anaerobia, como método de tratamiento de residuos, permite disminuir la cantidad de materia orgánica contaminante, estabilizándola (bioabonos) y al mismo tiempo, producir energía gaseosa (biogás) (Varnero, 2011).

El proceso de biodigestión anaerobia destaca por su importancia para la producción de biogás, rico en metano el cual puede utilizarse directamente en quemadores para hornos, estufas, alimentación de motores de combustión interna o indirectamente para la producción de electricidad (Hiler, E. A., & Stout, 1985).

Las experiencias en producción de biogás se desarrollan básicamente utilizando las estiércol de bovinos y porcinos, pero muy pocas experiencias reportan con la utilización de residuos orgánicos. Utilizar residuos orgánicos producidos por las misma comunidad, contribuye a la reducción de los niveles de contaminación por manejo inadecuado de residuos. Si consideramos además, que el estiércol bovino, libera gases contaminantes como metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O) que contribuyen en gran manera al proceso de cambio climático, pensar en la producción de biogás a partir de estos materiales, se convierte en una fuente sostenible de generación de energía para cubrir las necesidades de las zonas rurales y disminuir la tala y la deforestación y todas las problemáticas que ésta acarrea.

En el proceso de biodigestión anaerobia la materia orgánica es descompuesta por un consorcio de grupos de microorganismos bajo condiciones libres de oxígeno; la composición del biogás resultante, incluye principalmente metano (50-75%) y dióxido de carbono (25-50%). En comparación con otros procesos biológicos y termoquímicos para generación de energía, la biodigestión anaerobia es el método más eficiente de generación de bioenergía a partir de biomasa (Li, 2014). Además, tiene beneficios ambientales y operacionales como la producción de energía renovable, la posibilidad de reciclar nutrientes, reducción de volúmenes de residuos, sistemas de fácil construcción y poca demanda de supervisión (Murto, 2004).

La superficie del territorio rural del municipio de Fonseca, La Guajira abarca un total de 391.19 Km² que corresponde a 1380 viviendas rurales de una población proporcionada en 29305 habitantes (DANE, 2010). Estas zonas rurales del municipio de Fonseca, no se

cuentan con sistema de suministro de gas natural y en su mayoría no hay acceso al gas propano. Lo que obliga a la población a utilizar leña como medio de cocción de alimentos y otras actividades. En este sentido es importante encontrar alternativas que permita obtener nuevas formas de energía, como lo es el biogás a partir de estiércol bovino y los residuos orgánicos, consideradas en este caso productos innovadores para llegar a tal fin, de esta manera el biogás resultante de dicha mezcla proporcionaría una opción acertada para contrarrestar el uso de la leña.

El objetivo principal de este trabajo es la evaluación del potencial de producción de biogás a través de la biodigestión anaerobia de residuos orgánicos y estiércol bovino como alternativa energética para reducir el consumo de leña en la vereda "El Puy", perteneciente a la zona rural del municipio de Fonseca, lo que implicó desde el montaje de los biodigestores, la implementación de variables en el tratamiento de la materia prima, hasta el logro de resultados óptimos que respaldaron las hipótesis planteadas.

2. Metodología

Esta investigación se basó en el diseño cuasi-experimental, ya que este permite manipular deliberadamente, al menos, una variable independiente para observar su efecto y relación con una o más variables dependientes (Sampieri, R. H., Collado, C. F., Lucio, P. B., y Pérez, 1998).

Para la obtención del biogás se utilizaron 4 biodigestores de polietileno con tapa de rosca de 20 litros de capacidad, acondicionados con tubería y accesorios en PVC de 1/2", de tal forma que se pudiera realizar fácilmente la evacuación del biogás al medidor y posteriormente al reservorio. El reservorio fue elaborado con polietileno.

Los residuos orgánicos y el estiércol bovino utilizados para las cargas del biodigestor, son provenientes de las actividades domésticas y agropecuarias, de los habitantes de la zona de estudio. La materia vegetal se procesó y trituró en picapasto. Las variables a tener en cuenta fueron: producción de biogás, temperatura y tiempo de retención.

Se realizaron 30 experimentos con 6 tratamientos diferentes en los que se varió la proporción de mezcla de los materiales (ver tabla 1). Luego con un medidor de gas se procedió a medir la cantidad de gas generado. A la tubería del reservorio se le adicionaron virutas de aluminio, con el fin de disminuir la cantidad de H₂S generado y así evitar daños en la estufa de dos hornillas. Se estimó un tiempo de retención de 20 días.

La técnica de recolección de datos utilizada fue la observación asistida y se emplearon instrumentos de registro como la guía de observación, instrumentos de medición como el medidor de biogás, un termómetro digital infrarrojo industrial para medir la temperatura interna de cada biodigestor, una estufa a gas de dos hornillas marca HACEB, para la combustión del gas.

Finalmente se procedió a comparar la cantidad de biogás producido en cada uno de los tratamientos, y se analizó la cantidad de leña utilizada por vivienda en la zona rural del municipio de Fonseca, para poder establecer cuánta de ésta se sustituiría con un metro cúbico de biogás.

Se trabajó con la vereda El Puy, perteneciente a la zona rural del municipio de Fonseca, con un total de 20 predios, con un promedio de 122 personas.

Tabla 1.
Tratamientos y número de experimentos.

TRATAMIENTOS	Residuos	Estiércol Bovino	Relación estiércol-agua	Numero de experimentos
T1 Mezcla de residuos orgánicos frescos y estiércol bovino en una relación 1:1	15 kg de residuos orgánicos frescos	15 kg de Estiércol	15 litros de agua	5

T2 Mezcla de residuos orgánicos frescos y estiércol bovino en una relación 1:3	15 kg de residuos orgánicos frescos	15 kg de Estiércol	45 litros de agua	5
T3 Mezcla de residuos orgánicos secos y estiércol bovino relación 1:1	7 kg de residuos orgánicos frescos	7 kg de Estiércol	7 litros de agua	5
T4 Mezcla de residuos orgánicos secos y estiércol bovino relación 1:3	7 kg de residuos orgánicos frescos	7 kg de Estiércol	21 litros de agua	5
T5 Residuos orgánicos frescos 1:2	6 kg de residuos orgánicos frescos		12 litros de agua	5
T6 Estiércol bovino 1:2		15 kg de Estiércol	30 litros de agua	5

Fuente: Elaboración propia, 2018.

3. Resultados

La prueba de normalidad de kolmogorov – smirnov determinó que los valores de los tratamientos T1 (Mezcla de residuos orgánicos frescos y estiércol bovino en una relación 1:1; K-S= 0,261; sig = 0,20), T2 (Mezcla de residuos orgánicos frescos y estiércol bovino en una relación 1:3; K-S = 0,235; sig = 0,20), T3 (Mezcla de residuos orgánicos secos y estiércol bovino relación 1:1 ; K-S = 0,242; sig = 0,20), T5 (Residuos orgánicos frescos 1:2; K – S = 0,136 ; Sig = 0,20) , T6 (Estiércol bovino 1:2; K – S = 0,119 ; Sig = 0,20) , T7 (Estiércol en una relación 1:2; K – S = 0,241 ; Sig = 0,200) siguen una distribución normal, mientras que T4 (Mezcla de residuos orgánicos secos y estiércol bovino relación 1:3; K – S = 0,349 ; Sig = 0,046), no está distribuida normalmente.

Los valores críticos del estadístico de Levene (F= 3,54; Sig = 0,01) reportan que las varianzas de los tratamientos son distintas debido a que la significancia bilateral o p- valor (Sig) es menor al valor de la significancia especificada para la prueba (Sig = 0.05).

El análisis de varianza efectuado determinó que existe diferencia significativa entre los tratamientos debido a que el valor de la significancia asintótica bilateral Sig < 0,05 (sig = 0,00; F= 7,862). La comparación de las diferencias de medias de los tratamientos mediante HSD tukey verifica este resultado, encontrando diferencias significativas entre los tratamientos (T1:T4; T1:T5; T1:T6; T2: T4; T2:T5; T2:T6)

El tratamiento T1 (mezcla de residuos orgánicos frescos y estiércol bovino en una relación 1:1) reportó un promedio de producción de biogás 247.4 litros. Para el tratamiento T2 (mezcla de residuos orgánicos frescos y estiércol bovino en una relación 1:3) el promedio fue de 234.4 litros.

La diferencia en estos dos tratamientos radica en la relación de materia prima – agua, la cual fue mayor en el tratamiento T2 que en el tratamiento T1. Esto permite deducir que cuando se produce biogás con menores aportes de agua en el proceso de dilución del estiércol, se obtienen mejores resultados. Estos resultados concuerdan con Varnero (2011), quien sugiere que para la producción de biogás con estiércol bovino, la relación estiércol-agua debe ser 1:1.

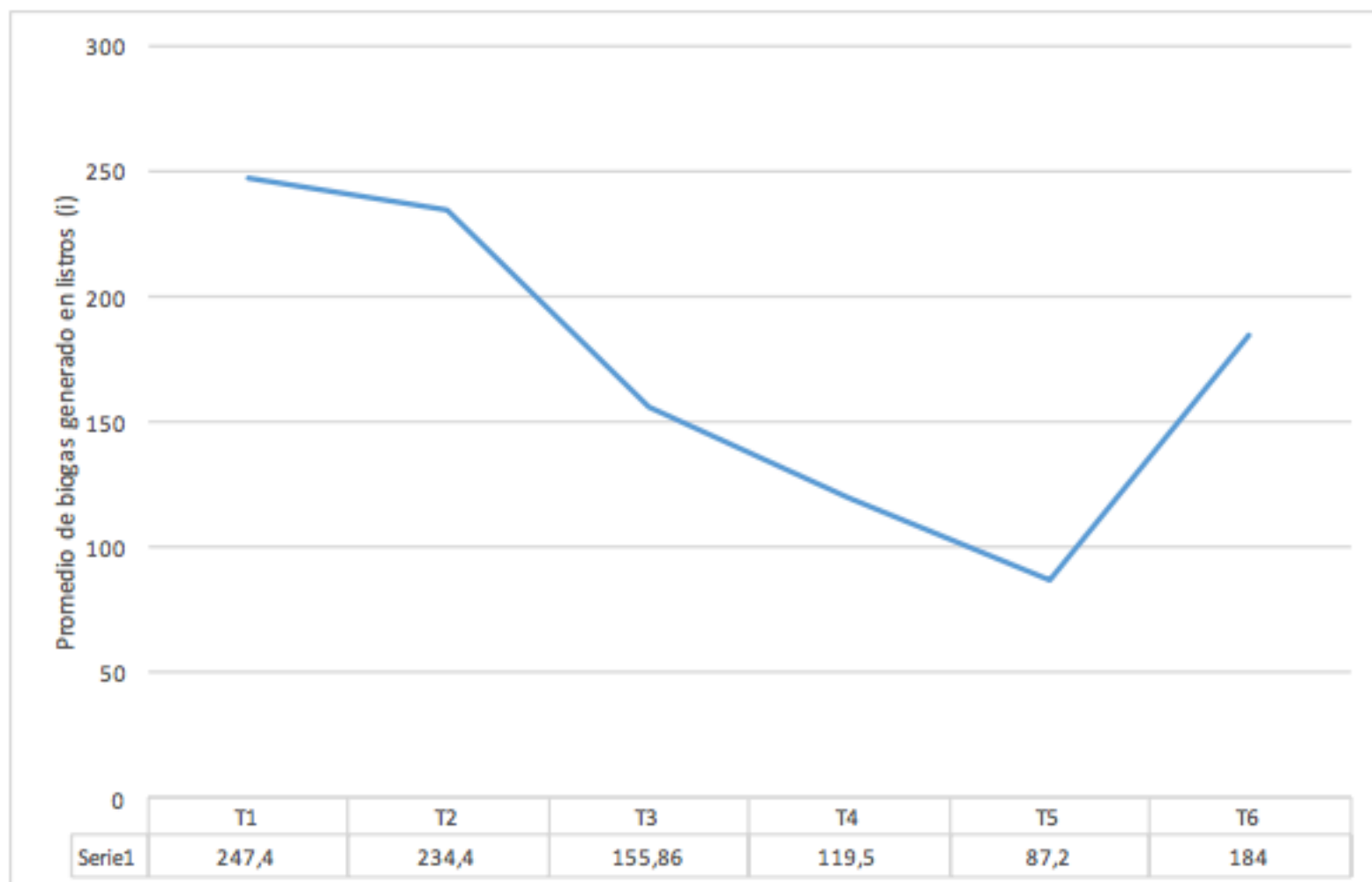
El tratamiento T3 (mezcla de residuos orgánicos secos y estiércol bovino relación 1:1) produjo 155.86 litros promedio de biogás.

T4 (mezcla de residuos orgánicos secos y estiércol bovino relación 1:3) el cual reportó un promedio de 119.5 litros. Nuevamente se corrobora lo expresado por Varnero (2011), luego que se puede apreciar que la diferencia entre estos tratamientos estriba en la relación de agua que se usó, obteniéndose mejores rendimientos en una relación 1:1 que en una relación 1:3.

T5 (residuos orgánicos frescos con una relación 1:2), presentó una producción promedio de biogás de 87.2 litros, siendo la menor generación obtenida, lo que demuestra que los residuos orgánicos por si solos no tienen una gran generación de biogás, planeando la posibilidad de que siempre debe ser mezclado con otro tipo de elementos.

T6 (estiércol bovino con una relación 1:2), este tratamiento reportó 184 litros de biogás, reafirmando que la fuente primordial de generación es el estiércol, aunque el uso de estiércol bovino se da en menor proporción.

Figura 1
Promedio de producción de biogás por tratamiento.



Fuente: Elaboración propia, 2018

Fernández (2010), reporta el poder calorífico teórico del biogás en 9500 Kcal /m³, por otra parte la Organización Latinoamericana de Energía OLADE, (2016), reporta el poder calorífico promedio de la leña en 4718 Kcal/kg. Basado en lo anterior pudimos calcular que un kilogramo de leña en teoría, equivale a 495 litros de biogás de acuerdo con su poder calorífico. En otras palabras, el trabajo de cocción que se realiza con un kilogramo de leña es equivalente al que se puede lograr con 496,6 litros de biogás.

Mediante un sondeo exploratorio se determinó que la cantidad de leña requerida en la cocción de alimentos es en promedio 40 kilogramos por día. Adicionalmente se calculó el tiempo promedio de cocción diario, el cual fue de 4.5 horas

Se calculó el consumo de biogás producido con estiércol bovino y residuos orgánicos en una jornada diaria de cocción de alimentos (4.5 horas), obteniéndose un promedio de 477 litros de biogás en este tiempo. Con estos resultados se determinó que un litro de biogás producido es capaz de reemplazar o sustituir 0,083 kilogramos de leña. Dicho de otra manera, 1m³ de biogás puede sustituir 83 kg de leña.

4. Conclusiones

La producción de biogás generado por litro relacionada con la materia prima que lo produce, nos lleva a concluir que la mayor cantidad de biogás producido corresponde al tratamiento T1, en el cual se utilizó residuos orgánicos frescos y estiércol bovino y una relación estiércol-agua de 1:1, lo que nos indica que a menor dilución del estiércol y mayor cantidad de materia orgánica en los residuos (es decir más frescos), se obtienen mejores resultados.

Con respecto a la equivalencia litros de biogás-kilogramos de leña es considerablemente favorable promover a la comunidad rural la implementación del uso alternativo del biogás, si se tiene en cuenta la relación calorífica promedio de la leña y el biogás, considerando que un litro de biogás equivale a 9,5 Kcal y un kilogramo de leña equivale a 4718 Kcal, es decir el poder calorífico de la leña equivale a 496 litros de biogás donde es demostrable la eficiencia del proceso de biodigestión anaerobia para la producción de biogás de calidad y la validez sustitutiva de la leña por biogás resultante como fuentes alternativa de energía limpia y sostenible.

En el aspecto sustitutivo de la leña como materia prima en la cocción de alimentos en zona rural, con nuestro estudio se afirma que es sumamente importante implementar el biogás por ser este capaz de dicha sustitución lo que se afirma con la siguiente relación ya que un metro cúbico de biogás sustituye unos 83 kilogramos de leña.

Referencias bibliográficas

- Barragán, F. M. (2011). Implicaciones ambientales del uso de leña como combustible doméstico en la zona rural de Usme. Universidad Nacional de Colombia.
- CEDECAP. (2007). Biodigestor de polietileno: construcción & diseño.
- Cerdá, E. (2012). Energía obtenida a partir de biomasa. Cuadernos Económicos Del ICE, 117-124.
- DANE, (2010). Boletín censo general perfil Fonseca La Guajira.
- Escobar-Ocampo, M. C., Niños-Cruz, J. Á., Ramírez-Marcial, N., & Yépez-Pacheco, C. (2010). Diagnóstico participativo del uso, demanda y abastecimiento de leña en una comunidad Zoque del centro de Chiapas, México. *Ra Ximhai Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo Sustentable*, 6, 199-219.
- Fernández, J. (2010). Energías renovables para todos. Biomasa. Retrieved from http://www.accionsolar.org/images_home/coleccionrenovables/cuaderno_biomasa.pdf
- Hartz, K & Klink, R. (1981). Temperature effects: Methane Generation from Anaerobial Digestion. *Journal of the Enviromental Engineering Division, Proceedings of American Society of Civil Engineeris*.
- Herrero, J. M. (2008). *Biodigestores familiares: Guía de diseño y manual de instalación*. (Jaime Marti Herrero, Ed.).
- Hiler, E. A., & Stout, B. A. (1985). Biomass energy: a monograph.
- House, D. (1978). *The complet biogas handbook*.
- Li, X., Dai, S., Zhang, W., Li, T., Zheng, X., & Chen, W. (2014). Determination of As and Se in coal and coal combustion products using closed vessel microwave digestion and collision/reaction cell technology (CCT) of inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS). *International Journal of Coal Geology*, 124, 1-4.
- López, G. (2003). Biodigestión anaerobia de residuos solidos urbanos. Alternativa energética y fuente de trabajo. *Tecnura*, 13(2), 31-43.
<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.11.074>
- Magaña, J. L., Torres, E., Martínez, M. T., Sandoval Juárez, C., & Hernández Cantero, R. (2006). Producción de biogás a nivel laboratorio utilizando estiércol de cabras. *Acta Universitaria*, 16(2).
- Murto, M., Björnsson, L., & Mattiasson, B. (2004). Impact of food industrial waste on anaerobic co-digestion of sewage sludge and pig manure. *Journal of environmental management*, 70(2), 101-107.

OLADE, O. L. de E. (2016). La leña. [En línea]. Retrieved from www.olade.org/sites/default/files/PGIE_SESSION_06_Oferta_leñapdf.com

OMS, O. M. de la S. (2007). Energía doméstica y salud: combustibles para una vida mejor.

Sampieri, R. H., Collado, C. F., Lucio, P. B., & Pérez, M. D. L. L. C. (1998). *Metodología de la investigación (Vol. 1)*. México: Mcgraw-hill.

Varnero Moreno, M. T. (2011). *Manual del biogás*. <https://doi.org/10.1073/pnas.0703993104>

1. Magister en gestión y Auditorias Ambientales. Ingeniera del Medio Ambiente. Investigadora Junior grupo de investigación GIPRODES. Docente del programa de Ingeniería Ambiental. Universidad de La Guajira sede Fonseca-La Guajira. cpariza@uniguajira.edu.co

2. Doctor en Ciencias Mencion Gerencia, Magister en gerencia de mercadeo, Ingeniero Industrial. Investigador Junior grupo de investigación GIPRODES. Docente del programa de Ingeniería Ambiental. Universidad de La Guajira sede Fonseca-La Guajira. luisangelrueda@uniguajira.edu.co

3. Magister en Salud Ocupacional y Ambiental, Ingeniero Industrial. Investigador grupo de investigación GIPRODES. Docente del programa de Ingeniería Ambiental. Universidad de La Guajira sede Fonseca-La Guajira. jsardoth@uniguajira.edu.co

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

[Índice]

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

©2018. revistaESPACIOS.com • ®Derechos Reservados