

## **COMPORTAMIENTO DE LA ACTIVIDAD METANO-GÉNICA ESPECIFICA (AME) EN DIFERENTES LODOS ORGÁNICOS PROCEDENTES DE LA AGROINDUSTRIA DEL VALLE DEL CAUCA**

TREND OF THE SPECIFIC ACTIVITY OF METHANE FORMATION (AME) IN  
DIFFERENT ORGANIC SLUDGE FROM AGROINDUSTRIES OF VALLE DEL  
CAUCA

### **Milton Cesar Ararat Orozco**

Ingeniero Agrónomo *Ph.D.*

Universidad Nacional Abierta y a Distancia – ECAPMA

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-2482-1834>

[milton.ararat@unad.edu.co](mailto:milton.ararat@unad.edu.co)

### **Oscar Andrés Puentes Mena**

Agrónomo, Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

[puentesmena@hotmail.com](mailto:puentesmena@hotmail.com)

### **RESUMEN.**

La Actividad Metano-génica Especifica (AME) es usada habitualmente para determinar la producción de gases como el metano (CH<sub>4</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S) entre otros gases de efecto invernadero; El estudio se realizó en el municipio de Tuluá, corregimiento de Aguacalara, que está bajo la jurisdicción del departamento del Valle del Cauca – Colombia, donde fueron realizados a partir de diferentes lodos orgánicos procedentes de industrias manufactureras del valle del Cauca, las vinazas líquidas, vinazas concentradas, lodos de la melaza de la caña y residuos del proceso de la separación de la levadura (pared celular), con el fin de obtener materias primas que no produzcan gases ni contaminantes volátiles. Los datos de temperatura registradas cada 4 horas durante el tiempo que duraron los ensayos, evidenciaron que a medida que aumenta la temperatura dentro del invernadero se genera más producción de metano y por consecuencia más desplazamiento de ml de agua en los recipientes experimentales. Las vinazas concentradas al 50% de sólidos totales logran una estabilización óptima para ser utilizadas en otros procesos productivos, ya que no se fermentan ni producen reacciones que generan gases como el CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>S.

**Palabras Clave:** Metano-génica; vinazas; lodos agroindustriales

## **ABSTRACT.**

The Specific Activity of methane production (AME) is commonly used to determine the production of gases such as methane (CH<sub>4</sub>), carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), hydrogen sulfide (H<sub>2</sub>S) among other greenhouse gases; The study was conducted in the municipality of Tuluá, Aguaclara village, which is under the jurisdiction of the department of Valle del Cauca - Colombia, where they were made from different organic sludge from manufacturing industries of the Cauca Valley, liquid vinasse, vinasse Concentrates, molasses from sugarcane molasses and residues from the process of separating the yeast (cell wall), in order to obtain raw materials that do not produce gases or volatile contaminants. The temperature data recorded every 4 hours during the time the tests lasted, showed that as the temperature increases inside the greenhouse, more methane production is generated and consequently more displacement of ml of water in the experimental vessels. Vinasses concentrated at 50% of total solids achieve optimum stabilization to be used in other production processes, as they do not ferment or produce reactions that generate gases such as CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>S.

**Keywords:** Methane formation; vinasse; agroindustrial sludge

## **INTRODUCCIÓN.**

En el Valle del Cauca, existe la evidencia experimental de estudios detallados que relacionen los comportamientos de residuos agroindustriales con la actividad enzimática y biomasa microbiana para dar mejor respuesta a necesidades de aprovechamiento frente a efectos o problemas ambientales (Ararat, 2018); Por tanto, la Actividad Metanogénica Específica (AME) es usada habitualmente para determinar la producción de gases como el metano (CH<sub>4</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S) entre otros gases de efecto invernadero; con relación al desplazamiento de agua por fuerza de presión dentro de un sistema anaeróbico que es registrado cada cuatro (4) horas hasta que deje de producir gasificación. Esta evaluación se realizó con lodos agroindustriales con altas cantidades de materia orgánica y microorganismos que hacen la función de consumir rápida o parcialmente el componente degradable presente en ellos.

Los lodos orgánicos manipulados para realizar los análisis de seguimiento derivan en este caso de procesos manufactureros de la industria alimenticia y agroindustrial, pero otros investigadores han utilizado desechos urbanos y lodos orgánicos de plantas de tratamientos de aguas residuales aeróbicas o con reactores anaeróbicos, para determinar la máxima y mínima producción de metano ( $\text{CH}_4$ ) según la vida microbiana presente. Torres y Pérez (2010) Afirman que "La AME, además de ser usada para el monitoreo de la calidad del lodo en reactores anaerobios, es una herramienta que evalúa el comportamiento de la biomasa contaminada y determina la carga orgánica máxima que puede aplicarse a un sistema, con el fin de examinar la degradabilidad de los sustratos y la posibilidad de selección de inóculos" (p-5).

Hay que tener en cuenta que los análisis realizados con la Actividad Metano-génica Específica (AME) van ligados con los cambios rápidos de temperatura, ya que en la mayoría de los lodos se presentó fuerte actividad cuando aumenta la temperatura en el lugar de ubicación del sistema que puede ser un invernadero, una cabina de temperatura controlada o un lugar a temperatura ambiente Torres y Pérez (2010) Afirman que "Esta herramienta, ampliamente utilizada en diferentes países y desarrollada hace más de dos décadas, no cuenta con un protocolo estandarizado que facilite la comparación de resultados" (p-5) Pero en este caso ayuda a evidenciar a que temperatura aumenta la producción de gases, cuánto tiempo se demora en estabilizarse totalmente o si se reactiva la producción de gases con el tiempo. Según Montenegro & Ararat (2015), estos procesos son temas de investigación a nivel mundial los cuales se consideran necesarios para avanzar hacia el conocimiento sobre potencialización y potencial biotecnológico de residuos agroindustriales.

### **Que son las vinazas.**

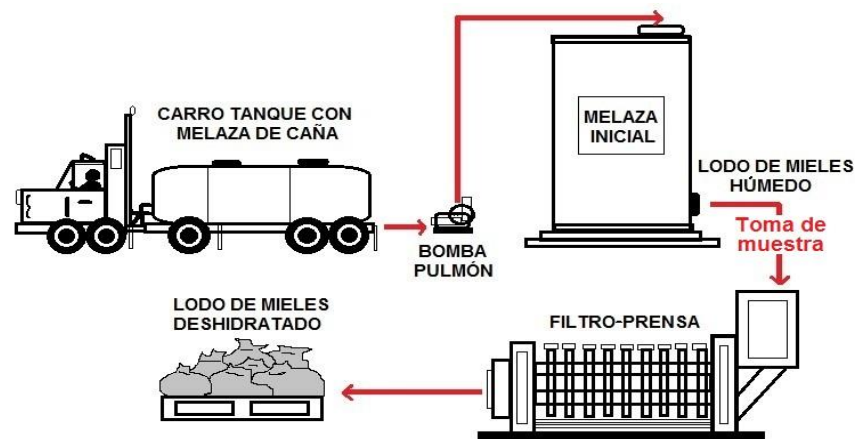
Las vinazas son subproductos que derivan de empresas como los ingenios azucareros después de un proceso de producción donde interviene la melaza de la caña de azúcar para producir etanol o en empresas productoras de Levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*), que generan un lodo como resultado residual de una fermentación de Levadura comercial fresca separada por centrifuga, donde también interviene la melaza de la caña (García y Rojas, 2006), por lo tanto, se puede afirmar que la vinaza es un material líquido resultante de la producción de etanol, ya sea por destilación de la melaza fermentada o de la fermentación directa de los

jugos de la caña. Su origen es, entonces, las plantas de caña de azúcar por lo que su composición elemental debe reflejar la del material de procedencia. Se trata de un material orgánico líquido que puede contener como impurezas sustancias procedentes del proceso de extracción de los jugos y de la fermentación. En ningún caso elementos extraños, tóxicos o metales pesados; tampoco puede contener elementos en exceso (García y Rojas, 2006, p.3).

Las vinazas en algunas empresas cuando están en estado de concentración se les conocen como stock fermentativo o concentrado fermentativo, donde ya logran una estabilidad en el pH y pueden durar más tiempo en almacenamiento (Archila y Solórzano, 2008). Dado que las vinazas en estado líquido y con niveles bajos de concentración comienzan un proceso de fermentación o descomposición desde el instante que salen de las separadoras.

### Que son los lodos de las mieles.

El lodo de las mieles son subproductos resultantes de la primera limpieza de la melaza de la caña de azúcar antes de ser dispuesta para la fase de producción. Para separar los sólidos e impurezas que trae la melaza de la caña, se guarda como stock y se clarifica la melaza almacenando su parte limpia y disponiendo su parte sucia como residuo, ya sea con un filtro prensa o un decantador (ver figura 1).



**Figura 1.** Diagrama de procesos de la obtención del lodo de mieles húmedo y deshidratado (Autores, 2018).

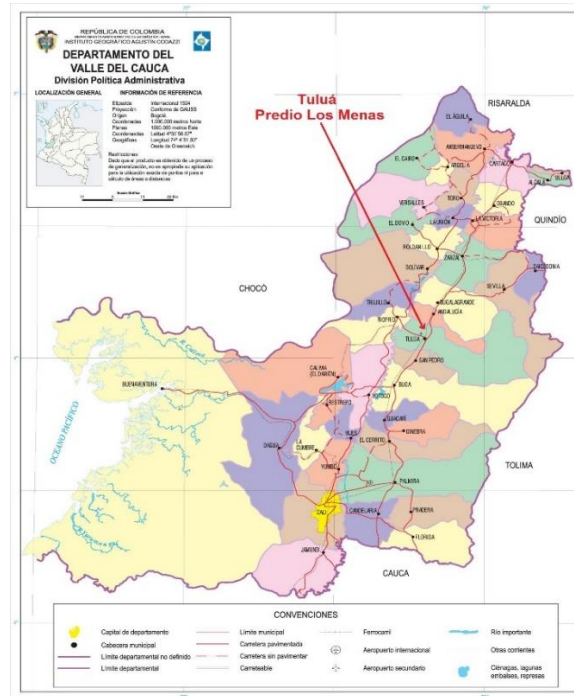
### **Que son los lodos de la Levadura (pared celular).**

La pared celular es considerada como un subproducto que se puede utilizar como materia prima para realizar insumos agrícolas y alimentación para animales si solo nos enfocamos en el ámbito agropecuario. Se debe tener en cuenta que se descompone muy rápido y es muy rica en celulosa aprovechable. Aguilar, Solis y Françiosb (2005) afirman que “La pared celular” de las levaduras es una estructura dinámica que representa de 20 a 30 % del total de la célula en peso seco. Se compone de polisacáridos en proporción de 58% en B-glucanos, 40 % de mano-proteínas y un 2% de quitina. Su contextura es líquida después del proceso de separación de la Levadura; que por medio de un evaporador o secador se puede cambiar a una estructura sólida más estable que en muchos casos se utiliza como materia prima rica en carbohidratos estructurales como la celulosa (Puentes, 2018).

### **METODOLOGÍA**

Los análisis con la Actividad Metanogénica Especifica (AME) fueron realizados a partir de diferentes lodos orgánicos procedentes de industrias manufactureras del valle del Cauca, las vinazas líquidas, vinazas concentradas, lodos de la melaza de la caña y residuos del proceso de la separación de la levadura (pared celular), con el fin de obtener materias primas que no produzcan gases ni contaminantes volátiles.

Localización: El estudio se realizó en el municipio de Tuluá, corregimiento de Aguaclara, que está bajo la jurisdicción del departamento del Valle del Cauca - Colombia (ver figura 2). Según la Secretaría de salud municipal (2016), su posición geográfica es a 4° 05' 16'' de latitud norte y 76° 12' 03'' de longitud occidental (p-7).



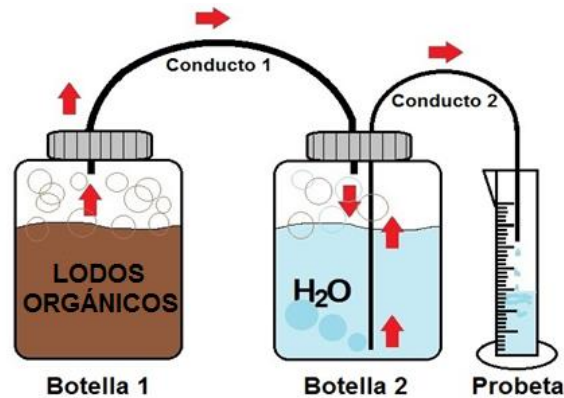
**Figura 2.** Ubicación del predio Los Menas, corregimiento de Aguacalara, municipio de Tuluá – Valle del Cauca (Sigac, s.f).

## Metodología de análisis de estabilización (gasificación) de lodos orgánicos.

El análisis de gasificación utilizando el método de la "actividad metanogénica específica" para las vinazas en estado inicial, las vinazas concentradas al 50% de sólidos totales, lodo de mieles y los lodos de la Levadura (pared celular); es básicamente utilizar dos botellas de vidrio con capacidad de 1000 ml de forma anaeróbica (sin presencia de aire), instalando una manguera que entra por la tapa de la botella uno (1) que contiene la muestra de 500 ml del lodo orgánico y la botella dos (2) que esta provista de agua normal, teniendo en cuenta no tocar el líquido de ambas botellas que está ocupando la mitad del interior de cada una (Puentes, 2018).

Y en la botella dos (2) que contiene agua se instala otra manguera más delgada hasta el fondo del recipiente, teniendo en cuenta que el otro extremo de la manguera repose en una probeta que servirá para cuantificar los datos (ver figura 3). En este punto si el lodo orgánico produce biogás al pasar el tiempo, se observa una reacción en la botella dos (2), la presión debido a la producción de gases como el metano  $CH_4$  y el dióxido de carbono  $CO_2$  hace que se desplace el agua de la botella

dos (2) a una probeta que mide la cantidad de volumen acumulado gas/ml evidenciando que el lodo orgánico es o no es estable para ser utilizada como materia prima (Puentes, 2018). El análisis puede realizarse a temperatura ambiente, bajo invernadero o en una cabina con la facultad de controlarle la temperatura, en este caso se realizó bajo invernadero sencillo.



**Figura 3.** Sistema anaeróbico para realizar el análisis de Actividad Metanogénica Específica (Puentes, 2018).

### Montaje de los ensayos.

Se realizaron 6 ensayos de análisis de Actividad Metano-génica Específica AME con 4 pruebas son con una clase de lodo orgánico y 2 pruebas con la mezcla de 2 lodos con la relación 60-40 buscando la estabilización del subproducto (ver tabla 1).

**Tabla 1.** Porcentaje de lodos orgánicos utilizados para cada sistema AME.

| Ensayo AME | Vinaza líquida<br>% | Vinaza<br>concentrada % | Lodo de mieles<br>líquido % | Pared celular<br>líquida % |
|------------|---------------------|-------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| Ensayo 1   | 100                 | 0                       | 0                           | 0                          |
| Ensayo 2   | 0                   | 100                     | 0                           | 0                          |
| Ensayo 3   | 0                   | 0                       | 100                         | 0                          |
| Ensayo 4   | 0                   | 60                      | 40                          | 0                          |
| Ensayo 5   | 0                   | 0                       | 0                           | 100                        |
| Ensayo 6   | 0                   | 60                      | 0                           | 40                         |

Nota. Se observa el establecimiento de ensayos con 4 diferentes subproductos y dos pruebas con lodo mezclado con vinaza concentrada para ayudar a la estabilización (Autores, 2018).

### **Variables de respuesta.**

Los análisis de estabilización consisten en realizar seguimiento a la producción de gas cada 4 horas por desplazamiento de ml de agua "volumen acumulado gas/ml", teniendo en cuenta la temperatura del lugar en cada toma de datos hasta que el producto logre estabilizarse por completo.

Pasos para identificar las variables de respuestas:

- Recolección de los lodos orgánicos.
- Establecimiento del sistema anaeróbico por cada lodo orgánico.
- Inicio del proceso Actividad metano-génica específica (AME).
- Datos de desplazamiento de agua y temperatura inicial.
- Datos de desplazamiento de agua y temperatura cada 4 horas.
- Graficas de datos.
- Análisis de datos.

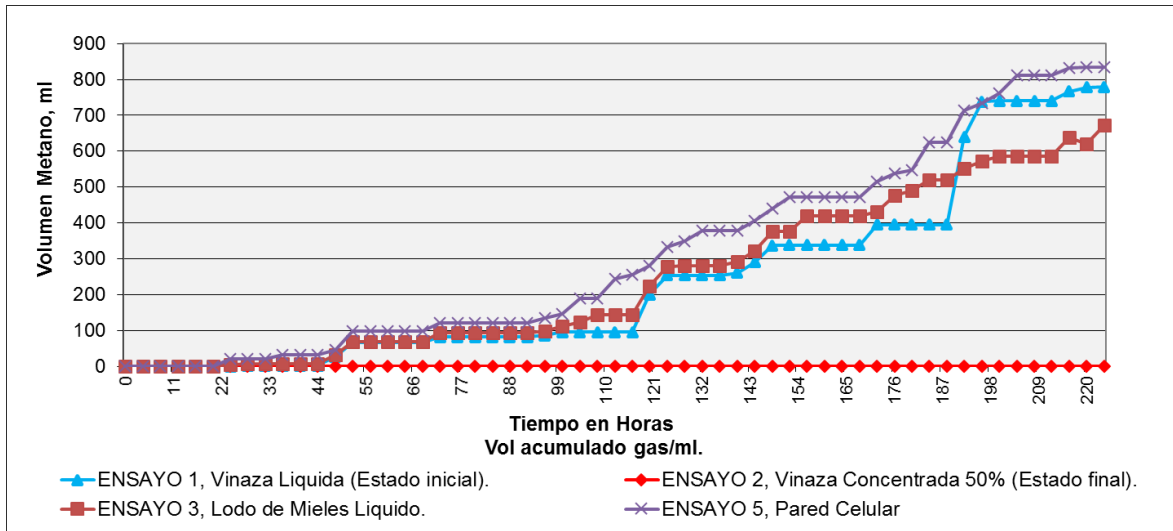
Se responden las siguientes preguntas.

- ¿Cuánto tiempo se demora la estabilización del lodo orgánico?
- ¿El olor es desagradable?
- ¿Se puede utilizar como materia prima para insumos agrícolas?

### **DISCUSIÓN.**

En la interpretación de los análisis de estabilización (gasificación) de lodos orgánicos solo se registraron actividad los primeros nueve días del proceso realizado con el método de la actividad metano-génica específica (ver figura 4), considerando este tiempo suficiente para observar que en la vinaza concentrada a 50% de sólidos no se generó volumen acumulado gas/ml mientras que en la vinaza líquida, lodos de mieles y los lodos de la Levadura (pared celular) si se percibió actividad a partir del segundo día.

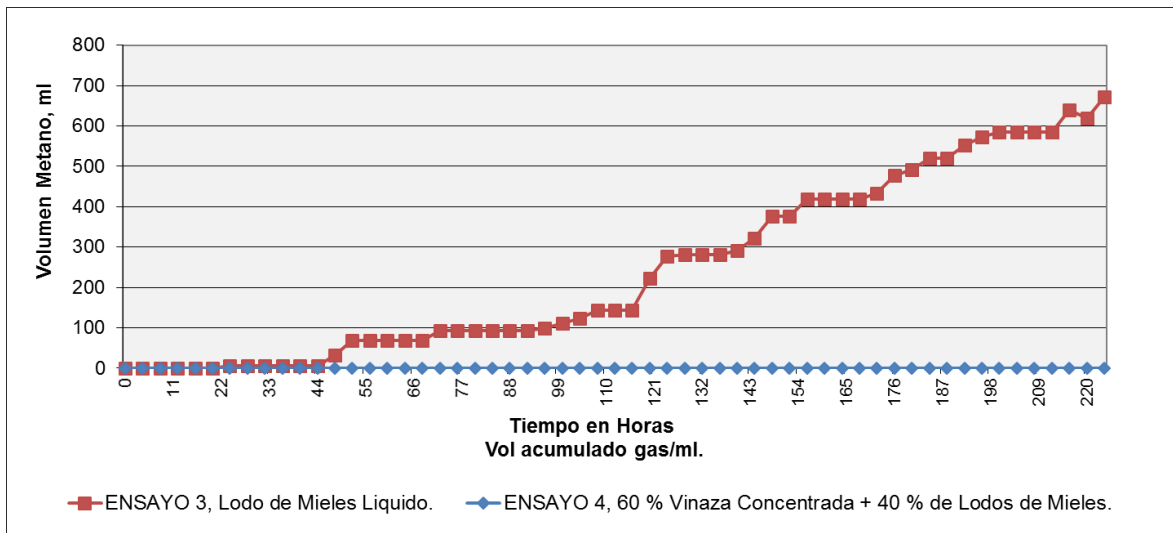




**Figura 4.** Actividad metano-génica específica AME en lodos orgánicos sin combinaciones (Autores, 2018).

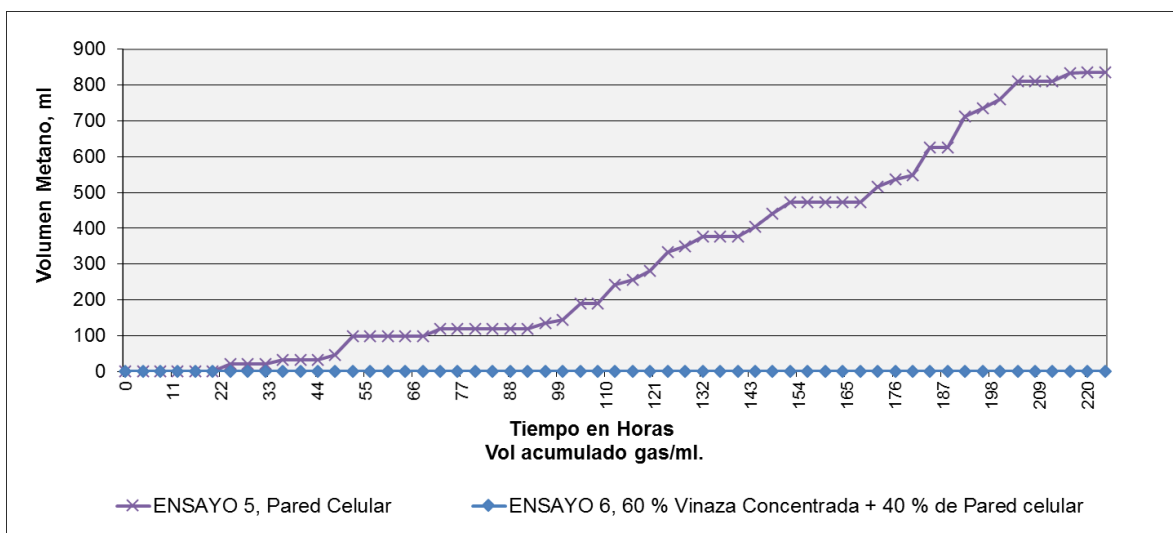
La grafica evidencia que el ensayo 1 que contiene la Vinaza liquida (estado inicial) empezó a producir Biogás a partir de las 28 horas, aumento drásticamente a las 48 horas y volvió aumentar a las 120 horas a medida que en el ensayo 2 que contiene la Vinaza concentrada no se generó gases, demostrando la estabilización de la materia prima desde que salió del evaporador. También se evidencio gasificación constante en el ensayo 3 que contiene el lodo de las mieles y en el ensayo 5 que contiene la Pared celular de la levadura.

Se registraron datos de los ensayos de mezclas de la vinaza concentrada al 50% de solidos totales con los lodos de las mieles y otro en combinación con la pared celular en los mismos nueve días del proceso realizado con la actividad metano-génica específica AME (ver figuras 5 y 6).



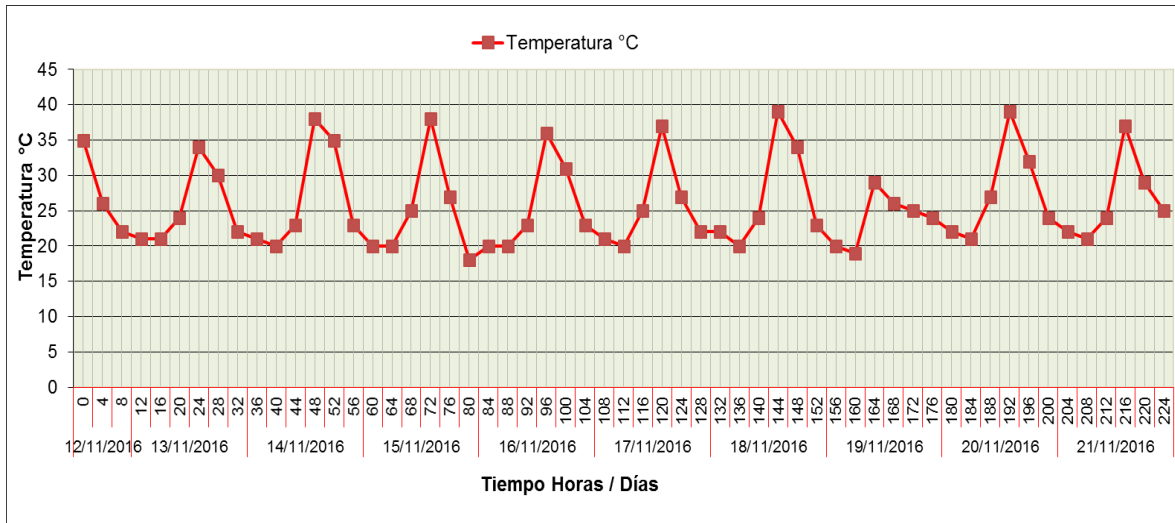
**Figura 5.** Actividad metano-génica específica AME, de una mezcla de 60 % de vinaza concentrada con 40 % de lodo de mieles líquido (Autores, 2018).

Se identificó que, si los lodos de mieles líquidos se mezclan con un 60% de vinaza concentrada al 50% de sólidos totales, no se registrara en el ensayo producción de metano con relación al desplazamiento de agua en la probeta, como si se evidencia en el lodo de mieles líquido sin mezcla alguna.



**Figura 6.** Gráfico de actividad metano-génica específica AME, de una mezcla de 60 % de vinaza concentrada con 40 % de pared celular (Autores, 2018).

Se logro estimar que si los lodos de la Levadura (pared celular) se mezclan con un 60% de vinaza concentrada al 50% de solidos totales, no se registra producción de metano con relación al desplazamiento de agua en la probeta, como si se evidencia en los lodos de la Levadura (pared celular) sin mezcla alguna.



**Figura 7.** Gráfico que identifica el comportamiento de la temperatura registrada cada 4 horas durante el tiempo que duraron los ensayos dentro del invernadero (Autores, 2018).

Los datos de temperatura registradas cada 4 horas durante el tiempo que duraron los ensayos, evidenciaron que a medida que aumenta la temperatura dentro del invernadero se genera más producción de metano y por consecuencia más desplazamiento de ml de agua a la probeta y por el contrario si hay niveles bajos de temperatura se percibe poco desplazamiento.

Los ensayos que gasificaron durante la prueba aumentaron el desplazamiento de agua a medida que se registraban datos de temperatura mayores a 28° C, por el contrario, en el registro de datos de temperaturas inferiores a 22° C no se percibió desplazamiento de agua a las probetas, demostrando que la temperatura también influye en la actividad metano-génica específica AME según la mayoría de los lodos investigados. Sin embargo, el lodo orgánico de pared celular gasifica a temperaturas superiores a 25°C y en temperaturas inferiores de 22°C logra gasificar, pero no de forma significativa.

## CONCLUSIONES.

- Las vinazas concentradas al 50% de sólidos totales logran una estabilización óptima para ser utilizadas en otros procesos productivos, ya que no se fermentan ni producen reacciones que generan gases como el CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>S, como si lo hacen las vinazas líquidas que tienen niveles bajos de 4% de sólidos totales y los demás lodos orgánicos analizados.
- Las vinazas concentradas al 50% de sólidos totales pueden ayudar a estabilizar otras clases de lodos orgánicos, si se mezclan como se realizó en los ensayos de Actividad metano-génica específica AME.
- El anterior análisis ayuda a determinar el equilibrio de la materia prima para ser utilizada en el proceso de fabricación de productos agrícolas en estado líquido, garantizando que el producto cuando éste empacado no inflara el material de empaque por culpa de la producción de gases en el interior de este cuando esté en bodega.

## BIBLIOGRAFÍA.

Aguilar; Solis y Franciosb (2005). Influencia de los parámetros cinéticos de la fermentación, en la composición y estructura de los polisacáridos contenidos en la pared celular de la levadura *Saccharomyces Cerevisiae*. Centro de Investigación y Asistencia y Diseño del estado de Jalisco, Av. Normalista 800, 44270.

Ararat M. C.; Sanclemente O. E.; Hernández R. C. 2018. Residuo líquido agroindustrial aplicado como enmienda en un suelo bajo un sistema de cultivo de maíz (*Zea mays*). Hemeroteca Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Recuperado de <http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/workpaper/article/view/2775/2861>

Archila L, C y Solórzano B, M. (2008). Diseño y construcción de un dispositivo de almacenamiento térmico "banco de hielo por medio de serpentín" para procesos de alimentos, agroindustriales e industriales. Recuperado de <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/16662/T44.08%20A25d.pdf?sequence=1>

García A, O.; Rojas C, C. (2006). Posibilidades de Uso de la Vinaza en la Agricultura de Acuerdo con su Modo de Acción en los Suelos, p.3.

Recuperado de [http://tecnicana.org/pdf/2006/tec\\_v10\\_no17\\_2006\\_p3-13.pdf](http://tecnicana.org/pdf/2006/tec_v10_no17_2006_p3-13.pdf)

Montenegro G., Sandra; Ararat, O. M.; Betancur, J. 2015. Cachaza y carbonilla: residuos agroindustriales con potencial de fertilización biológica nitrogenada. Revista de Investigación Agraria y Ambiental, [S.l.], v. 6, n. 1, p. 83 - 89, jan. ISSN 2145-6453. Recuperado de <http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/1265/1601>

Puentes M, O. (2018). Tesis de grado; Identificación e implementación de un producto orgánico mineral líquido aplicado al cultivo de arroz (*Oryza sativa*) variedad Fedearroz 60. Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD. Recuperado de <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/17869>

Secretaria de salud municipal (2016). Plan territorial de salud 2016 – 2019 municipio de Tuluá. Recuperado de

<https://www.tulua.gov.co/wp-content/uploads/2017/07/Plan%20Territorial%20de%20Salud%202016-2019.pdf>

Sigac (s.f). Mapa Político Administrativo. Del Valle del Cauca. Recuperado de

[http://www.colombiamania.com/AA\\_IMAGENES/mapas/dptos/valle/02\\_Valle-politico-admin-zoom.jpg](http://www.colombiamania.com/AA_IMAGENES/mapas/dptos/valle/02_Valle-politico-admin-zoom.jpg)

Torres L, P y Pérez A (2010). Actividad Metano-génica Específica: una herramienta de control y optimización de sistemas de tratamiento anaerobio de aguas residuales. Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente, Núm. 9. Universidad del Valle Cali, Colombia. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/2311/231116434001.pdf>