



INIAP

**INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES
AGROPECUARIAS**

ESTACIÓN EXPERIMENTAL PORTOVIEJO



LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA Y CALIDAD

INFORME TÉCNICO ANUAL

2020



INFORME ANUAL 2020

- 1. Departamento / Programa:** Laboratorio de Bromatología y Calidad.
- 2. Nombre director de la Estación Experimental:** Mgs. Eddie Ely Zambrano Zambrano.
- 3. Responsable del Departamento / Programa en la Estación Experimental:** Ing. Q. Wilmer Hernán Ponce Saltos, Mg.

4. Equipo técnico multidisciplinario I+D:

4.1.1. Equipo Técnico INIAP:

Ph.D. Ernesto Cañarte (DNPV-Entomología-EEP).

MSc. Ing. Bernardo Navarrete (DNPV-Entomología-EEP).

Ing. Favio Ruilova (Programa de Agroenergía-EEP)

MSc. Ing. Gloria Cobeña (Programa Yuca-Camote-EEP).

Ing. Geover Peña Monserrate. (Programa de Fruticultura-EEP)

MSc. Ing. Ricardo Limongi Andrade (Programa de Maíz-EEP)

MSc. Ing. William Viera (Coordinador Nacional de Fruticultura – EESC).

MSc. Ing. Q. Beatriz Brito (Dpto. de Nutrición y Calidad – EESC).

Mg. Ing. Benny Avellán (Núcleo de Transferencia de Tecnología y Comunicación-EEP).

Ing. Luis Pinargote (Programa de Ganadería y Pastos - EETP).

- 5. Financiamiento:** Gasto Corriente Estación Experimental Portoviejo, Financiamiento Fontagro), Proyecto+Algodón (FAO).

6. Proyectos:

6.1. Los residuos del aguacate (*Persea americana* Mill.) en la obtención de bioplásticos.

Fuente de Financiamiento: Gasto Corriente Estación Experimental Portoviejo-FONTAGRO ATN/RF-16011-RG: Proyecto Productividad y Competitividad Frutícola Andina.

Presupuesto: \$3.190,00 USD

Fecha de inicio: Enero 2019

Fecha de término: Diciembre 2020

6.2. Optimización del proceso de jabón artesanal “prieto” de Piñón (*Jatropha curcas* L.) mediante el estudio de la cinética de saponificación

Fuente de Financiamiento: Gasto Corriente Estación Experimental Portoviejo



Presupuesto: \$1320,00 USD

Fecha de inicio: Abril 2018

Fecha de término: Diciembre 2019

6.3. Biodigestión anaeróbica de residuos del plátano variedad hartón (*Musa AAB Simmonds*) y caracterización nutricional del sustrato bio-digerido.

Fuente de Financiamiento: Gasto Corriente Estación Experimental Portoviejo/
Programa de Maestría de Ing. Agrícola.

Presupuesto: \$2312,00 USD

Fecha de inicio: Agosto 2020

Fecha de término: Diciembre 2021

6.4. Determinación de parámetros óptimos de extracción química del aceite de semilla del Algodón (*Gossypium hirsutum* L.)

Fuente de Financiamiento: Gasto Corriente EEP/Maestría en Ingeniería Agrícola(UTM)/Proyecto+Algodón (FAO)

Presupuesto: \$ 3184,5 USD

Fecha de inicio: Enero 2020

Fecha de término: Diciembre 2020

6.5. Aprovechamiento integral del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en el Litoral Ecuatoriano

Fuente de Financiamiento: Gasto Corriente EEP/Maestría en Ingeniería Agrícola(UTM)

Presupuesto: \$ 30000 USD

Fecha de inicio: Enero 2020

Fecha de término: Diciembre 2022

7. Socios estratégicos para investigación:

7.1. Instituto Interamericano para la Cooperación de la Agricultura (IICA).

Mgs. Ing. Andrés Viteri (Supervisor Planta AVP-Piñón)

7.2. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

Ing. Rafael Sotelo (Técnico Proyecto +Algodón (FAO)).

7.3. Universidad Técnica de Manabí (UTM)

PHD. Freddy Zambrano Gavilanes (FIA-UTM).

Mgs. Ing. Carlos Moreira (Vice-decano de Carrera de Ingeniería Química)

MSc. Ing. María Riera (Docente del Dpto. Procesos Químicos).



MSc. Ing. Ricardo Baquerizo (Docente del Dpto. Procesos Químicos).

MSc. Ing. Yunet Gómez (Docente del Dpto. Procesos Químicos).

Egdo. Annabelle Cedeño Giler (Tesis Ingeniería Química).

Egdo. Pamela Cruzatty Arteaga (Tesis Ingeniería Química).

Egdo. Francisco Macías (Tesis Ingeniería Química).

Egdo. Natalia Palacios (Tesis Ingeniería Química).

Egdo. Cristopher Navarrete (Tesis Ingeniería Química).

Egdo. Jesús Mezones (Tesis Ingeniería Química).

Egdo. Pedro Vega (Tesis Ingeniería Química).

Egdo. Anlly Vilcacundo (Tesis Ingeniería Química).

Ing. Gabriel Segura (Maestrante de Ing. Agrícola).

Ing. Gabriela Gallo (Maestrante de Ing. Agrícola).

8. Publicaciones:

8.1. Gallo-Sevillano, G., **Ponce Saltos, W.**, Pincay Menedez, J., Viteri, A., Duarte, R. F., & Gavilanes, F. Z. (2020). Características fisicoquímicas en diferentes grados de maduración de los frutos de tres líneas promisoras de piñón y calidad de la extracción de aceite de las semillas. *Biotempo*, 17(2). (Artículo científico).

8.2. Ponce Saltos, W., Zambrano Saldarriaga, C., Zambrano Villavicencio, I., Viteri Uquillas, A., & Zambrano, E. (2020). Biocombustible sólidos (pellets) a partir de cáscara de piñón (*Jatropha curcas* L.) y paja de arroz (*Oryza sativa* L.). Tríptico.

8.3. Ponce, W., Viteri, A., Limongi Andrade, R., Pincay Menéndez, J., Avellán Cedeño, B. A., & Moreira García, P. (2020). Manual de cosecha y procesamiento del grano de piñón (*Jatropha curcas* L.) para la obtención de biocombustible (Manual).

8.4. Ponce, W., Sánchez, H., Riera, M., Brito, B., y Viera, W. (2020). Obtención de bioplásticos a partir de residuos de aguacate (*Persea Americana* Mill). Portoviejo, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Portoviejo (Tríptico).

9. Participación en eventos de difusión científica, técnica o de difusión:

9.1. Difusión científica:

Ponce W. (14 de Agosto del 2020). Obtención de bioplástico a partir de residuos de aguacate. Festival Virtual del Aguacate. Ministerio de Agricultura y Ganadería.

Ponce W. (16 de Octubre del 2020). Bioplásticos a partir de los residuos de aguacate. III Congreso Internacional de Producción Orgánica.



9.2. Difusión técnica:

Ponce W. (10 de Enero del 2020). Visita técnica del Instituto Superior Tecnológico Luis Arboleda a planta extractora de aceite y laboratorio en EEP. Portoviejo-Manabí. Expositor.

Ponce W., Macías E., Macías R., Zambrano E. (11 de Enero del 2020). Ferias Ciudadanas Toda Una Vida. Honorato Vasquez-Manabí.

Avellán B., **Ponce W.** y Zambrano D. (21 de Enero del 2020). Ferias Ciudadanas Toda Una Vida. Paján-Manabí. Expositor.

Mendoza A., Álava A., **Ponce W.** y Villafuerte J. (12 de Febrero del 2020). Ferias Ciudadanas Toda Una Vida. Canoa-Manabí. Expositor.

Ponce W., Romero D. y Navarrete E. (11 de Marzo del 2020). Ferias Ciudadanas Toda Una Vida. Calderón-Manabí. Expositor.

Ponce W. Análisis de laboratorio, para determinar composición de alimentos". Carrera de Nutrición y Dietética de la UTM. Expositor.

Cobeña G., Cañarte E. y **Ponce W.** (13 de Noviembre del 2020). Liberación de la nueva Variedad de yuca P-652 "La Rendidora" Estación Experimental Portoviejo. Pichincha-Manabí. Expositor.

9.3. Tesis de Pregrado

Palacios N. y Vega P. (2020). Optimización de las condiciones de operación para el tratamiento de las materias primas utilizadas en la producción de jabón prieto. Universidad Técnica de Manabí. Tesis de Ingeniería Química. Portoviejo-Manabí.

Cruzatti P. y Cedeño A. (2020). Obtención de un aceite vegetal a partir de piñón (*Jatropha curcas* L.) e higuierilla (*Ricinus communis* L.) formulado para uso como bioplaguicida. Universidad Técnica de Manabí. Tesis de Ingeniería Química. Portoviejo-Manabí.

10. Propuestas presentadas:

Propuesta 1.

Título:

Tipo propuesta:

Fondos o Convocatoria:

Fecha presentación:

Responsable:

Equipo multidisciplinario:



Presupuesto:

Duración proyecto:

Estado:

Fecha probable inicio ejecución:

11. Hitos/Actividades por proyecto ejecutadas por el programa o departamento:

Actividad 1.

Los residuos del aguacate (*Persea americana* Mill.) en la obtención de bioplásticos.

Responsable:

Ing. Q. Wilmer Ponce Saltos

Colaboradores:

MSc. Ing. William Viera (Coordinador Nacional de Fruticultura – EESC).

MSc. Ing. Q. Beatriz Brito (Dpto. de Nutrición y Calidad – EESC).

MSc. Ing. María Riera (Docente del Dpto. Procesos Químicos UTM).

Antecedentes:

El Ecuador, por su ubicación geográfica posee las condiciones climáticas adecuadas para el cultivo del aguacate, siendo las principales zonas productoras: Carchi, Imbabura, Pichincha, Tungurahua, Azuay y Loja. La variedad demandada a nivel internacional es la *Hass*; sin embargo, en el mercado local la aceptación va por la variedad *Fuerte*. En Ecuador se consume en estado fresco y a menor escala en productos procesados como aceite de aguacate, salsa, aderezos, entre otros (Viera, Sotomayor y Viera, 2016).

En el Ecuador se produjeron 24247, 16118 y 20995 toneladas (Tn) de aguacate para los años 2015, 2016 y 2017 respectivamente (FAO, 2017). Se estima que el consumo per cápita del fruto en el país es de 1 kg al año y se proyecta que para los años 2011 al 2020, la demanda se incremente a nivel nacional en 19% conforme aumenta la población (Viera, Sotomayor y Viera, 2016).

El desarrollo de materiales sustitutos a los plásticos convencionales, se ha convertido en un interés de investigación en los últimos años. Una alternativa es el uso de fuentes renovables de origen animal o vegetal, como es el caso del quitosano y colágeno de algunos animales (De la Rosa y Charro, 2015), o almidón y celulosa provenientes de plantas, útiles en la elaboración de biopolímeros (De Almeida et.al., 2004).

A nivel internacional existen o se están desarrollando, trabajos de interés relacionados con el tema. Tal es el caso de la Universidad de la Sapienza en Roma, la cual coordina un proyecto con la participación de 21 universidades de la Unión Europea, para la transformación de residuos biológicos urbanos en productos biodegradables (Unión



Europea, 2017). Por su parte investigadores de la Universidad de Sevilla junto con expertos de la Universidad de Huelva, obtuvieron un bioplástico natural absorbente a partir de la proteína de la soja (Cuadri et.al., 2017).

Algunas de las investigaciones mencionadas, se han enfocado en la utilización del almidón como fuentes principales en la obtención de plástico biodegradable, el cual también puede obtenerse de distintos residuos agrícolas o agroindustriales. Uno de ellos corresponde a los generados en el procesamiento del aguacate, los cuales pueden ser usados como una alternativa para la manufactura de productos de plástico biodegradable y aditivo biodegradable, favoreciendo así el desuso de plásticos derivados del petróleo como el polietileno, polipropileno, policloruro de vinilo, poliestireno (Solís y Martín, 2016).

Existen estudios preliminares que han demostrado el uso de residuos de aguacate para obtener bioplástico. Lubis y colaboradores (2016), extrajeron el almidón de la semilla del aguacate (*Persea Americana Mill*) y la celulosa microcristalina presente en la caña de azúcar en una relación de composición de 7:3, 8:2 y 9:1 (%m/m), utilizando glicerol como plastificante con una variación de 0,1; 0,2; 0,3 (%v/m) de almidón, para obtener un bioplástico reforzado (Lubis et. al., 2016).

S. Ginting, Ramadhan y Maharani (2015), usaron almidón de la semilla de aguacate (*Persea americana Mill*) con glicerina y quitosano, para elaborar bioplástico reforzado. La relación en la composición del almidón de semilla de aguacate y quitosano fue de 7:3, 8:2 y 9:1 y la temperatura de la solución bioplástica se varió a 80, 85 y 90 ° C. La mejor condición se obtuvo a una temperatura de 90 °C con una relación de almidón - quitosano 7:3 (S. Ginting et.al., 2015).

Por su parte S. Ginting et. al. (2018), extrajeron el almidón de la semilla del aguacate (*Persea americana Mill.*), para emplearlo como un material bioplástico. El rendimiento de almidón se lavó y se secó en horno a 70 °C durante 30 minutos, alcanzando un máximo de 24,20 g de almidón (S. Ginting et. al., 2018).

Los bioplásticos tienen como ventaja su corto tiempo de degradación, el cual se estima que sea de entre un 60 y 90% del material polimérico en un término máximo de 180 días (López, 2005). A diferencia de los plásticos convencionales cuyo tiempo de degradación va desde meses hasta cientos de años, una vez que el plástico está en el ambiente (Roach, 2003).

Este trabajo se viene realizando en el año 2019, con el nombre del protocolo “Los residuos del aguacate (*Persea americana Mill.*) en la obtención de bioplásticos.” con



fecha de aprobación a través del comité técnico mediante el acta 004 con fecha 26 de Junio del 2019.

Objetivos:

Objetivo General

Obtener un bioplástico a partir de los residuos del aguacate (*Persea americana Mill.*).

Objetivos Específicos.

1. Determinar las características físico-químicas de la semilla y cáscara del aguacate para la elaboración de bioplásticos.
2. Caracterizar compuestos celulósicos y almidonados de la semilla y cáscara.
3. Caracterizar las películas plásticas obtenidas evaluando sus parámetros físicos, químicos y mecánicos.

Metodología:

Características del sitio experimental

Ubicación

Los ensayos se realizaron en el laboratorio de Bromatología y Calidad de la Estación Experimental Portoviejo del INIAP.

Factores en estudio

Variable independiente: Residuos del aguacate (semilla).

Variable dependiente: Calidad del bioplástico.

Unidad experimental

Se trabajará con los residuos del procesamiento del aguacate. Específicamente la semilla del aguacate de la especie *Persea americana*.

Tratamientos

Se trata de un estudio con 3 factores y 2 niveles. Los factores estarán representados por los distintos materiales que se utilizarán en la elaboración del bioplástico los cuales son: almidón, celulosa y plastificante. Los niveles corresponderán a las cantidades máximas y mínimas que cada uno de ellos puede aportar, de acuerdo a lo recomendado por expertos en el tema (Enríquez, Velasco y Ortiz, 2012).

Se analizará el efecto que causan los niveles de cada factor sobre las características físicas, químicas y mecánicas del bioplástico obtenido.

Análisis estadístico

Se realizó análisis de media y desviación estándar en cada análisis de almidón modificado.



Manejo específico del experimento y métodos de evaluación

Se utilizará la semilla del aguacate para extraer el almidón, el cual se caracterizó antes de ser usado en la elaboración del bioplástico (Tabla 1).

Tabla 1. Caracterización del almidón modificado

Variable independiente	Método de determinación
Humedad (%)	Método de la AOAC 925.10
Temperatura de gelatinización (°C)	Técnica de Grace.
Índice de solubilidad en agua (ISA)	Técnica de Anderson
Índice de absorción de agua (IAA) (%)	Técnica de Anderson
Poder de hinchamiento	Técnica de Anderson
Claridad de la pasta	Espectrofotometría
Contenido de amilosa y amilopectina (%)	Espectrofotometría

Modificación del almidón nativo

La modificación química del almidón permite que este cambie su estructura modificando sus propiedades, este proceso requiere mantener variables controladas como la temperatura, el pH, el tiempo de reacción y la cantidad de reactivo, este proceso se llevó a cabo en repetidas ocasiones, los cuales sirven para detallar la repetibilidad del proceso estableciendo así una formulación para la modificación del almidón nativo. La cantidad de reactivo se controló a partir de un montaje por goteo donde los reactivos (ácido acético (5%) y NaOH (0,1 N)) se sitúan en buretas de 50 mL, y se fijan en dos soportes universales. Se pesó los 40 g de almidón nativo de aguacate en un beaker de 250 mL con 100 mL de agua destilada, se mezcló con el almidón nativo, esto se hace de forma mecánica (agitador shaker) con una velocidad entre 400 y 600 rpm durante 30 minutos para garantizar la homogeneización de la solución. Se midió el pH con un potenciómetro con el fin de mantener controlada la alcalinidad de la solución, se adicionó 1 mL de NaOH para estabilizar el pH entre 8 -8,5 ya que la reacción se desarrolla en un medio básico, al tener estabilizado el pH de la mezcla se procedió a colocar el montaje de los reactivos y se agregan gota a gota el ácido acético y el hidróxido de sodio, al adicionar la cantidad



de ácido acético, se dejó reaccionar la mezcla durante 30 minutos. Por último, se detuvo la reacción con 1 mL de HCL al 1 N ya que al disminuir el pH como se ve en el diagrama 1, la reacción se detuvo debido a que la esterificación del almidón se desarrolla en medios básicos.

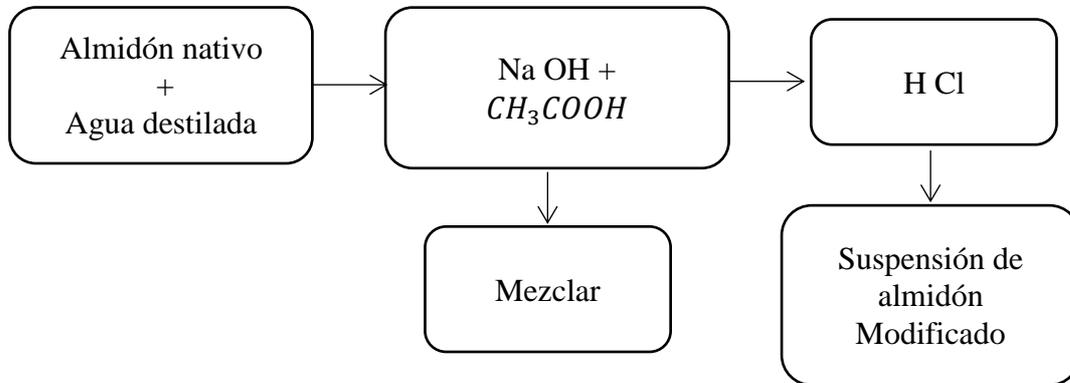


Diagrama 1. Diagrama de Flujo, acetilación del almidón

Determinación de grado de sustitución.

El proceso químico para la confirmación de la modificación del almidón determina el grado de sustitución de los grupos hidroxilos. La metodología para este proceso consiste en pesar 1g de almidón modificado mediante la acetilación, en un Erlenmeyer de 250 mL, se añaden 50 mL de etanol al 75% en agitación durante 30 minutos en un rango de temperatura de 20°C a 26°C, transcurrido este tiempo se deja en reposo durante 10 minutos, se le agregan 40 mL de KOH 0,5 N, esta mezcla se debe agitar durante 72 horas en un agitador shaker con una velocidad de agitación de 415 rpm, y una temperatura de 22°C. Transcurrido este tiempo se adicionaron 2 gotas de fenolftaleína, y se realiza una titulación con HCL 0,5 N, este procedimiento se realiza para el almidón nativo y modificado, se toman los datos de los volúmenes usados de HCL para la titulación, ya que son los datos necesarios para emplear en la ecuación 1.

Ecuación 1. Porcentaje de grupos acetilo

$$\% \text{ acetil} = \frac{(ml \text{ blanco} - ml \text{ muestra}) * N \text{ HCL} * 0,043}{gramos \text{ de la muestra}} * 100$$

Donde 0,043 corresponde a los miliequivalentes del grupo acetilo.

Con el porcentaje de acetilo encontrado, empleando la ecuación 2 se puede encontrar el grado de sustitución el cual es número de grupos acetilos introducidos por unidad de glucosa

Ecuación 2. Grado de sustitución



$$\text{Grado de sustitución} = \frac{162 * \% \text{ acetil}}{4300 - (42 * \% \text{ acetil})}$$

Donde,

162 corresponde al peso molecular del anhidro de glucosa.

4300 corresponde al peso molecular del grupo acetilo multiplicado por 100%.

42 corresponder al peso molecular del grupo acetilo menos 1.

Secado del almidón modificado

A la mezcla proveniente del proceso de acetilación se le realiza un lavado con agua destilada, este proceso se lleva a cabo tres veces asegurándose que quede lo más limpio posible de los reactivos utilizados para la acetilación; adicional a esto, se lleva a una estufa a una temperatura de 35°C por un tiempo de 8 h, extendiendo el almidón en la bandeja para garantizar un secado uniforme.

- Humedad:

Se colocó 1 gramo de muestra en un horno a una temperatura de 105 °C + 2 por una hora, y se enfrió en un desecador y pesar hasta peso constante. Se determinó el porcentaje de humedad por diferencia de peso.

Los procesos se hicieron de la siguiente manera:

- Temperatura de gelatinización

- Pesar 10 g de almidón (BS) disolver en agua destilada y completar a 100 mL.
- Calentar agua en un vaso de precipitado de 250 mL a 85 °C.
- Tomar 50 mL de la suspensión en un vaso de precipitado de 100 mL. e introducir el vaso de precipitado con la muestra en el agua a 85 °C.
- Agitar con el termómetro constantemente la suspensión de almidón hasta que se forma una pasta y la temperatura permanezca estable por unos segundos.
- Leer directamente en el termómetro la temperatura de gelatinización.

- Índice de solubilidad en agua (ISA), Índice de absorción de agua (IAA) y Poder de hinchamiento

- Pesar tubos de centrifuga secos a 60 °C.
- Pesar en los tubos 1,25 g de almidón (bs) y agregar exactamente 30 mL de agua destilada precalentada a 60 °C y agitar (sin excederse).
- Colocar en baño de agua a 60 °C durante 30 minutos; agitar la suspensión a los 10 minutos de haber iniciado el calentamiento.



- Centrifugar a temperatura ambiente a 4 900 RPM durante 30 minutos.
- Decantar el sobrenadante inmediatamente después de centrifugar (máximo un minuto después) y medir el volumen.
- Tomar 10 mL del sobrenadante y colocar en un vaso de precipitados de 50 mL (previamente pesado).
- Secar el sobrenadante en un horno durante toda la noche a 70 °C.
- Pesar el tubo de centrifuga con el gel.
- Pesar el vaso de precipitados con los insolubles.

IAA = Peso del gel (g) / Peso muestra (g) BS

ISA = Peso solubles (g) × V × 10 / Peso muestra (g) BS

PH= Peso del gel (g) / (Peso muestra (g) bs–Peso solubles (g))

- Claridad de la pasta

- Pesar en tubos de centrifuga 200 mg de almidón (BS).
- Suspender el almidón en 20 mL de agua destilada.
- Colocar los tubos en un baño de agua en ebullición durante 30 minutos.
- Agitar la suspensión cada cinco minutos.
- Después de pasados 30 minutos colocar la suspensión en cubetas del espectrofotómetro y dejar enfriar a temperatura ambiente.
- Leer el porcentaje de transmitancia a una longitud de onda de 650 nm, utilizando agua destilada como blanco.

- Contenido de amilosa y amilopectina

- Preparación de la curva estándar de amilosa/amilopectina.
- Pesar 100 mg de muestra de amilosa y 100 mg de amilopectina en frascos volumétricos de 100 mL.
- Agregar a cada frasco 1 mL de etanol al 95 por ciento y 9 mL de hidróxido de sodio 1 N, tapar y dejar a temperatura ambiente entre 18-24 horas.
- Completar a 100 mL con agua destilada.
- Preparar la curva estándar de acuerdo a los siguientes valores:

Amilosa (%)	Amilosa (mL)	Amilopectina (mL)	NaOH 0,09N (mL)
0	0	18	2
10	2	16	2
20	4	14	2



25	5	13	2
30	6	12	2

- En un frasco volumétrico de 100 mL que contenga 50 mL de agua destilada agregar una alícuota de 5mL de cada punto de la curva estándar, 1 mL de ácido acético 1 N y 2 mL de solución de yodo al 2 por ciento, mezclar bien y completar a volumen con agua destilada.
- Almacenar los frascos bajo oscuridad durante 20 minutos y leer la densidad óptica a una longitud de onda de 620 nm.
- El cálculo del contenido de amilosa se realizó directamente de la curva estándar y se expresa como porcentaje.

Posteriormente se siguió el procedimiento descrito por Lubis et. al. (2016), para la obtención de las películas. Posteriormente, se añadió la glicerina, sorbitol y alcohol polivinílico (APV) en la proporción respectiva para luego calentar la mezcla de almidón y glicerol. Al alcanzar los 70 °C, se añadirá la celulosa a la mezcla y se mantuvo caliente hasta 85 °C. La mezcla se enfrió, vertió en una placa petri y se secó a 60°C en una estufa durante 24 horas.

El bioplástico obtenido del proceso se retiró del molde, y se colocó en un desecador donde se caracterizó para determinar sus propiedades físicas, químicas y mecánicas (Tabla 2).

Tabla 2. Características físicas, químicas y mecánicas del bioplástico obtenido

Variable dependiente	Método de determinación
Densidad (kg/m ³)	Método analítico, relación masa – volumen.
Espesor (mm)	Medición con calibrador
Solubilidad en agua(%)	Norma Técnica Ecuatoriana NTE-INEN 2048:2006
Elongación (Pa)	Norma American Society for Testing and Materials (ASTM) ASTM D 828-95a
Biodegradabilidad(%)	Determinación de biodegradabilidad aerobia de plásticos, Norma ISO 14855.

- **Densidad:** La densidad se calculó como la relación entre la masa y el volumen medida a 23 ± 1°C, en muestras de 2 cm de largo, 2 cm de ancho y 3 mm de espesor. La masa



se determinó con una balanza analítica y el volumen midiendo las dimensiones con ayuda de un vernier.

- **Espesor:** El espesor de las películas se midió directamente sobre estas con un equipo Mahr, milimar C1216.
- **Solubilidad en agua:** Se introdujeron muestras en agua destilada en proporción de 1:10 (film:agua) durante 48 h en reposo. Se separó el agua sobrenadante del material sólido, éste fue trasladado a una estufa de convección natural (J.P. Selecta, S.A. Barcelona, España) durante 24 h a 60°C para eliminar el agua libre. Por último, se trasladó a un desecador con silica gel a 25°C durante 15 días para eliminar el agua ligada. Se tomó el peso inicial y final de la muestra, siendo la diferencia la masa de film disuelta en agua.
- **Elongación:** Las películas se cortaron en piezas de 15 mm de ancho y 40 mm de largo. La distancia inicial (l_0) entre las mordazas fue de 30 mm y la velocidad de tracción de 0.9 mm/s. La tensión de ruptura se calculó dividiendo la relación de la fuerza entre el área de la sección transversal inicial de la película: y la deformación a la ruptura considerando como la deformación lineal $[(l - l_0) / l_0]$, se determinó por la curva de tensión-deformación. El módulo de elasticidad se calculó como la pendiente de la región lineal de la curva de tensión en función a la deformación.

Resultados:

Tabla 3. Caracterización del almidón modificado obtenido.

Análisis	Unidad	Resultado $\pm \sigma$
Humedad	%	11.5 \pm 0,5
Temperatura de gelatinización	°C	67 \pm 1
Claridad de pasta	----	22,23 \pm 0.986
Índice de absorción	g gel/g muestra	2,23 \pm 0,14
Índice de solubilidad	%	5,59 \pm 0,74
Poder de hinchamiento	g agua/g almidón	3,15 \pm 0,21

En respuesta al almidón modificado, se cambió algunos parámetros, en este caso el índice de solubilidad, para una reacción catiónica como lo presenta la tabla 3.



Tabla 4. Curva de calibración amilosa-amilopectina.

% Amilosa	1	2	3	Promedio
	Absorbancia	Absorbancia	Absorbancia	
0	0,225	0,231	0,231	0,229
10	0,315	0,317	0,315	0,316
20	0,454	0,452	0,45	0,452
25	0,511	0,508	0,503	0,507
30	0,564	0,560	0,557	0,562

La curva de calibración (tabla 4) conlleva para la determinación de amilosa y amilopectina en la tabla 5.

Tabla 5. Porcentaje de amilosa y amilopectina en almidón modificado.

% Amilosa	% Amilopectina	Desviación estándar
29,847953	70,152047	± 0,0087

En la tabla 6, en tres muestras de extracción, se determinó que la semilla contiene 56.68% d almidón. En la tabla 7 en la extracción acuosa tuvo un rendimiento de 5,01 + 0,05%.

Tabla 6. Contenido de almidón modificado.

Muestras	LST	LM	ST	% Almidón
M1	0,1	0,117	25	56,16
M2	0,2	0,246	25	59,04
M3	0,3	0,324	25	51,84
% ± σ				55,68 ± 3,62



Tabla 7. Rendimiento del almidón modificado

Muestras	Masa de almidón (g)	Masa de semilla (g)	% Rendimiento
M1	3,6	78	4,61
M2	5,7	118	4,83
M3	8,1	145	5,58
		% $\pm \sigma$	5,01 \pm 0,05

Tabla 8. Porcentaje de acetil y grado de sustitución.

Muestra	mL de ácido Clorhídrico consumidos	% Acetil	Grado de sustitución	Promedio +DST
Almidón nativo (1)	21,2	0,00	0,00	
Almidón nativo (2)	21,3	0,00	0,00	00,00 \pm 0,000
Almidón nativo (3)	21,2	0,00	0,00	
Almidón modificado (1)	20,0	1,032	0.0392	
Almidón modificado (2)	20,1	1,033	0.0393	0.0381 \pm 0,00193
Almidón modificado (3)	20,1	0,946	0.0359	

El grado de sustitución (tabla 8), emplea la cantidad de grado de sustitución de los grupos hidroxilos, en este caso un promedio de 0.0381 grupos acetilos introducidos por unidad de glucosa.

En la tabla 9, se realizaron análisis de las biopelículas, se adicionó la permeabilidad a través de vapor de agua, en donde el plastificante sorbitol se leyó correctamente, mientras lo otros plastificantes no resultaron para el ejercicio.

Tabla 9. Análisis de la biopelícula obtenida

Muestra	Humedad (%)	Densidad (g/cm ³)	Solubilidad (%)	Espesor (μm)	Permeabilidad (g/5cm ² día)
Alcohol polivinílico	15,68	1,029	33,08	-	-
Sorbitol	10,20	1,093	49,38	768,8	111.71
Glicerina	19,6	1,283	35,71	397,8	-



En la prueba de enlogación, el plastificante sorbitol ha sido sobresaliente frente a las otras muestras, el plastificante de alcohol polivinílico, no llegó en buenas condiciones para el análisis.

Tabla 10. Elongación de la biopelícula

Muestra	Grosor (mm)	Fuerza de tensión (Mpa)	Deformación (%)	Módulo elasticidad (Mpa)
Sorbitol	0,7	0,87	30,42	49,25
Glicerina	0,7	0,33	25,4	15,25

Conclusiones:

- La semilla de aguacate emitió resultados favorables para almidón, en la modificación se adquirieron propiedades que mejoran la formulación.
- La caracterización del almidón modificado arroja como resultado que es un almidón de calidad media, con alta solubilidad, baja absorción de agua y bajo poder de hinchamiento, lo cual se refleja en el porcentaje de amilosa alto e influye además en la polimerización.
- El plastificante sorbitol, tuvo mejores resultados que la glicerina y alcohol polivinílico.

Recomendaciones:

Seguir con la formulación con otras biomásas para su posterior desarrollo.

Referencias:

- Aristizábal, J. y Sánchez, T. (2007). Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. Boletín De Servicios Agrícolas de la FAO 163. ONU. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-a1028s.pdf>
- Biofase (2018). Información institucional. México. Recuperado de <https://www.biofase.com.mx/bioplastico>.
- Ceballos, A. M. y Montoya, S. (2013). Evaluación química de la fibra en semilla, pulpa y cáscara de tres variedades de aguacate. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial: BSAA*, 11(1), 103-112. Recuperado de: <http://revistabiotecnologia.unicauca.edu.co/revista/index.php/biotecnologia/articulo/view/270>



- Cuadri, A. A., Romero, A., Bengoechea, C. y Guerrero, A. (2017). Natural superabsorbent plastic materials based on a functionalized soy protein. *Polymer Testing*, 58, 126-134. doi: 10.1016/j.polymeresting.2016.12.024
- Charro E., M. M., (2015). Obtención de plástico biodegradable a partir de almidón de patata (tesis de pregrado), Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.
- De Almeida A., Ruiz, J. A., López, N. I. y Pettinari, M. J. (2004). Bioplásticos: una alternativa ecológica. *Química Viva*, 3(3), 122-133. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86330305>
- De la Rosa M., A. y Charro E., M. (2015). Obtención de plástico biodegradable a partir de almidón de patata (tesis de pregrado), Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Enríquez, M., Velasco, R. y Ortiz, V. (2012). Composición y procesamiento de películas biodegradables basadas en almidón. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 10(1), 182–192. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v10n1/v10n1a21.pdf>
- FAO (2018). FAOSTAT. Roma, Italia. Recuperado de <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>
- Imbert, E. (2017). Food waste valorization options: opportunities from the bioeconomy. *Open Agriculture*, 2(1), 195–204. doi: 10.1515/opag-2017-0020
- López, G. D. (mayo de 2005). Situación y perspectivas de los polímeros biodegradables: Diseño y formulación según la demanda del mercado. N° 424, p.176-185
- Lubis, M., Bangun H., M., S. Ginting, M. H., Sartika, M. y Azmi, H. Effect of Microcrystalline Cellulose (MCC) from Sugar Palm Fibres and Glycerol Addition on Mechanical Properties of Bioplastic from Avocado Seed Starch (Persea Americana Mill). *Full Paper Proceeding*, 331(3), 1-10. Recuperado de: [https://www.semanticscholar.org/paper/Effect-of-Microcrystalline-Cellulose-\(MCC\)-from-\(Lubis-Harahap/144a63c219e820f7e3b2f67ceb95ab3dc3864a24](https://www.semanticscholar.org/paper/Effect-of-Microcrystalline-Cellulose-(MCC)-from-(Lubis-Harahap/144a63c219e820f7e3b2f67ceb95ab3dc3864a24)



Mehdi E., S., Onay, T. T. y Demirel, B. (2017). Biodegradation of bioplastics in natural environments. *Waste Management*, 59, 526-536. doi:10.1016/j.wasman.2016.10.006

Muñoz E., L. M. y Rojas B., L. (2016). Subproductos del aguacate, materia prima potencial para diversos sectores industriales. En A. Jurado (Comp.), Investigación, ciencia, innovación y competitividad: “Una estrategia de desarrollo agroindustrial sostenible en territorio de paz” (pp. 130-142). Florencia: Colombia. Universidad de la Amazonia.

ONU (2017). Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Ginebra, Suiza. Recuperado de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

Pilla B., I. A. (2017). Desarrollo de un material termoplástico obtenido a partir de almidón de oca (*Oxalis tuberosa*) y plastificantes (tesis de pregrado). Escuela Politécnica Nacional, Quito; Ecuador.

Raigoza M., E. Y; Rúa P., L. M., Restrepo, A. M., Alzate, L. M. (2016). Aplicación potencial de residuos de la industria de aguacate: evaluación de su capacidad antimicrobiana. Secado de la semilla del aguacate (*Persea americana* Mill). *Vitae*, 23, pS143-S144.

Roach, J. (2 de septiembre de 2003). Are Plastic Grocery Bags Sacking the Environment? *National Geographic News*. Recuperado de http://news.nationalgeographic.com/news/2003/09/0902_030902_plasticbags.html

S. Ginting, M. H., Ramadhan T., M. F. y Singgih, A. M. (2015). Effect of Gelatinization Temperature and Chitosan on Mechanical Properties of Bioplastics from Avocado Seed Starch (*Persea americana* mill) with Plasticizer Glycerol. *The International Journal of Engineering And Science (IJES)*, 4(12), 36-43. Recuperado de: <http://www.theijes.com/papers/v4-i12/Version-2/F041202036043.pdf>

S. Ginting, M. H., Hasibuan, R., Lubis, M., Alanjani, F., Winoto, F. A. y Siregar, R. C. (2018). Supply of avocado starch (*Persea americana* mill) as bioplastic material.



IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 309, 1-6.
doi:10.1088/1757-899X/309/1/012098.

Solís-Ávila, K. y Martín C., M. (2016). Opciones de valor agregado para el aguacate y su potencial para articular encadenamientos productivos en Michoacán. *Realidad Económica*, 19(47-48), 46-52.

Unión Europea (2017). Recursos de URban Bio-waSte (CORDIS). Recuperado de https://cordis.europa.eu/project/rcn/206585_en.html

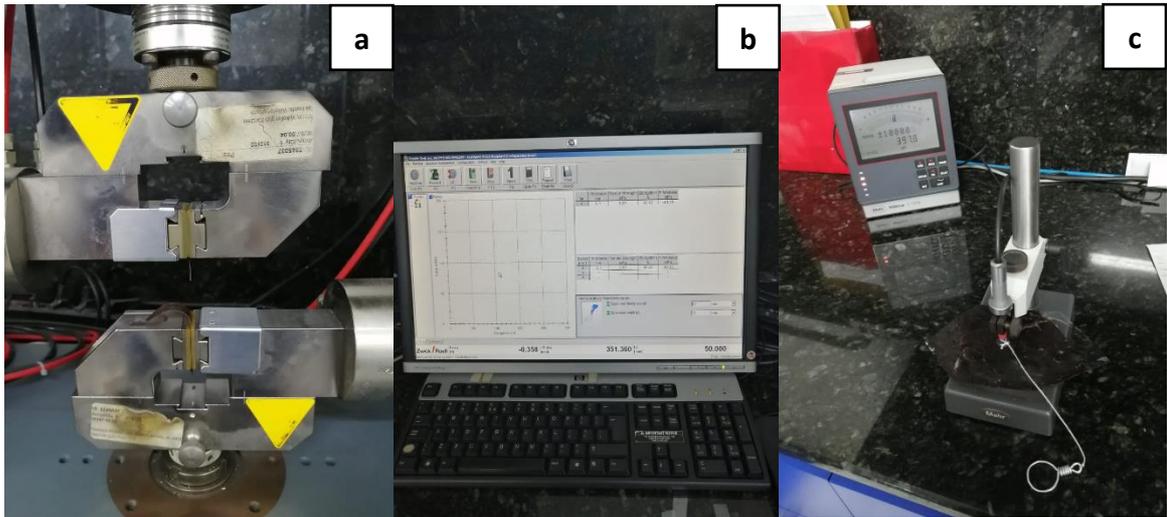
Valarezo U., M. J. (2012). Desarrollo de biopolímeros a partir de almidón de corteza de yuca, *Manihot esculenta* (tesis de pregrado), Universidad Técnica Particular de Loja, Loja, Ecuador.

Viera, A., Sotomayor, A., y Viera, W. (2016). Potencial del cultivo de aguacate (Persea Americana Mill) en Ecuador como alternativa de comercialización en el mercado local e internacional. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 3(3), 1-9.
Recuperado de: <http://repositorio.iniap.gob.ec/jspui/handle/41000/3856?mode=full>

Villavicencio V., A. y Vásquez C., W. (2008). Aguacate. *Guía técnica de cultivos*. Recuperado de <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/851>



Anexos



Análisis de: a,b) enlogación y permeabilidad y c) espesor de biopelículas.



Actividad 2.

Optimización del proceso de jabón artesanal “prieto” de Piñón (*Jatropha curcas L.*) mediante el estudio de la cinética de saponificación.

Responsable:

Ing. Q. Wilmer Ponce Saltos

Colaboradores:

MSc. Ing. Ricardo Baquerizo (Docente del Dpto. Procesos Químicos).

MSc. Ing. Yunet Gómez (Docente del Dpto. Procesos Químicos).

Egdo. Francisco Macías (Tesisista Ingeniería Química).

Egdo. Natalia Palacios (Tesisista Ingeniería Química).

Egdo. Pedro Vega (Tesisista Ingeniería Química).

Egdo. Anlly Vilcacundo (Tesisista Ingeniería Química).

Antecedentes:

Las aplicaciones que la *Jatropha curcas L.* posee son variadas, entre las que se destacan el control de plagas, biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos, utilidad medicinal y cosmética (Pabón y Hernández, 2012), extracción del aceite para la elaboración de biocombustibles y jabón (Torral, y otros, 2008) entre otros.

Los trabajos que se han encontrado en base a la elaboración del jabón a partir del aceite de *Jatropha Curcas L.* no incluyen el uso de alguna ceniza vegetal como fuente de álcali en la saponificación, sino que describen el proceso, como es el caso de Casanovas, *et. al.* (2015) con hidróxido de sodio y realiza una comparación con unas muestras de jabón Prieto como tal, es decir, realizado de manera artesanal.

El uso del jabón obtenido a partir del aceite de *Jatropha Curcas L.* no está limitado a Ecuador y a América Latina, en países como Portugal la producción de este jabón es comercial, es usado como una alternativa para las personas que presenten alguna reacción alérgica a los jabones comunes y en países del oeste de África como Zambia, Nigeria, Zimbabwe es comercializado como un jabón suave para lavar ropa, estos procesos excluyen las cenizas como fuente del álcali usando así hidróxido de sodio o potasio en solución (Shahinuzzaman, Yaakob, y Moniruzzaman, 2016).

Este protocolo fue aprobado el 26 de Junio del 2019, con acta de aprobación 007.

Objetivos:

Objetivo General.

Optimizar el proceso de producción de jabón prieto manipulando las condiciones de aprovechamiento de las materias primas (piñón y cenizas) y mediante el estudio de la cinética de saponificación.

Objetivos Específicos.

- Analizar la cinética de saponificación de jabón prieto comparándola con la cinética de saponificación utilizando reactivos puros.
- Establecer un procedimiento de producción de jabón prieto para ser utilizado en zonas rurales de Manabí.

Metodología:

Características del sitio experimental

Ubicación

Los ensayos se realizarán en el laboratorio de Bromatología y Calidad de la Estación Experimental Portoviejo del INIAP

Proporción lejía: material graso	Rendimiento de producción de jabón
----------------------------------	------------------------------------

Unidad experimental

Para el cumplimiento de los objetivos trazados en la investigación se presenta el siguiente experimento:

Evaluación de la cinética de saponificación de los materiales grasos en concentraciones diferentes.

Manejo específico del experimento y métodos de evaluación

Optimización de las materias primas:

- **Lejía**

Se quema el residuo seco en un recipiente hasta que se convierte en cenizas. La ceniza formada es expuesta a una lixiviación con agua para obtener una solución rica en hidróxidos. El estudio experimental consiste en conocer la proporción adecuada de cenizas y agua, así como el tiempo de retención en la lixiviación para obtener una lejía con mayor concentración de hidróxidos.

- **Material saponificable**



Se extrae el material graso a partir del piñón y se mezcla con agua caliente. Se mantiene en agitación hasta formar una mezcla homogénea lista para el proceso de saponificación. El estudio experimental consiste en conocer el tiempo y temperatura óptima para obtener una solución con alto contenido de material saponificable.

- **Obtención del jabón**

Se mezclan en proporción 1:1 la lejía y la solución grasa con agitación suave y constante hasta que la solución empieza adquirir mayor viscosidad, los tiempos de reacción están entre 01 h: 45, 03 h: 00 y 04:15. Se distribuye la solución en moldes y se deja secar. El estudio experimental consiste en analizar la cinética de saponificación y compararla con la cinética en la producción de jabón a partir de reactivos puros.

Análisis Físicoquímicos:

- **Concentración de hidróxidos.**

Se determinó mediante titulación volumétrica con Ftalato ácido de potasio o ácido clorhídrico valorado en su defecto (Christian, 2009). Para la cuantificación del Hidróxido de Potasio y de Sodio, se va a realizar mediante los métodos analíticos de la ANMAT (s.f) y alcalinidad libre de la NTE INEN 821.

- **Análisis de la cinética de saponificación.**

La cinética de saponificación se va a determinar mediante el siguiente modelo cinético:

$$\frac{dCa}{dt} = -k \times Ca^n$$

$\frac{dCa}{dt}$ = Cinética de reacción.

Ca= Concentración de reactivos.

K= Constante Cinética de reacción.

n= Orden de reacción.

Resultados

Parámetros cinéticos

Para la determinación de los parámetros cinéticos se estableció un volumen constante de las muestras en 200 ml o 0,2 L, además de una temperatura constante de 75°C, con los datos obtenidos se procedió a calcular el orden parcial de la reacción de saponificación para el reactivo de hidróxido de potasio (tabla 10).



Tabla 10. Parámetros cinéticos para obtener la velocidad de reacción.

Tiempo (min)	%alcalinidad libre	mol/l	Ln(mol/l)
0	6,7164	0,96247	-0,03825
125	2,3340	0,33447	-1,09522
150	1,3023	0,18662	-1,67867
175	0,1929	0,02764	-3,58839
200	0,1724	0,02471	-3,70074
225	0,114	0,01634	-4,11436
250	0,1128	0,01616	-4,12495
275	0,1128	0,01616	-4,12495

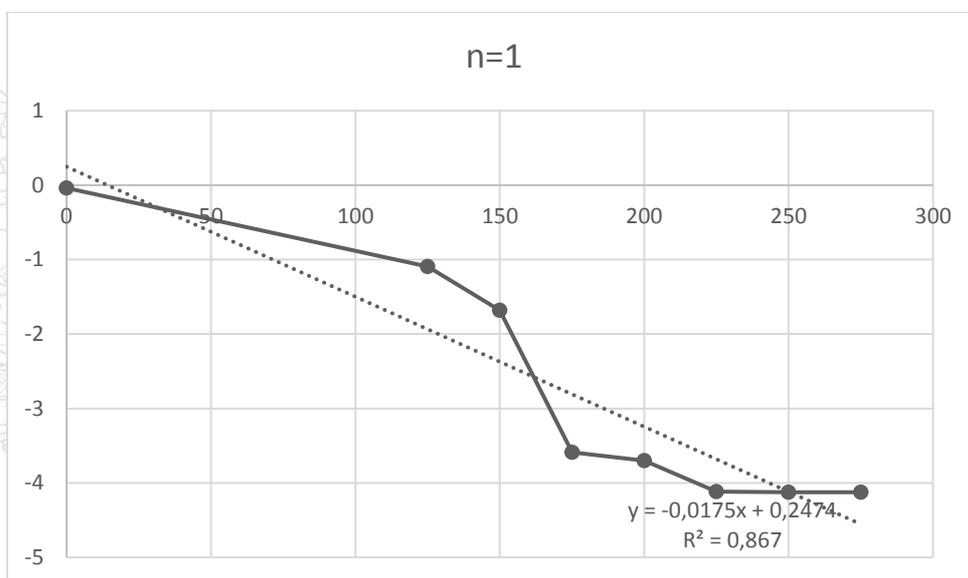


Gráfico 1. Cinética de la saponificación de la masa de cenizas con tiempo de reacción.

El orden parcial de la reacción, para el hidróxido de potasio en el proceso de saponificación con las semillas de *Jatropha Curcas L.*, es de primer orden, con una constante de velocidad de $k=0,0175s^{-1}$.

El proceso de obtención de jabón negro, con prácticas ancestrales y optimizado, se detalla a continuación:

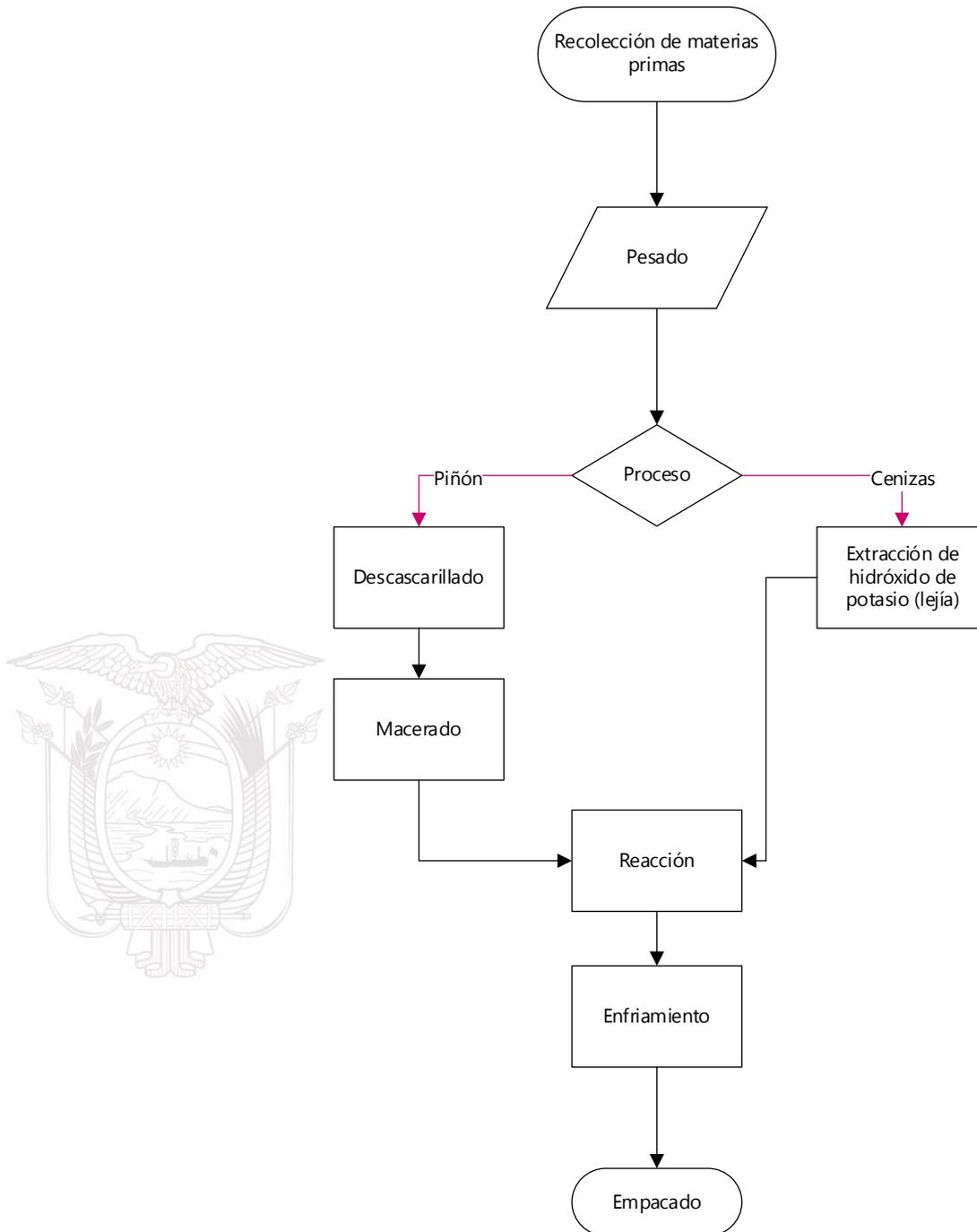


Diagrama 2. Proceso de saponificación de la optimización de jabón negro de *Jatropha curcas* L.

Conclusiones:

- La reacción de saponificación con agua alcalina de cenizas con la masa de jabón es de primer orden, con una constante de velocidad de $k=0,0175s^{-1}$.
- El proceso de saponificación se ha optimizado a través del tiempo de retención (extracción de lejía) y el tiempo de reacción.

Recomendaciones



Seguir con el estudio a través de la optimización y ajustes con otros materiales grasos.

Bibliografía.

ANMAT (Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica).
s.f. Farmacopea Argentina. Séptima Edición, Volumen II. República de la
Argentina. Recuperado en:
www.anmat.gov.ar/webanmat/fna/pfds/libro_segundo.pdf

Atkins, P., y De Paula, J. (2009). Elements of physical chemistry. Fifth edition. Oxford
University Press, USA.

Casanovas, E., Vera, H., y Mosquera, C. (2015). Tecnología Para La Producción
Artesanal Del Jabón Prieto De Jatropha Curcas L. *Revista Agrogeoambiental*, 97-
104.

Christian Gary D. (2009). Química Analítica. McGrawHill. 6ta Edición. Pág 266-279.

De la Cruz Salazar, M., & Fernandez, V. (2012). "Control De Calidad FisicoQuimico De
Jabones De Tocador En Barra, Comercializados En La Ciudad De Trujillo". 6.

INEN (2012). NTE INEN 821:2013. Agentes surfactantes. Determinación de alcalinidad
libre.

Pabón, L., & Hernández, P. (2012). Importancia Química de Jatropha Curcas y sus
aplicaciones biológicas, farmacológicas e industriales. *Revista Cubana de Plantas
Medicinales*, 194-209.

Saldarriaga, G., & Zambrano, E. (2014). Dosificación Óptima De Hidróxido De Sodio
Como Reactante De La Alcalinidad Del Jabón En Barra A Base De Piñón
(Jatropha curcas L.). 1-2.

Shahinuzzaman, M., Yaakob, Z., & Moniruzzaman, M. (2016). Medicinal and cosmetics
soap production from Jatropha oil. *Journal of Cosmetic Dermatology*, 1-9.

Toral, O., Iglesias, J., Montes, S., Sotolongo, J., García, S., & Torstl, M. (2008). Jatropha
curcas L., una especie arbórea con potencial energético en Cuba. *Pastos y
Forrajes*, 191-207.



Anexos

Cálculos de cinética de reacción química

Insumos	Cantidad
KOH	10,8g
Semillas	50g
Agua	100g
total	160,8g

%m/m	PM	Estequiometría	mol	mol/l
6,71641791	56,1056	gKOH/mol	0,19249415	0,96247077

n=1		n=2	
Tiempo (min)	Ln	Tiempo (min)	1/c
0	0,03825158	0	1,03899259
125	1,09522301	125	2,98984938
150	1,67867461	150	5,35844925
175	3,58838991	175	36,1757826
200	3,70074447	200	40,4774272
225	4,11436338	225	61,2132321
250	4,12494549	250	61,8644367
275	4,12494549	275	61,8644367



Actividad 3

Determinación de parámetros óptimos de extracción química del aceite de semilla del Algodón (*Gossypium hirsutum* L.)

Responsable: Ing. Q. Wilmer Ponce S.

Colaboradores:

Ing. Gabriel Segura (Maestrante de Ingeniería Agrícola- UTM)

Dr. Freddy Zambrano Gavilanes (Docente UTM)

Dr. Ernesto Cañarte (Entomología EEP).

M. Sc. Bernardo Navarrete (Entomología EEP).

Mgs. Benny Avellán (Transferencia de Tecnología EEP)

Ing. Rafael Sotelo (Técnico FAO-Proyecto + Algodón)

Antecedentes:

El cultivo de algodón (*Gossypium hirsutum* L.), es considerado como el oro blanco y contribuye significativamente a la economía de los países productores de esta fibra natural (Bozorov et al., 2018). Comercialmente es un cultivo de gran importancia por ser una de las plantas que produce la fibra más utilizada a nivel mundial, además su valor económico y social, siendo su producción destinada a la industria textil. Su semilla contiene entre 18-24% en grasa cruda, siendo esta su destino a la industria aceitera para la elaboración de aceite de cocina, así mismo la semilla del algodón contiene alto contenido de proteínas entre 20-40%, el cual es una fuente rica de alimento para el ganado (Bozorov et al., 2018; Faghani et al., 2018; Li et al., 2019). Su aceite es un ingrediente común en muchos alimentos procesados y en alimentos para animales.

Durante los últimos años la presencia de los aceites vegetales se ha incrementado en la elaboración de productos alimentarios, cosméticos, médicos, farmacéuticos y en la fabricación de biocombustibles (Baffes, 2010).

Aproximadamente el 60 % de lo que se cosecha en campo de este cultivo es peso en semillas de algodón.

En la extracción química de aceite se aplica dos procesos en la extracción, primero el de filtración y segundo de inmersión, y particularmente se produce la extracción del solvente fluyendo a una dirección opuesta a la semilla en recirculación hasta que se ha obtenido la mayor cantidad de aceite en el solvente saturado (micela), que se separa el aceite del solvente mediante el fenómeno de destilación (López, 2008). Con el objetivo de incrementar y favorecer un mayor rendimiento de extracción de aceite también se recurre al uso de disolventes como el hexano (Bueno-Ferrer, Garrigos y Jimenez, 2010).



López (2008) manifiesta que también se puede obtener la extracción a través del prensado en frío (discontinua) comprimiendo las semillas en un cilindro con orificios a través de un embolo; así mismo en una prensa mecánica a través de un tornillo sinfín.

Esta actividad ha sido aprobada a través de comité técnico con fecha 06 de mayo de 2020, mediante Acta de aprobación N° 016.

Objetivos:

Objetivo General:

Determinar los parámetros óptimos de extracción química del aceite de semilla del Algodón (*Gossypium hirsutum* L.).

Objetivo Específico:

-Validar la metodología de extracción de aceite de la semilla de algodón a través de n-hexano y etanol.

Metodología:

Ubicación

Los experimentos se realizaron en el laboratorio de Bromatología y Calidad de la Estación Experimental Portoviejo.

Factor en estudio

Los factores a estudiarse son los tipos de solventes a utilizarse como etanol y hexano, las variables de respuestas es el contenido de aceite, por efectos pandémicos sólo se usaron el hexano en ciertos tiempos.

Procedimiento

Fase 1:

Las semillas son provenientes de unos ensayos de la Universidad Técnica de Manabí en el campus La Teodomira, el proceso inicia una vez que la semilla llega al laboratorio de Bromatología y Calidad se ejecutó con la limpieza externa de las semillas de algodón, realizando los métodos de ablución, a través de ácido sulfúrico diluido en agua Oliveira, 2011) con diferentes niveles de concentración: 25%, 50%, 75%, en caso de no disponer ácido sulfúrico, se puede reemplazar con ácido acético y de esta manera acompañado a otro proceso de limpieza o con agua caliente.

Fase 2:

Una vez definida la limpieza de la semillas, se procede secarlas en la estufa hasta peso constante y luego a homogenizarla a través del molino de biomasa marca Thomas Scientific, minimizando la muestra, para luego colocar la masa en una bolsa sellada hecha



de papel filtro, donde se va a definir los tiempos de rangos desde 1 hasta 16 horas como lo concreta la ISO 659:2009 en la determinación de contenido de aceite en semillas.

Resultados:

En retirar asperezas, el más factible con el 75% con ácido sulfúrico, en ácido acético y ácido nítrico, no limpiaron satisfactoriamente.

En la tabla 11, el tiempo de 15 horas, tuvo un contenido de aceite de 31.6% como mayor porcentaje, y el tiempo de una hora el menor porcentaje (9,5%), en el grafico refleja la evolución del contenido en horas vs contenido de aceite.

Tabla 11. Contenidos de aceite de algodón en diferentes tiempos con la misma masa y volumen de solvente.

Tiempo (horas)	%	% ± σ
1	9,5	0,33
2	10,3	0,39
3	11,7	0,54
4	16,0	0,37
5	16,6	0,25
6	17,0	0,99
7	17,1	0,52
8	17,6	0,43
9	17,9	0,13
10	22,3	0,27
11	22,4	1,51
12	22,9	0,48
13	25,5	0,75
14	30,9	0,04
15	31,6	1,12



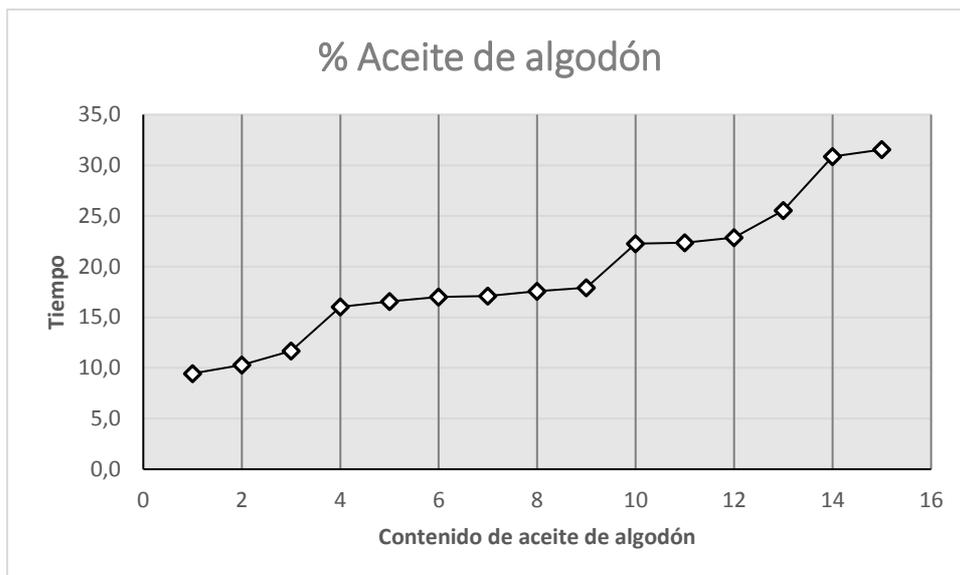


Gráfico 2. Evolución de contenido de aceite en diferentes tiempos.

Conclusiones:

- El ácido sulfúrico limpia las asperezas de una forma eficiente.
- En quince horas hay mayor contenido de aceite de algodón.

Recomendaciones:

Seguir desarrollando la metodología de validación de extracción de aceite..

Referencias:

Baffes, J. (2010). Markets for cotton by-products: Global trends and implications for african cotton producers. The World Bank.

Bozorov, T., Usmanov, R., Yang, H., Hamdullaev, A., Musavev, S., Shavkiev, J., Abdullaev, A. (2018). . Effect of water deficiency on relationships between metabolism, physiology, biomass, and yield of upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Journal of Arid Land*, Vol. 10: N° 3. Pág. 441-456.

Bueno-Ferrer, C., Garrigos, A., & Jimenez, A. (2010). Characterization and thermal stability of poly(vinyl chloride) plasticized with epoxidized soybean oil for food packaging. *Polymer Degradation and Stability*, 2207-2212.

El Productor. (27 de Abril del 2020). El Productor, El Periódico del campo. Obtenido de <https://elproductor.com>: <https://elproductor.com/el-algodon-ecuatoriano-enbusqueda-de-la-autosuficiencia/>



Faghani, E., Kolahi, M., Sohrabi, B., & Goldson-Barnaby, A. (2019). Anatomic features and antioxidant activity of cotton seed (*Gossypium hirsutum* L.) genotypes under different irrigation regimes. *Journal of Plant Growth Regulation*, 38(3), 883-896.

Li, P. T., Chen, T. T., Lu, Q. W., Ge, Q., Gong, W. K., Liu, A. Y., ... & Li, S. Q. (2019). Transcriptomic and biochemical analysis of upland cotton (*Gossypium hirsutum*) and a chromosome segment substitution line from *G. hirsutum* × *G. barbadense* in response to *Verticillium dahliae* infection. *BMC plant biology*, 19(1), 1-24.

López, W. (2008). Determinación de la Influencia de la Presión en un proceso de extracción de Aceite de Semilla de Algodón. (Proyecto de grado). Bucaramanga, Universidad Pontificia Bolivariana.

Oliveira, E. (2011). Composição físico-química de sementes de linhagens de algodoeiro herbáceo cultivadas em regime de sequeiro. *Agropecuária Técnica, Areia*, 32(1), 16-20.

Rousset, P. (2008). Guía técnica para la utilización energética de los aceites vegetales. Brasilia: CIRAD.

Vivero, J. (2018). Proyecto + Algodón Ecuador, Estadísticas 2018.

Anexos:

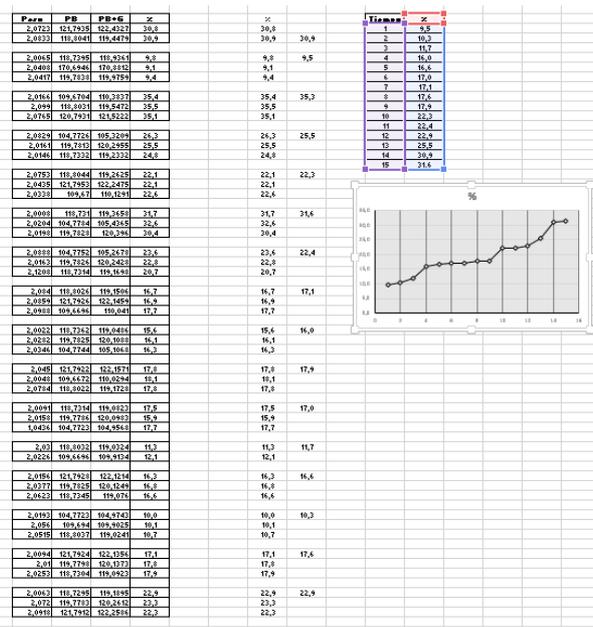


Imagen de hoja de cálculo de registro de datos



Actividad 4

Biodigestión anaeróbica de residuos del plátano variedad hartón (*Musa AAB Simmonds*) y caracterización nutricional del substrato bio-digerido.

Responsable: Ing. Q. Wilmer Ponce Saltos.

Colaboradores:

Dr. Freddy Zambrano Gavilanes (Docente de la UTM).

Ing. Luis Pinargote (Programa de Ganadería y Pastos - EETP)

Mg. Benny Avellán Cedeño (NDT- EEP)

Antecedentes:

El auge en la demanda del consumo energético en todo el planeta y la dependencia de fuentes de energía no renovable, así como los problemas ambientales asociados nos exigen la búsqueda de nuevas tecnologías y fuentes energéticas (Durazno, 2018). Para Gonzabay & Moisés (2016), el uso global de la energía ha ido aumentando desde la Revolución Industrial en forma creciente. Las fuentes principales de energía son los combustibles fósiles: carbón, gas natural y petróleo, que aportan entre el 75% y el 85% del total de la energía utilizada. Las reservas de combustibles fósiles son limitadas y a corto o mediano plazo, se necesitarán fuentes alternativas de combustibles. Entre ellos, los combustibles producidos biológicamente o biocombustibles.

Varios países son pioneros en la obtención de energía eléctrica a partir de la generación de biogás a través de procesos anaerobios como Alemania, Reino Unido y Dinamarca, esto indica que es una tecnología madura que puede ser transferida a los sectores industriales y rurales del país (Montenegro et al., 2016). Los subproductos agroindustriales y los residuos de cosecha constituyen en los países agrícolas una fuente importante de alimento, y en la mayoría de los casos, por falta de conocimiento y voluntad técnica, no son aprovechados de manera adecuada (López, 2016).

Los inóculos es una de las fuentes que lo genera es la producción animal, en particular la cría de rumiantes: bovinos, caprinos, ovinos, búfalos y camélidos. Estos animales digieren los alimentos mediante un proceso que se conoce como “fermentación entérica”, donde los microorganismos presentes en el aparato digestivo (rumen) fermentan los alimentos; esta fermentación libera hacia la atmósfera me-tano como subproducto. En los no rumiantes, la fermentación ocurre en el intestino grueso y las bacterias tienen una capacidad muy inferior de generar metano (McCaughey, Wittenberg, & Corrigan, 1999).



La biodigestión anaeróbica es un proceso biológico, que en ausencia de oxígeno y dado en varias etapas en las que intervienen distintas poblaciones de microorganismos, haciendo posible la transformación de la fracción orgánica de los RSU en biogás. El biogás, es una mezcla de gases, entre los cuales principalmente se encuentran el CH₄ (50-70%) y el CO₂ (30-50%) en mayor proporción, seguido de otros en menor proporción como lo son el vapor de agua, aire (N₂ y O₂) que puede entrar en la alimentación, NH₃ y compuestos de azufre (H₂S) que se forman durante el proceso. Se dice del biogás que es una fuente de energía secundaria, debido a que es un gas combustible que presenta una elevada capacidad calorífica, sobre 5.700 Kcal/m³, lo que le confiere unas muy buenas características como combustible para aprovechamiento en quemadores, turbinas, calderas, etc. Pudiendo generar a través de él, calor y electricidad, si se cuenta con las instalaciones adecuadas para ello (San Millán, 2018).

En la actualidad se han desarrollado métodos para la transformación de residuos en energía y así alcanzar la meta de conservación de los recursos y del ambiente. Una forma de obtener energía a partir de los residuos es mediante la digestión anaeróbica (Lijarza, 2017). El aprovechamiento de los residuos orgánicos generados por la agricultura constituye un aspecto básico a considerar para mejorar la viabilidad económica, el medioambiente y el propio sistema productivo (Roca-Pérez et al., 2017).

Con relación al Ecuador, al ser un país con gran potencial agrícola y ganadero, se puede obtener una gran cantidad de desechos (biomasa) que se pueden destinar a la generación de energías alternativa. Sin embargo, el uso de biogás para la generación de energía eléctrica no es una tecnología muy común en nuestro país (Durazno, 2018). Para Kummamuru (2016), actualmente la biomasa cubre el 14% de la demanda mundial de energía, pero es utilizado en procesos ineficientes donde no se aprovechan todos sus compuestos. De acuerdo al Ministerio de Agricultura y Ganadería en el país se generan al año una ingente cantidad de residuos, estos generalmente son quemados, abandonados en el sitio de producción o arrojados en los ríos, constituyéndose en un grave foco de contaminación para los ecosistemas por cuanto debido a su estructura lignocelulósica la biodegradación es lenta (Cueva, 2018).

Ecuador es un país agrícola en el cual se tienen 9 cultivos principales y entre los cultivos más importantes se encuentran el plátano (*Musa AAB Simmonds*) variedad "Hartón", de la familia de las Musáceas es de interés mundial por su alto contenido de almidón y



material lignocelulósico (Flor, 2017). Los residuos generados del cultivo de plátano son elevados, ya que en el país es masivo su consumo en especial en el área alimenticia (chiflerías), donde solo es de interés su fruto, desperdiciando las cascara y el raquis de la racima, donde es bueno darle un uso adecuado a todo ese material que se desperdicia en los basureros, un segundo uso como biogás actividad amigable con el medio ambiente; se estima, que por cada tonelada de fruto producido se generan aproximadamente 480 kg de hojas, 160 kg de tallo, 3 toneladas de pseudotallo y 440 kg de cáscara; una vez que el plátano cumplió su fase de producción se lo cosecha para diversos fines, quedando varios residuos como el pseudotallo, hojas, raquis y cascara esto varía de acuerdo a su fin, una vez cosechada esta permite el paso a una nueva planta (Medina et al., 2018). Para Giraldo y Montoya (2015), la mayoría de estos residuos producidos por el cultivo de plátano se quedan en campo como el pseudotallo en la época de verano servirá como fuente de humedad ya que esta constituido por liquido el mismo que humedece la zona donde se está descomponiendo, también sirven los residuos como rastrojos mismos que se descomponen por la acción microbiana y posteriormente se incorporan al suelo. Sin embargo, los residuos de plátano contienen una buena cantidad de lignocelulosas con un 34,10% lo que es la pulpa y 5,39% en la cascara, que pueden ser aprovechadas para la generación de energía.

La presente investigación es parte de la interacción entre la INIAP-EEP y la UTM, el mismo que se realizará como una alternativa para el manejo de los residuos del plátano variedad hartón y su caracterización nutricional del substrato biodigerido y sus potenciales resultados, como opción de uso de la biomasa residual.

Objetivos:

Analizar la biodigestión anaeróbica de residuos del plátano (*Musa AAB Simmonds*) variedad “Hartón” y caracterizar nutricionalmente el substrato biodigerido.

Metodología: Esta actividad se aprobó a través de ACTA DE APROBACIÓN N° 018 a través del comité técnico de la Estación Experimental Portoviejo, el experimento no se llevó a cabo por la Emergencia Sanitaria COVID-19, en el 2021 se va a proceder, sin embargo, se ejecutó una prueba semejante con yuca, que se lo realizó como actividad extra-POA.

Resultados:



Conclusiones:**Recomendaciones:****Referencias:**

Azevedo, F. G. (2010). Estudo das condições ambientais para produção de Biogás a partir de glicerol co-produto do Biodiesel. Mestrado em Engenharia Química, Universidade Federal de Pernambuco, Campus de Recife, PE, Área de Concentração Engenharia Química, Recife.

Cueva, C. C. (2018). Aprovechamiento de residuos de plátano, cacao y maíz como sustratos para la producción del hongo “pleurotus ostreatus”, en la comunidad la magdalena de Francisco de Orellana. Tesis de Grado, Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas, Pp. 87.

Durazno, C. A. (2018). Valorización de estiércol bovino y porcino en la producción de biogás en un biodigestor de producción por etapas. Tesis de Grado, Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca, Carrera de Ingeniería Ambiental, Pp. 86.

Flor, B. R. (2017). Evaluación de la composición de las biomásas residuales de plátano verde (*Musa spp*) y papa (*Solanum Tuberosum*) antes y después del proceso de extracción de almidón. Tesis de Grado, Universidad San Francisco de Quito (USFQ), Colegio de Ciencias e Ingeniería, Pp. 86.

Gavilanes, F. Z. (2017). Physic Nut Seed Cake Methanation and Chemical Characterization of Anaerobic Bio-digested Substrate. Waste and Biomass Valorization, Pp. 1267-1276, 10(5).

Giraldo, C. N., & Montoya, M. N. (2015). Caracterización de residuos de banano (pseudotallo y hojas) mediante análisis termogravimétrico para uso potencial como biocombustible sólido. Tesis de Grado, Universidad de Medellín, Facultad de Ingeniería, Ingeniería Ambiental, Pp. 94, Medellín - Colombia.

Gonzabay, V. A., & Moisés, S. M. (2016). Diseño y construcción de un biodigestor anaeróbico vertical semi continuo para la obtención de gas metano y biol a partir



de las cascarras de naranja y mango. Tesis de Grado, Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador, Carrera de Ingeniería Industrial, Pp. 85.

Kummamuru, B. (2016). WBA Global Bioenergy statistics 2017. . World Bioenergy Association.

Kunz, A., & Sulzbach, A. (2007). Kit Biogás portátil para análise de concentração de gás metano, amônia e gás sulfídrico em biogás. Embrapa Suínos e Ave. Concórdia-Brasil 2p.

Lijarza, G. Y. (2017). Producción de biogás a partir del estiércol de ganado vacuno y gallinaza durante el proceso de digestión anaeróbica a escala de laboratorio. Tesis de Grado, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Facultad de Recursos Naturales Renovables, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, Pp. 61.

López, G. C. (2016). Composición química y digestibilidad in situ de las cascarras de banano (*Musa paradisiaca*), Frejol Gandul (*Cajanus cajan*), y Maiz (*Zea mays*) colonizados con hongos (*Pleurotus sp*). Tesis de Grado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias pecuarias, Carrera de Ingeniería Agropecuaria, Pp. 80.

McCaughey, W., Wittenberg, K., & Corrigan, D. (1999) Impact of Pasture Type on Methane Production by Lacting Beef Cows. *Can. J. Sc.*, 79(2), 221-226.

Medina, M. J., Sánchez, H. M., Hidalgo, M. A., Jiménez, R. E., & Ruíz, S. T. (2018). Un estudio sobre el potencial del uso de residuos lignocelulósicos. *Revista, MICA*, Vol. 1, N.º 1, Pp. 6-23, México.

Montenegro, O. K., Rojas, C. A., Cabeza, R. I., & Hernández, P. M. (2016). Potencial de biogás de los residuos agroindustriales generados en el departamento de Cundinamarca. *Revista, ION*, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia, Vol. 29, N°2, Pp. 23-37.



Roca - Pérez, L., León, T. D., Andrade, C. J., & Boluda, H. R. (2017). Aprovechamiento de residuos orgánicos en distintos cultivos de Ecuador. Revista Científica, Axioma, Pg. 84-95, N.º 16.

San Millán, C. A. (2018). Estudio técnico sobre biodigestores anaeróbicos, aplicado al tratamiento de la fracción orgánica de los residuos municipales, Pp. 28.

Zambrano, G. F. (2018). PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DA TORTA DE PINHÃO MANSO (*Jatropha curcas* L.). Tesis Doctoral, Universidad Estatal de Londrina (UEL), Pp. 69.

Actividad 5

Aprovechamiento integral del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en el Litoral Ecuatoriano.

Responsable: Ing. Q. Wilmer Ponce Saltos.

Colaboradores:

Ricardo Limongi. M.Sc Maíz INIAP-EEP

Eddie Zambrano. M.Sc Maíz INIAP-EEP

Benny Avellan. Mg. NDT INIAP-EEP

Iván Samaniego. PhD. DNC INIAP-EESC

Carlos Moreira, Mg. IQ-UTM

María Riera, M. SC. IQ-UTM

María Mendoza, Mg. FCA-ULEAM

Fernando Sánchez, PhD. FIA-UTM

Valeria Ramírez. Mg. DIN-IIGE

Antecedentes:

El maíz (*Zea mays* L.) es un cultivo importante en que radica ser el segundo cereal (primero el trigo) a nivel mundial y a nivel nacional el más cultivado, y también el primer cultivo transitorio utilizado para el consumo alimenticio de animales y su diversificada aplicabilidad en la fabricación de materias primas en la industria energética y de biomateriales (MAGAP, 2013). La estimación de superficie sembrada de maíz amarillo duro en el Ecuador durante el primer período del año 2018 fue de 217.900,44 hectáreas; de éste total, la provincia de Manabí cubre una superficie de 79.590,62 hectáreas correspondiente a 37% (SIPA, 2019). Ecuador produce 1,2 millones de toneladas (t) de



maíz, dentro de las cuales 900.000 toneladas adquiere la industria nacional para la elaboración de alimento balanceado en la producción de aves, porcino, peces, etc. (Baca, 2016; Faustos, 2018).

Según S.I.P.A. (2020), emite datos en donde la mayor parte de la producción de maíz en el Litoral ecuatoriano está representada por híbridos comerciales de maíz duro amarillo, en donde la provincia de Manabí con una superficie de 1.606.465 ha totales, es una de las regiones más sobresalientes, y que tiene una superficie plantada y cosechada de 82.123 ha, con un rendimiento de 5,57 ton/ha de maíz duro, también se produce el maíz para el consumo en fresco (maíz choclo), con una superficie de 75 ha, con un rendimiento de 2,04 ton/ha, este último, es aplicado como una alternativa social-económica para pequeños agricultores de los valles irrigables del Litoral ecuatoriano, cuyas siembras se dan en diferentes sistemas de uso de la tierra a nivel de monocultivos o asociados con hortalizas (Alarcón et al. 2019) y en menor escala el uso de variedades criollas utilizados en muchos platos típicos de las poblaciones del Litoral ecuatoriano.

Bajo estos antecedentes, es preciso recalcar que en la generación de la cadena de valor del maíz a nivel nacional y zonal, no se aprovecha en su totalidad, en el caso del maíz amarillo duro, existen subproductos que no son considerados dentro de la cadena de valor, por ejemplo, el desarrollo de biocolorantes, bioalcoholes, etc., y que estos son aprovechables de una manera integral el grano, además de la cantidad de residuos de maíz que quedan después de las cosechas como hojas, tallo, tusa, etc. según Serrano *et al.*, (2017), en el Ecuador se generan más de 100.000 toneladas de residuos por año, y en su mayoría son quemados, dejando un impacto negativo hacia el ambiente.

En una indagación que realizó el Ministerio de Electricidad y Energías Renovable (MEER), actual Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables (MERNNR), en un estudio bioenergético, determinó 115.878,18 de toneladas de maíz duro se producen 52.145,18 toneladas de residuos, este resultado conlleva a calcular un potencial energético de 650,23 TJ¹ de energía bruta en base a un año (MEER, 2014), dentro de los residuos, se ha reportado que el tallo de maíz contiene aproximadamente de 30 a 50 % de arabinosilano y de 15 a 20 % de celulosa, que se pueden obtener azúcares que pueden ser aprovechados para la producción de bioetanol (Medina-Morales *et al.*,2018), los residuos

¹ TJ=Terajoule.



también tiene potencial de uso pirolítico, para generar otros combustibles, tanto líquido como sólidos (Ibarra-Ballesteros y Rueda-Ordoñez, 2017).

En la alimentación humana y animal, los compuestos estructurales y propiedades fisicoquímicas del grano de maíz, citándose como el almidón y gluten, aceite y el material fibroso son definitivos en la selección de productos y subproductos en la agroindustria. (Tobat y Colonia, 2013).

En conclusión, los granos de este cultivo a más de producir maíz para balanceado, podría ser también destinado para producir bioenergía, alimentación humana y animal, biomateriales, etc. y asimismo el aprovechamiento de los residuos, para la generación de alternativas y valor agregado que puedan aportar en el desarrollo del sector productivo a nivel nacional y local.

Objetivos:

Objetivo general

Determinar el aprovechamiento integral de la biomasa del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) para la generación de nuevas alternativas de valor agregado en el Litoral ecuatoriano.

Objetivos específicos

- Realizar la caracterización física, química y energética de la biomasa de maíz en el período de pos cosecha.

Metodología:

Este proyecto fue aceptado a través del ACTA DE APROBACIÓN N° 021 del Comité Técnico de la Estación Experimental Portoviejo.

En el primer trimestre, se hicieron análisis exploratorios de análisis de cenizas y densidad en todas las partes representativas de la biomasa residual de maíz blanco, variedad Nutrichoclo INIAP-543, con base seca.

En la densidad se llevó a una probeta volumétrica, y posteriormente a pesar en una balanza analítica.

Cenizas (ASTM D1102)

Es la cantidad no combustible presente en el material, se ejecuta durante 3 horas, a 575°C, se expresa en la siguiente fórmula:



$$\%Cenizas = \frac{(Peso\ de\ muestra\ inc.\ +\ crisol) - Peso\ de\ Crisol}{Peso\ de\ muestra} \times 100$$

Resultados:

Tabla 12. Análisis de biomasa residual de maíz en base seca.

Tipo de residuo	Cenizas (%)	Densidad (g/mL)
Hojas	8,03±0,44	0,195
Tallo	9,64±0,62	0,144
Mazorca (tuza)	2,38±0,026	0,214
Espiga	10,19±0,27	0,187
Raíz	54,54±0,57	0,467
Hojas de tallo	20,16±0,24	0,307

En la tabla 12, la raíz contiene un valor elevado de cenizas, mientras las tuzas reflejan el valor mínimo, asimismo en la densidad representa en la raíz, y en la densidad el tallo contiene menor densidad.

Conclusiones:

- La biomasa residual de maíz genera mayor contenido de cenizas en las raíces y asimismo en la densidad, las tuzas y el tallo generan menor cantidad de cenizas y densidad respectivamente.

Recomendaciones:

Seguir generando datos para tomar decisiones de valor agregado.

Referencias:

Alarcón Cobeña, F., Limongi Andrade, R., Zambrano, E., & Navarrete Cedeño, J. B. (2019). Desarrollo de una variedad de maíz tropical de grano blanco con calidad de proteína para consumo en fresco. Desarrollo de una variedad de maíz blanco con calidad de proteína.

ASTM D1102-84(2013), Standard Test Method for Ash in Wood, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2013, www.astm.org

Baca Guerrero, L. A. (2016). La producción de maíz amarillo en el Ecuador y su relación con la soberanía alimentaria (Bachelor's thesis, PUCE).

Ibarra-Ballesteros, J. C. y Rueda-Ordoñez, Y. J. Biomasa para el aprovechamiento energético. Una revisión de la caracterización y los modelos por descomposición termoquímica.

Obtenido

en:



https://www.researchgate.net/publication/324223970_Biomasa_para_el_aprovechamiento_energetico_Una_revision_de_la_caracterizacion_y_los_modelos_por_descomposicion_termoquimica/related

Medina-Morales, J. U., Sánchez-Herrera, M. L., Hidalgo-Millán, A., JimenezRu-íz, E. I., Ruíz-Sánchez, T. D. J., Espinoza-Rodríguez, M. Á., y Delgado-Delgado, R. 2018. Un estudio sobre el potencial del uso de residuos lignocelulósicos. REVISTA MICA, 1(1).

Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). (2019). Sistema de Información Pública Agropecuaria (SIPA). Recuperado el 18 de Febrero del 2020 en: <http://sipa.agricultura.gob.ec/>

Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). (2020). Sistema de Información Pública Agropecuaria (SIPA). Recuperado el 26 de Mayo del 2020 en: <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-agroproductivas>

Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP). (2013). Boletín situacional del maíz duro seco.

Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, MEER. 2014. Atlas Bioenergético del Ecuador. Instituto Nacional de Preinversión. Esin, Consultora S.A. 150 p.

Faustos, M. (jueves de Noviembre de 2018). El Comercio. Recuperado el 14 de Febrero del 2020, El Comercio: <https://www.elcomercio.com/actualidad/produccion-maiz-agricultores-ministerio-guayas.html>

Serrano, J., Mejía, W., Ortiz, J., Sánchez, A., & Zalamea, S. (2017). Determinación del Potencial de Generación Eléctrica a Partir de Biomasa en el Ecuador. *Revista de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad del Azuay*, 21.

Tovar, C. D. G., & Colonia, B. S. O. (2013). Producción y procesamiento del maíz en Colombia. *Revista Guillermo de Ockham*, 11(1), 97-110.



Anexos:

Hoja de cálculo de algunos análisis de residuos de maíz.

HOJAS DE MAIZ			
PESO:	MUESTRA 1	MUESTRAS 2	MUESTRA 3
crisol	18,25	18,5352	19,1152
muestra	1,0063	1,0118	1,0536
cenizas	18,3257	18,6283	19,1929
% de ceniza	7,522607572	9,201423206	7,374715262
% promedio de ceniza	8,032915347	Densidad promedio	0.195gr/ml
TALLO DE MAÍZ			
PESO:	MUESTRA 1	MUESTRAS 2	MUESTRA 3
crisol	19,9924	19,7416	18,8074
muestra	1,0678	1,0061	1,0611
cenizas	20,0969	19,8411	18,9055
% de ceniza	9,786476868	9,889672995	9,245122986
% promedio de ceniza	9,640424283	Densidad promedio	0.144gr/ml
MAZORCA DE MAÍZ			
PESO:	MUESTRA 1	MUESTRAS 2	MUESTRA 3
crisol	18,5964	19,6291	19,1419
muestra	1,0726	1,0952	1,051
cenizas	18,6216	19,6553	19,1671
%CENIZAS	2,349431288	2,392257122	2,397716461
% promedio de ceniza	2,379801624	Densidad promedio	0.214gr/ml
ESPIGA DE MAÍZ			
PESO:	MUESTRA 1	MUESTRAS 2	MUESTRA 3
crisol	18,8808	18,2499	18,9236
muestra	1,0273	1,0477	1,0078
cenizas	18,9851	18,3596	19,0238
%CENIZAS	10,1528278	10,47055455	9,942448899
%PROMEDIO DE CENIZA	10,18861042	Densidad promedio	0.187gr/ml
RAIZ DE MAIZ			
PESO:	MUESTRA 1	MUESTRAS 2	MUESTRA 3



crisol	18,1372	18,3421	18,5377
muestra	1,0041	1,0344	1,0305
cenizas	18,6801	18,9046	19,1064
%CENIZAS	54,06831989	54,37935035	55,18680252
%PROMEDIO DE CENIZA	54,54482425	Densidad promedio	0.467gr/ml
HOJAS DE TALLO			
PESO:	MUESTRA 1	MUESTRAS 2	MUESTRA 3
crisol	17,0492	19,357	18,9402
muestra	1,0721	1,0654	1,0419
cenizas	17,2682	19,5697	19,1496
%CENIZAS	20,42719896	19,96433265	20,09789807
%PROMEDIO DE CENIZA	20,16314322	Densidad promedio	0.307gr/ml





EXTRA-POA



Actividad:

Biodigestión anaeróbica de residuos de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) y caracterización nutricional del sustrato bio-digerido.

Responsable: Ing. Q. Wilmer Ponce Saltos.

Colaboradores:

Dr. Freddy Zambrano Gavilanes (Docente UTM).

Mg. Benny Avellan Cedeño (NDT-EEP)

Msc. Manuel Saltos Giler (Docente UTM)

Ing. Iván Pallo (Maestrante de Ing. Agrícola).

Antecedentes

El biogás, es un gas combustible que su composición varía según el tipo de materia prima y de la condición del digester. En general está compuesto de 50 a 75% de metano (CH₄), de 25 a 50 % de dióxido de carbono (CO₂) en conjunto con otros componentes como vapor de agua H₂O, sulfato de hidrógeno (H₂S) y amoníaco (NH₃) (Surendra *et al.*, 2014).

Los inóculos generalmente utilizados en el proceso de la biodigestión anaeróbica son lodos de plantas de tratamiento de aguas residuales o algunos materiales de origen animal, como el estiércol de ganado, entre otros. El tratamiento anaeróbico de desechos orgánicos sólidos con una alta concentración de sólidos se lleva a cabo en reactores anaeróbicos discontinuos, con un sustrato que contiene en promedio 20% (porcentaje en peso) de sólidos totales; en general, se puede aplicar para bioestabilizar varios tipos de residuos, principalmente de forma conjugada, en algunos casos aumentando la densidad bacteriana y en otros ajustando la relación C/N (Leite *et al.*, 2009).

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz), es muy producida a nivel mundial, con una producción alrededor de 203 millones de toneladas de raíces frescas con un rendimiento promedio de 10,9 t ha⁻¹ (FAO, 2006) la mitad de las hectáreas por áreas que se dedican a este cultivo, se encuentran en África, un 30% en Asia y un 20% restante se encuentra en América Latina (Ceballos *et al.*, 2004).

La yuca es catalogada como el tubérculo más importante dentro de este grupo de plantas de gran interés económico, su principal valor económico está en su órgano de reserva o



almacenamiento de energía, sus raíces tienen un valor nutritivo de gran importancia en la alimentación humana y animal, en algunas zonas rurales, su follaje es aprovechado para la alimentación de animales, mientras que en África se lo utiliza como verdura fresca para el consumo humano (Rivera-Hernández *et al.*, 2012).

Durante el procesamiento de la raíz de yuca, ya sea para almidón o industrialización en fresco se generan gran cantidad de residuos entre esos hojas, tallos, cortezas y efluentes líquidos, que si son liberados a la atmósfera por su alta concentración de ácido cianhídrico (HCN), resultante de la hidrólisis de los glucósidos cianogénicos presentes en la yuca y nutrientes pueden generar fuertes impactos ambientales (PERES *et al.*, 2018). Una alternativa para evitar esta contaminación es mediante la biodigestión anaeróbica, en el cual se aprovecha el biogás en la generación de energía y los afluentes para abono orgánico (biol) por su contenido de macro y micronutrientes, dando así un buen destino a estos residuos.

Objetivo

Evaluar la producción de biogás a partir de fibras de la yuca (corteza y fibra central) con diferentes inóculos (Biodigestión de estiércol bovino, porcino y de torta de piñón) y caracterización química de los substratos biodigeridos.

Metodología

Para el desarrollo de este experimento se utilizaron las instalaciones del laboratorio de Bromatología y Calidad, y el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Manabí.

Las fibras de yuca (corteza y cilindro central) fueron obtenidas de la asociación Autónoma Agropecuaria “Virgen de Monserrat”, en la Provincia de Los Ríos, cantón Valencia “Sector 6 de agosto-Segunda Banquera”, siendo utilizada la Variedad de yuca. Las fibras fueron secadas naturalmente y molidas con un molino de martillos eléctrico estacionario tipo Thomas Willey de 4 hp con una criba de 2 mm.

Inóculos

Para lograr alcanzar un buen funcionamiento estable y un proceso con alta producción de metano, es de vital importancia crear y mantener un ambiente que sea beneficioso para la



actividad de un consorcio bacteriano que sea adecuado, como los inóculos que provienen del aislamiento de bacterias o de los lodos de efluentes de la Biodigestión anaeróbica. Se utilizaron tres tipos de inóculos, a partir de la biodigestión: estiércol bovino, porcino y de torta de piñón. Las cantidades del inóculo fueron equivalentes al 10% del volumen total de las mezclas afirmado en estudios realizados por Raheman y Mondal (2012).

Biodigestión anaerobia

Según la metodología aplicada por Azevedo (2010) y Gavilanes *et al.* (2017) quienes utilizaron microbio digestores hechos con frascos de vidrio inyectable de tipo penicilina con un volumen de 50 ml, donde se colocaron los tratamientos, para luego quedar herméticamente cerrados con tapa de goma y sellados con un anillo metálico.

Para medir y almacenar el volumen de biogás, se utilizaron gasómetros con jeringas de 60 ml que fueron conectados a una manguera y aguja.

Los micro biodigestores fueron alimentados con diferentes mezclas conteniendo el 20% de solidos totales de las fibras de la yuca (yuca, corteza y fibra central) y un 10% de inoculo del volumen total de las mezclas.

Tabla 13. Mezcla de los tratamientos.

Tratamientos	Corteza g	Cilindro g	Agu a g	Peso Total g	Vol. cm ³	Inóculos	Vol. Inoc. cm ³	Vol. total cm ³
				23,5				
1	6,43	-	7	30,00	29,00	agua	2,90	32,90
				23,4				
2	-	6,52	8	30,00	29,00	agua	2,90	32,90
				23,5				
3	3,22	3,26	2	30,00	29,00	agua	2,90	32,90
				23,5		estiércol		
4	6,43	-	7	30,00	29,00	bovino	2,90	32,90
				23,4		estiércol		
5	-	6,52	8	30,00	29,00	bovino	2,90	32,90
				23,5		estiércol		
6	3,22	3,26	2	30,00	29,00	bovino	2,90	32,90



			23,5			torta	de		
7	6,43	-	7	30,00	29,00	piñón		2,90	32,90
			23,4			torta	de		
8	-	6,52	8	30,00	29,00	piñón		2,90	32,90
			23,5			torta	de		
9	3,22	3,26	2	30,00	29,00	piñón		2,90	32,90
			23,5			estiércol			
10	6,43	-	7	30,00	29,00	porcino		2,90	32,90
			23,4			estiércol			
11	-	6,52	8	30,00	29,00	porcino		2,90	32,90
			23,5			estiércol			
12	3,22	3,26	2	30,00	29,00	porcino		2,90	32,90

Luego de que se alimentaron los biodigestores, fueron sellados herméticamente con la tapa de goma y anillo metálico utilizando un alicate sellador.

Cuando los biodigestores estuvieron listos, fueron conectados a gasómetros para luego pasar a una cámara incubadora sin luminosidad a 30° C de temperatura. El proceso de biodigestión se efectuó durante 32 días. La producción de biogás en los gasómetros fue evaluada diariamente a través del desplazamiento del embolo de la jeringa, hasta terminar la actividad metanogénica.

Para la determinación del gas metano obtenido, se procedió a realizar la adaptación del método Orsat en Kit desarrollado por KUNZ y OLIVEIRA (2009), que consiste en un lavado del biogás en solución alcalina (16% de hidróxido de potasio en agua destilada). El Kit está compuesto por una jeringa de vidrio que es conectada por medio de un soporte que tiene otra jeringa plástica que contenía solución alcalina. Esta solución de Na OH entra en reacción con el CO₂, absorbiéndolo en solución como carbonato y bicarbonato. La diferencia que presenta entre los volúmenes iniciales y finales se ha utilizado para estimar la concentración de CO₂ y metano.

Resultados

Las diferentes mediciones de gas metano obtenidas en todos los tratamientos durante la biodigestión anaeróbica se muestran en Gráfico 3. Los tratamientos T8 (71,67 %CH₄),



T4 (71,67 %CH₄) y T12 (56,67 %CH₄) tuvieron mayores concentraciones de gas metano, diferenciándose de los demás tratamientos.

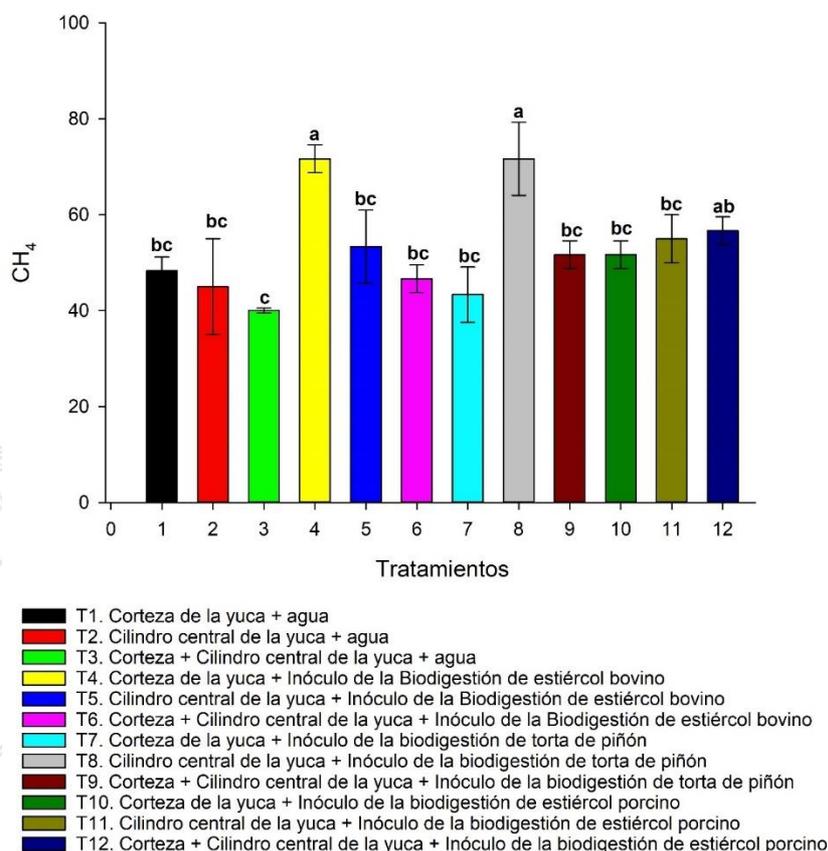


Gráfico 3. Porcentaje de gas metano medido la biodigestión anaeróbica de fibras de yuca.

Conclusiones

- Fue producido biogás a partir de fibras de yuca (corteza y fibra central) con diferentes inóculos (Biodigestión de estiércol bovino, porcino y de torta de piñón), durante 32 días totalizando 164,66 mL de biogás en el tratamiento que se utilizó el Cilindro central de la yuca + agua.
- La biodigestión del cilindro central de la yuca o de la corteza usando como inoculantes la biodigestión de torta de piñón o estiércol bovino producen 71,67 % de CH₄.

RECOMENDACIONES



Implementar esta práctica con el mejor resultado en campo, para dar base a la continuidad del trabajo en forma aplicada, a niveles escalados del biodigestor.

BIBLIOGRAFÍA

Azevedo, F. G. (2010). Estudio de las condiciones ambientales para la producción de Biogás a partir de glicerol co-producto del Biodiesel. Disertación en (Maestría en Ingeniería Química) - Universidad Federal de Pernambuco – Campus de Recife – PE – Área de Concentración Ingeniería Química, Recife, PE.

Ceballos H, Iglesias C, Pérez J, Dixon A. 2004. Cassava breeding: opportunities and challenges. *Plant Molecular Biology*, 56(4):503–516.

FAO, Enfoques. El mercado de almidón añade valor a la yuca. Disponible en: URL: <http://www.fao.org/AG/esp/revista/0610sp1.htm> 2006.

Gavilanes, F. Z., Guedes, C. L. B., Silva, H. R., Nomura, R. G., & Andrade, D. S. (2017). Physic Nut Seed Cake Methanation and Chemical Characterization of Anaerobic Bio-digested Substrate. *Waste and Biomass Valorization*, 10(5), 1267-1276.

Kunz, A., Sulzbach, A. Kit biogás portátil. Concórdia: EMBRAPA – CNPSA, 2007. 2p. http://www.cnpsa.embrapa.br/down.php?tipo=publicacoes&cod_publicacao=1068.

Leite, V. D; Povinelli, J. Comportamento dos sólidos totais no processo de digestão anaeróbia de resíduos sólidos urbanos e industriais. *Revista Brasileira de engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande – PB, v. 3, n. 2, p. 229-232, 1999.

Liu, J; Olsson, G; Mattiasson, B. On-line monitoring of a two-stage anaerobic digestion process using a BOD analyzer. *Journal of Biotechnology* 109, 263–275. 2004.

Peres, S., Monteiro, M. R., Ferreira, M. L., do Nascimento Junior, A. F., & Fernandez, M. D. L. A. P. (2019). Anaerobic Digestion Process for the Production of Biogas from Cassava and Sewage Treatment Plant Sludge in Brazil. *BioEnergy Research*, 12(1), 150-157.



Raheman, H; Mondal, S. Biogás producción potencial de Jatropha seed cake. India. 6p. 2012.

Rivera-Hernández, B., Aceves-Navarro, L. A., Juárez-López, J., Palma-López, D. J., González-Mancillas, R., & González-Jiménez, V. (2012). Zonificación agroecológica y estimación del rendimiento potencial del cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en el estado de Tabasco, México. *Avances en investigación agropecuaria*, 16(1), 29-47.

Sanderson, K. Evaluación de la eficiencia de la glicerina bruta, proveniente de la producción de biodiesel, en la obtención de biogás en codigestión con desechos porcinos. *Disertación Programa de Postgrado en Energía en la Agricultura. Serpiente de cascabel. Brasil. 47p. 2013.*

Surendra, K; Takara, D; Hashimoto, A; Khanal, S. Biogas as a sustainable energy source for developing countries: Opportunities and challenges. USA. *Renewable and Sustainable Energy Reviews. 31, 846–859. 2014.*

