



INIAP

**INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES
AGROPECUARIAS**

ESTACIÓN EXPERIMENTAL PORTOVIEJO



**LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA Y
CALIDAD**

INFORME TÉCNICO ANUAL

2019

INFORME ANUAL 2019

34. Departamento / Programa: Laboratorio de Bromatología y Calidad.

35. Nombre director de la Estación Experimental: Mgs. Eddie Ely Zambrano Zambrano.

36. Responsable del Departamento / Programa en la Estación Experimental: Ing. Q. Wilmer Hernán Ponce Saltos.

37. Equipo técnico multidisciplinario I+D:

4.1.1. Equipo Técnico INIAP:

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

Ing. Ramón Solórzano (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).

Ph.D. Iván Samaniego (Dpto. de Nutrición y Calidad – EESC).

38. Financiamiento: Gasto Corriente Estación Experimental Portoviejo, Financiamiento Fontagro)

39. Proyectos:

6.1. Estudio de obtención de un aceite vegetal formulado para uso agrícola.

Fuente de Financiamiento: Gasto Corriente Estación Experimental Portoviejo

Presupuesto: 2000,00 USD

Fecha de inicio: Abril 2018

Fecha de término: Diciembre 2019

6.2. 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 2019

6.3. 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

40. 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. Universidad Técnica de Manabí (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. Horacio Alfonso Sánchez Solórzano (Tesis Ingeniería Química)

Egdo. Pedro Vega (Tesis Ingeniería Química).

Egdo. Anlly Vilcacundo (Tesis Ingeniería Química).

41. Publicaciones:

8.1. Ponce W., Rosero E., Latorre G., Zambrano I., Zambrano C. y Viteri A. Aprovechamiento de la cáscara de piñón (*Jatropha curcas* L.) y paja de arroz (*Oriza sativa*) como biocombustible sólido en la elaboración de pellets. (Borrador).

8.2. Ponce W., Zambrano I., Zambrano y Viteri A. Biocombustibles sólidos (Pellets) a partir de Cáscara Piñón (*Jatropha curcas* L.) y Paja de Arroz (*Oryza sativa*). Tríptico (Por revisar).



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

Difusión científica:

Ponce W., Sánchez H., Riera M., Brito B., Viera W. y Zambrano E. (2019). Utilización de residuos del aguacate (*Persea americana*) en la obtención de bioplásticos. II Simposio Internacional Producción Integrada de Frutas 2019. Quito-Ecuador.

Ponce W., Muñoz X. y Delgado M. (2019). Estudio preliminar para el aprovechamiento del cordoncillo (*Piper aduncun L.*) en la Provincia de Manabí. Tercera Convención Científica Internacional UTM 2019/ IV Jornada Científica Internacional de Ciencias Agropecuarias. Portoviejo-Ecuador.

Delgado M., **Ponce W.** y Muñoz X. (2019).y Balance energético en el ciclo de producción de tres híbridos comerciales de maíz duro en tres localidades en la provincia de Manabí. Tercera Convención Científica Internacional UTM 2019/ IV Jornada Científica Internacional de Ciencias Agropecuarias. Portoviejo-Ecuador.

Alvarez E., Jadán C., Jadán F. y **Ponce W.** (2019). Fortificación de harina de trigo mediante combinación con harina de zarandaja en diferentes concentraciones. Tercera Convención Científica Internacional UTM 2019/ IV Jornada Científica Internacional de Ciencias Agropecuarias. Portoviejo-Ecuador.

Difusión técnica:

Zambrano E., Cobeña G y **Ponce W.** (03 de Abril del 2019) Presentación de Tecnologías Agroindustriales al Ministerio de Agricultura y Ganadería. Estación Experimental Santa Catalina. Pichincha-Ecuador. Expositor.

Ponce W., Jadán F., Jadán C. (2019). "*Enriquecimiento del pan y la harina a partir de la zarandaja*" en el Laboratorio de Bromatología y Calidad en los meses de Junio y Agosto del 2019. Portoviejo-Manabí. Expositor (51 estudiantes capacitados UTM).

Zambrano E., Cobeña G., Álvarez A., Avellán B. y **Ponce W.** (21 de Mayo del 2019). Casa Abierta "Oferta Tecnológica, como respuesta a la Reconversión de

cultivos por la problemática de PC en Palma Aceitera". Estación Experimental Santo Domingo. La Concordia-Santo Domingo.

Avellán B., **Ponce W.**, Macías E. (08 de Junio del 2019). III Festival provincial del maíz 2019. La Laguna. Charapotó-Manabí. Expositor.

Ponce W. y Mendoza A. (21 de Junio del 2019). Obtención de biodiesel a partir de aceite de piñón y Cultivos In Vitro en los laboratorios de Bromatología y Calidad y de Biotecnología de la Estación Experimental Portoviejo del INIAP. Portoviejo-Manabí. Expositor. (Estudiantes ULEAM capacitados)

Ponce W. y Avellán B. (27 de Junio del 2019). Casa abierta por el SEXAGÉSIMO QUINTO ANIVERSARIO de la Facultad de Ciencias Agrícolas en la Universidad Técnica de Manabí (UTM) en la Parroquia Lodana. Santa Ana-Manabí. Expositor.

Ponce W. (02 de Agosto del 2019). Visita técnica de estudiantes de observación de la carrera NUTRICION Y DIETÉTICA de la Universidad Técnica de Manabí al Laboratorio de Bromatología y Calidad de la Estación Experimental Portoviejo del INIAP. Portoviejo-Manabí. Expositor (57 estudiantes).

Avellán B., **Ponce W.**, Macías E. y López J. (14 de Septiembre del 2019).XV Expo Feria Agraria y emprendimientos de Charapotó 2019. Sucre-Manabí. Expositor.

Avellán B., **Ponce W.** y Romero D.(15 de agosto del 2019). Stand de difusión de tecnologías de agroindustria. Día de Campo del Manejo Integrado del cultivo de Algodón. Estación Experimental Portoviejo. Expositor

Ponce W. (20 de Septiembre del 2019). Conferencia del análisis bromatológico en la industria de alimentos. Estación Experimental Portoviejo. Expositor. (16 post graduados de Ing. Industrial).

Limongi R., Navarrete B., Mendoza A. y **Ponce W.** (19 de Noviembre del 2019). Liberación comercial de la nueva variedad de maíz blanco INIAP 543 - QPM con alta calidad de proteína para el consumo en choclo. Estación Experimental Portoviejo. Portoviejo-Manabí. Expositor.

Tesis de Pregrado

Sánchez H. (2019). “Utilización de residuos del aguacate (Persea americana) en la obtención de bioplástico”. Universidad Técnica de Manabí. Tesis de Ingeniería Química. Portoviejo-Manabí.

43. Propuestas presentadas:

Propuesta 1.

Título: Fortalecimiento de las cadenas de valor de productos agroalimentarios mediante la implementación de una planta piloto de procesamiento de alimentos, capaz de impulsar los emprendimientos artesanales y agroindustriales en Manabí.

Tipo propuesta: Proyecto.

Fondos o Convocatoria: FIEDS (Fondo Ítalo-Ecuatoriano).

Fecha presentación: 30 de Agosto del 2019.

Responsable: Mgs. Eddie Zambrano Zambrano.

Equipo multidisciplinario:

MSc.Ing. Gloria Cobeña.

Mgs. Ing. Benny Avellán.

Ing. Alma Mendoza.

Mgs. Ing. Julio López.

Mgs. Ing. Wilmer Ponce.

Presupuesto: \$997.345,00

Duración proyecto: 36 meses.

Estado: Presentado.

Fecha probable inicio ejecución: -

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

Actividad 1.

Obtención de un aceite vegetal formulado para uso como bioplaguicida.

Responsable:

Ing. Q. Wilmer Hernán Ponce Saltos.

Colaboradores:

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

Egdo. Annabelle Cedeño Giler (Tesisista Ingeniería Química).

Egdo. Pamela Cruzatty Arteaga (Tesisista Ingeniería Química).

Antecedentes:

La utilización de plaguicidas botánicos en la protección de los cultivos es una alternativa de control de plagas, que puede minimizar el uso de pesticidas sintéticos (Prakash *et al.*, 2008). Los primeros reportes de uso de los plaguicidas sintéticos se dan a principio del siglo XX (Casida y Quistad, 1998); usándose de forma indiscriminada, lo que ha provocado disturbios al ambiente, resurgimiento de plagas y estos con resistencia a los pesticidas (Silva *et al.*, 2002). Los bioplaguicidas surgen en el siglo XXI tratando de encontrar una alternativa “limpia” para el control de plagas y reducir el uso de los plaguicidas sintéticos, dado que muchas plantas son capaces de reaccionar con metabolitos secundarios que actúan como tóxicos contra las plagas que se quiera combatir; con la ventaja de no tener un efecto residual (Bravo *et al.*, 2010).

Entre los plaguicidas biológicos, están los aceites vegetales, que se han utilizado para controlar plagas. Para un eficiente control, estos aceites vegetales requieren de un emulsificante que permita formar una emulsión, capaz de ser usado en aplicación directa o mediante dilución con agua (Yúfera y Carrasco, 1976). El estudio de los emulsificantes es fundamental, ya que permiten coadyuvar el agua con el aceite vegetal, que son componentes esenciales de la formulación de los bioplaguicidas (Chávez *et al.*, 2014).

Hay especies vegetales que no intervienen en la seguridad alimentaria y crecen en zonas secas, de donde se pueden obtener aceites que tienen atributos de interés en la agroindustria de bioinsumos, una de ellas el piñón *Jatropha curcas* L. (Euforbiácea), se desarrolla desde cerca del nivel del mar hasta los 1500 m.s.n.m. (Mendoza *et al.*, 2008), cuyo aceite contenido en sus semillas es utilizado como biocombustible y bioinsecticida, ya que posee ésteres de forbol en su estructura lipídica (Ratnadass, *et al.* 2012).

Boateng y Kusi (2008), realizaron experimentos con aceite de piñón para el control del escarabajo de la semilla *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera) y su Parasitoide, *Dinarmus basalis* (Hymenoptera) en silos de granos de Caupí, mostrando actividad repelente.

Otra especie es la Higuera *Ricinus communis* L. (Euforbiácea). Su aceite extraído de las semillas, tiene propiedades insecticidas y se debe a su composición química como el Trans-2,8-dimetil-1,1-bis (metilio)-2-phenil-1,2-diidroazeto (2,1-b) quinazolina (Ramos,

2015), este mismo autor ha reportado el uso de este insecticida biológico para eliminar moscas, cucarachas y mosquitos.

Existen trabajos realizados en la Estación Experimental Portoviejo, sobre aceites vegetales formulados como bioplaguicidas como *screening*, generando resultados promisorios. Este trabajo se viene realizando desde el año 2018, con el nombre del protocolo “Obtención de un aceite vegetal formulado para uso como bioplaguicida” con fecha de aprobación a través del comité técnico mediante el acta 003 con fecha 04 de Mayo del 2018.

Objetivos:

Objetivo General.

Obtener un aceite vegetal formulado para potencial uso plaguicida.

Objetivos Específicos.

1) Evaluar el emulsificante ideal con diferentes dosificaciones para la formulación de aceite agrícola de piñón (*Jatropha curcas* L.) e higuierilla (*Ricinus communis* L.) para uso como bioplaguicida.

2) Realizar análisis económico de cada tratamiento estudiado.

Metodología: Este trabajo se viene realizando desde el año 2018, con el nombre del protocolo “Obtención de un aceite vegetal formulado para uso como bioplaguicida” con fecha de aprobación a través del comité técnico mediante el acta 003 del 04 de Mayo del 2018.

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

Factores en estudio

Los factores en estudio se realizaron mediante el aceite que lleva si y no el sistema de filtración, en piñón se usa las dosificaciones 2, 4 y 6% de emulsificante por ser menos viscoso y denso, en cambio el de higuierilla 6, 8 y 10% por ser más denso y viscoso.

Tabla 1. Factores de estudio de sistema de filtración, emulsificantes con sus respectivas dosificaciones.



	Piñón	Higuerilla
Factor	Niveles	Niveles
A	a1: Sin filtración	a1: Sin filtración
	a2: Con filtración	a2: Con filtración
B: Emulsificantes	b1:Nonil Fenol (4-(2,4-di metil-3 heptanil) fenol)	b1:Nonil Fenol (4-(2,4-di metil-3 heptanil) fenol)
	b2:Tween 85 (trioleato de sorbitán y polioxietileno)	b2:Tween 85 (trioleato de sorbitán y polioxietileno)
	b3:Tween 20 (Monolaurato de sorbitán y polioxietileno)	b3:Tween 20 (Monolaurato de sorbitán y polioxietileno)
Factor C Dosificaciones	c1:2%	c1:6%
	c2: 4%	c2:8%
	c3:6%	c3:10%
Testigo1	Agua + Aceite filtrado y no filtrado	Agua + aceite filtrado y no filtrado
Testigo2	Agua + Aceite filtrado y no filtrado	Agua + aceite filtrado y no filtrado

Unidad experimental

Contenido de vidrio con agua más el aceite de piñón e higuerilla formulado.

Tratamientos a evaluar

En la tabla 1 se presentan los tratamientos, producto de la combinación de los factores y niveles de estudio.

Tabla 2. Tratamientos, combinaciones de los factores y niveles de estudio en aceite de piñón.

N°	Filtración	Emulsificantes	Dosificaciones (%)
1	No filtrado	Nonil fenol	2
2	No filtrado	Nonil fenol	4
3	No filtrado	Nonil fenol	6

4	No filtrado	Tween 85	2
5	No filtrado	Tween 85	4
6	No filtrado	Tween 85	6
7	No filtrado	Tween 20	2
8	No filtrado	Tween 20	4
9	No filtrado	Tween 20	6
10	Filtrado	Nonil fenol	2
11	Filtrado	Nonil fenol	4
12	Filtrado	Nonil fenol	6
13	Filtrado	Tween 85	2
14	Filtrado	Tween 85	4
15	Filtrado	Tween 85	6
16	Filtrado	Tween 20	2
17	Filtrado	Tween 20	4
18	Filtrado	Tween 20	6
19	No filtrado	0	0
20	Filtrado	0	0

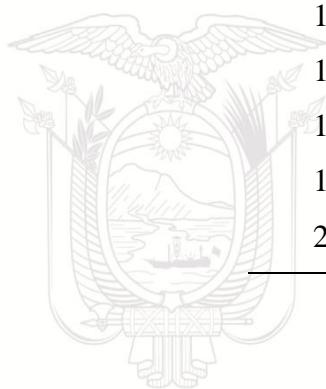


Tabla 3. Tratamientos, combinaciones de los factores y niveles de estudio en aceite de higuera.

N°	Filtración	Emulsificantes	Dosificaciones (%)
1	No filtrado	Nonil fenol	6
2	No filtrado	Nonil fenol	8
3	No filtrado	Nonil fenol	10
4	No filtrado	Tween 85	6
5	No filtrado	Tween 85	8

6	No filtrado	Tween 85	10
7	No filtrado	Tween 20	6
8	No filtrado	Tween 20	8
9	No filtrado	Tween 20	10
10	Filtrado	Nonil fenol	6
11	Filtrado	Nonil fenol	8
12	Filtrado	Nonil fenol	10
13	Filtrado	Tween 85	6
14	Filtrado	Tween 85	8
15	Filtrado	Tween 85	10
16	Filtrado	Tween 20	6
17	Filtrado	Tween 20	8
18	Filtrado	Tween 20	10
19	No filtrado	0	0
20	Filtrado	0	0

Materiales y equipos.

Balanza analítica.

Cromatógrafo de gases con sus materiales de apoyo.

Espectrofotómetro Pharo 100.

Estufa de convección forzada marca PRECISION.

Materiales de vidrio básico de laboratorio.

Microscopio Labomed Lx 500.

Multiparamétrico Bante 901 (conductímetro, pH, TDS y temperatura).

Plancha de calentamiento y agitación marca IKA.

Prensa hidráulica manual de 15 toneladas con cilindro tipo filtro.

Viscosímetro de Cannon-Fenske.

Reactivos.

Ácido cítrico.

Ácido Clorhídrico.

Agua destilada.



Buffer pH 4.01, pH 7 y pH 10.01.

Cloruro de Potasio.

Etanol absoluto.

Fenoltaleína.

Fosfato di ácido de Potasio.

Hidróxido de Potasio.

Reactivos para análisis cromatográfico (Estándar FAME, Hexano, agua bidestilada etc.)

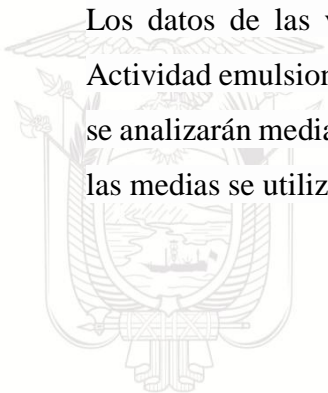
Sulfato de Zink.

Diseño experimental

Los valores paramétricos serán sometidos a un Diseño Completamente al Azar con un arreglo factorial de 2x2x3+2.

Análisis estadístico

Los datos de las variables Viscosidad Cinemática, Conductividad eléctrica, Índice de Actividad emulsionante, Índice de Estabilidad Emulsionante, Números y Tamaño de Gota se analizarán mediante el paquete estadístico Infostat; para determinar las diferencias entre las medias se utilizará la prueba de tukey al 5% de probabilidades.



Análisis de Varianza para piñón e higuera.

Fuentes de variación	Gl
Total	59
Tratamientos	19
Factor A:Filtración	1

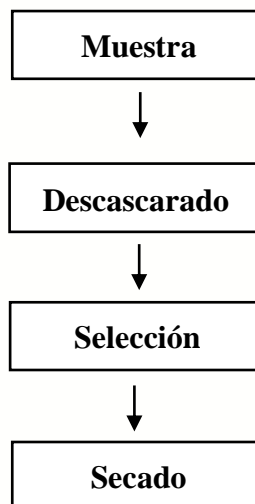
Factor B: Emulsificantes	2
Factor C: Dosis de emulsificantes	2
Filtración x Emulsificante	2
Filtración x dosis	2
Emulsificantes x dosis	4
Filtración x emulsificante x dosis	4
Testigo	1
Testigo + Filtración	1
Error E	40

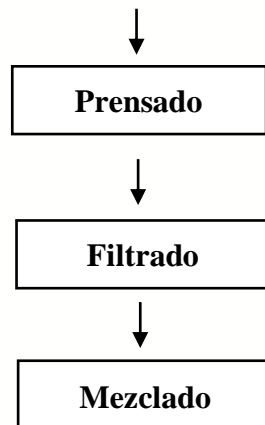


Manejo específico del experimento y métodos de evaluación

La recepción de la materia prima se lo realizará en saco de polietileno, el manejo del experimento se lo va a realizar mediante dos fases: Fase I proceso de extracción de aceite y fase II Mezclado de los emulsionantes.

Figura 1. Diagrama de proceso de obtención de aceite de Piñón (*Jatropha curcas* L.)





Proceso de extracción

El proceso de la materia prima de piñón e higuerilla, se lo realizó mediante los métodos de extracción por Rosseto *et al.* (2012) y Zambrano *et al.* (2015) en donde se efectúan:

Descascarado, selección y secado de granos

Se seleccionan aleatoriamente los granos de las muestras, después de ser descascarados, en el caso de las semillas de piñón e higuerilla se recoge 3 kg por triplicado y luego secado, la humedad se retira en una estufa de 101 a 105 °C durante el tiempo necesario, hasta que el peso de la muestra permanezca constante entre los dos pesajes.

Prensado

El prensado manual se realizó en una extractora discontinua o hidráulica con máximo 15 toneladas de presión en frío (Zambrano et al. 2015), así mismo otra muestra con la extractora mecánica continua tipo expeler con una capacidad de 80-100 Kg/h de semilla (Carrión y Castro, 2008). Ambas emitirán aceites con presencia de gomas (fosfátidos).

Filtrado y Desgomado

Una vez extraído el aceite, la mitad del producto se deriva con el desgomado de estos dos aceites (higuerilla y piñón), que consiste en agregar ácido cítrico del 0,2 al 0,7 % a una temperatura entre 60 a 90 °C durante un tiempo de 5 a 20 minutos en condiciones normales (Serna y Cruz, 2011). En el laboratorio de Bromatología, se determinará mediante análisis químicos del aceite recién extraído (aceite crudo) y del aceite filtrado, donde se tomarán el rendimiento que es el peso extraído del aceite de las especies en estudio. El Contenido de

Fósforo que se realiza siguiendo la metodología AOCS Ca-12-55 aplicable a aceites vegetales, crudos, desgomados y refinado, determina la presencia de fosfátidos, se usa la espectrofotometría que consiste en pesar 3g de aceite, más 0,5g de Óxido de Zinc, se incinera a 550 a 600 °C, luego se agrega 5 ml de ácido clorhídrico, se filtra, y es tomada una alícuota, y a es en donde se agregan 5 mL de KOH al 50%, enrazar a 100 ml, y se toman 10 mL, adicionan 8 ml de Sulfato de Hidracina, y 2 mL de Molibdato de Sodio, se calienta en baño maría en 10 min +/- 30 S, para aforar con agua destilada y se procede a verificar el valor arrojado por el espectrofotómetro, mediante la siguiente fórmula:

$$\text{PPM Fósforo} = (10(A-B)) / ((PM))$$

En el Índice de acidez se utilizó la metodología AOCS Ca-5a-40 que consiste en determinar los ácidos grasos libres existentes en una muestra de 7 gramos de aceite que se depositan en un matraz, añadiéndole 50 mL de alcohol absoluto y 2 ó 3 gotas de fenoltaleína agitando bien la mezcla y añadiéndole Hidróxido de Potasio (KOH) desde la bureta, gota a gota, hasta el aparecimiento y persistencia por 30 segundos del color rosa. Con los datos del volumen de KOH gastados, el factor del ácido graso (ácido oleico), la normalidad de KOH por el valor de 1.99 se calcula sobre el peso de muestra, se calcula el índice de acidez.

$$\text{Índice de Acidez} = \frac{C \times N \times 28,2}{PM} \times 1,99$$

Mezclado y Registro de datos:

El proceso de extracción de mayor rendimiento, con el aceite crudo o no filtrado (presencia de gomas) y refinado (filtrado), se procede a añadir los emulsificantes en diferentes dosificaciones hasta estabilizar, según Pearce y Kinsella (1978), Durán (2008), Kosegarten y Jiménez (2012), Chávez *et al.* (2014) se lo realiza mediante las siguientes variables:

a) Viscosidad Cinemática: se utilizó la ASTM D 445 (Viscosidad cinemática en líquidos opacos y transparentes) mediante un viscosímetro Cannon-Fenske, que es sumergido a 40°C indirectamente, donde se carga y genera la corrida de la muestra el tiempo en segundos, culminado el ensayo, se calcula con la siguiente fórmula:

$$\vartheta = C \times t$$

ϑ : Viscosidad cinemática, en mm²/s

C: Constante de Calibración del Viscosímetro en mm²/s²

t: Tiempo de flujo en segundos.

b) Conductividad eléctrica (CE): Mediante un conductímetro calibrado, se colocó la muestra mezclada, en las fracciones volumétricas determinadas por los emulsionantes, en donde se generan los resultados en mS/cm o $\mu\text{S/cm}$ por fracción volumétrica de la emulsión (Chávez et al. 2014).

c) Índice de Actividad emulsionante (IAE): Se basa en la dispersión de luz y la turbidez (γ) Pearce y Kinsella (1978) definieron el índice de actividad emulsionante (IAE) en m^2/g y se calcula según la expresión:

$$\text{IAE} = \frac{2x\gamma}{\emptyset x C}$$

\emptyset = fracción de volumen de fase aceite

C = concentración de la emulsión (mg/mL).

γ : 2.303 Absorbancia a 500 nm/ l (longitud de la trayectoria).

d) Índice de Estabilidad Emulsionante (IEE): Para medir el índice de estabilidad se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$\text{IEE} = \frac{\gamma X \Delta t}{\Delta \tau}$$

Donde:

Δt : tiempo de almacenamiento (min).

$\Delta \gamma$: es la variación de la turbidez.

e) Números y Tamaño de Gota: Isaacs y Chow (1992) y Fernández (2013), señalan que la observación directa o la fotografía en microscopía son los más simples y absolutos. Consiste en determinar el tamaño de partícula y se realiza en un microscopio Labomed Lx 500 con cámara para realizar las capturas, cuyas imágenes son validadas en el software Image J. en las unidades de μm .

Al final de obtenidos estos resultados, las muestras que presenten efectos positivos, se enviará al Departamento de Nutrición y Calidad de la Estación Experimental Santa Catalina para realizar los análisis de ácidos grasos incluidos isómeros Cis y Trans mediante cromatografía de gases, en el que se detalla a continuación:

Determinación del perfil de ácidos grasos: se realizó utilizando el método AOAC 996.06 (2005). Para el análisis se pesa 0,05 gramos de grasa o aceite en un tubo de ensayo tapa rosca de 10 mL, se adiciona 1 mL de solución de Hidróxido de potasio 0,5M en metanol y se calienta en un baño de agua a ebullición por 10 minutos, posteriormente se enfría y se adiciona 0,4 mL de solución de Ácido Clorhídrico 4:1 v/v en Metanol y se coloca en un baño de agua a ebullición por 25 minutos. Se enfría la muestra a temperatura ambiente y se adiciona 2 mL de agua bidestilada y 3 mL de hexano, se agita el tubo por 30 segundos en un vortex, se deja en reposo y se espera que se separen las fases orgánica y acuosa. Se recupera la fase orgánica en otro tubo de ensayo con tapa rosca y se repite este procedimiento por 3 ocasiones más. El extracto orgánico que contiene los esteres de ácidos grasos se concentra a sequedad con corriente de nitrógeno a temperatura ambiente, se redisuelve con 2 mL de hexano grado HPLC y se coloca en un vial de 2 mL ámbar para el análisis por cromatografía de gases (GC) acoplado a detector de ionización de flama (FID). La separación se realiza en una columna capilar SUPELCO SP TM 2560 de 100 m X 0,25 mm X 0,2 μm , utilizando una programación de temperatura del horno de columna de 140 $^{\circ}\text{C}$ x 5 minutos, incrementado la temperatura 4 $^{\circ}\text{C}$ /minuto hasta 240 $^{\circ}\text{C}$, utilizando helio como gas portador. La identificación se realizó por comparación de los tiempos de retención de los picos con sus respectivos estándares; para lo cual se utiliza un estándar SUPELCO FAME MIX de C4 a C24, y la cuantificación se realiza por el método de estándar externo comparando el área de la muestra con la de su respectivo estándar. El resultado se expresa como gramos de cada ácido graso por cada 100 gramos de grasa de piñón e higuerilla.

Resultados:

En tabla 4, tanto el aceite filtrado como el no filtrado de piñón en una superficie aproximada de 50 μm , se observó en la variable conteo que existen 6 rangos de diferencia estadística y en tamaño promedio 3 rangos de diferencia estadística. El que sobresalió, se derivó en el aceite no filtrado con nonil fenol con el mayor número de gotas con 6253,78 y con un diámetro promedio de 0.03 μm , mientras que en el filtrado con nonil fenol con un número de 8858.89 unidades de microgotas y un diámetro promedio de 0.03 μm . El de menor conteo de migrogotas, en la mezcla sin surfactantes con 2118 unidades de microgotas en

aceite no filtrado y un tamaño promedio de 0.55 μm y en filtrado 2493.33 unidades de microgotas formadas por la emulsión y un tamaño promedio de 0.47 μm .

Tabla 4. Resultados emitidos del aceite de piñón filtrado y no filtrado en el conteo y tamaño promedio en acción con 100 ml de agua. E.E. Portoviejo.2019.

Filtración	Emulsificantes	Conteo	Tamaño promedio
No Filtrado	Tween 85	4750,22d	0,04c
No Filtrado	Tween 20	5388,11cd	0,03c
No Filtrado	Ninguno	2118e	0,55a
No Filtrado	Nonil Fenol	6253,78c	0,03c
Filtrado	Nonil Fenol	8858,89a	0,03c
Filtrado	Ninguno	2493,33e	0,47b
Filtrado	Tween 85	7884,67ab	0,03c
Filtrado	Tween 20	6758,11bc	0,04c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes según Tukey $p > 0,05$

En la tabla 5, se observó en la variable conteo que constan 3 rangos de diferencia estadística y en tamaño promedio 3 rangos de diferencia estadística las dosificaciones de surfactantes en el aceite no filtrado. En las dosificaciones del 6% con una media de 6146, 89 unidades de microgotas de emulsión y un tamaño promedio de 0.03 μm y en el menor conteo sin dosificaciones con el número de 2118 unidades de microgotas con un tamaño promedio 0.55 μm . En el aceite filtrado, las dosificaciones de 6% generaron 9119.33 unidades de microgotas y un tamaño promedio de 0.04 μm .

Tabla 5. Resultados emitidos de dosificaciones de surfactantes en aceite de piñón en el conteo y tamaño promedio en acción con 100 ml de agua. E.E. Portoviejo.2019.

Filtración	Dosificaciones		Tamaño promedio
	(%)	Conteo	(μm)
No filtrado	0	2118c	0,55a
No filtrado	2	4782,33b	0,04c

No filtrado	4	5462,89b	0,03c
No filtrado	6	6146,89b	0,03c
Filtrado	0	2493,33c	0,47b
Filtrado	2	5945,11b	0,03c
Filtrado	4	8437,22a	0,04c
Filtrado	6	9119,33a	0,04c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes según

Tukey $p > 0,05$

En el aceite filtrado como el no filtrado de higuierilla en una superficie aproximada de 50 μm , en la tabla 6 se observó en la variable conteo que existen 8 rangos de diferencia estadística y en tamaño promedio 3 rangos de diferencia estadística. El que sobresalió, se derivó en el aceite filtrado con nonil fenol con el mayor número de gotas con 11280.33 y con un diámetro promedio de 0.02 μm , mientras que en el no filtrado un número de 6528 unidades de microgotas y un diámetro promedio de 0.02 μm . El de menor conteo de microgotas, en la mezcla sin surfactantes con 2285.33 unidades de microgotas en aceite no filtrado y un tamaño promedio de 0.08 μm y en filtrado 1987.67 unidades de microgotas formadas por la emulsión y un tamaño promedio de 0.35 μm .

Tabla 6. Resultados emitidos de dosificaciones de surfactantes en aceite de higuierilla en el conteo y tamaño promedio en acción con 100 ml de agua. E.E. Portoviejo.2019.

Filtración	Emulsificantes	Conteo	Tamaño promedio
			(μm)
No Filtrado	Tween 85	6514,22bc	0,12b
No Filtrado	Tween 20	4358,89cd	0,04b
No Filtrado	Ninguno	2285,33d	0,08b
No Filtrado	Nonil Fenol	6528bc	0,02b
Filtrado	Nonil Fenol	11280,33a	0,02b
Filtrado	Ninguno	1987,67d	0,35a
Filtrado	Tween 85	9499,33a	0,09b
Filtrado	Tween 20	8775,78ab	0,15ab



Medias con una letra común no son significativamente diferentes según Tukey $p > 0,05$

En la tabla 7, se observó en la variable conteo que constan 3 rangos de diferencia estadística y en tamaño promedio 2 rangos de diferencia estadística las dosificaciones de surfactantes en el aceite no filtrado. Donde mayor número de gotas, fueron en las dosificaciones del 8% con una media de 6159.44 unidades de microgotas de emulsión y un tamaño promedio de 0.06 μm y en el menor conteo sin dosificaciones con el número de 2285,33 unidades de microgotas con un tamaño promedio 0.08 μm . En el aceite filtrado, las dosificaciones de 8% generaron 10270.56 unidades de microgotas y un tamaño promedio de 0.08 μm , y menor número de conteo de gotas, es de 1987.67 unidades de microgotas con un tamaño promedio de 0.35 μm .

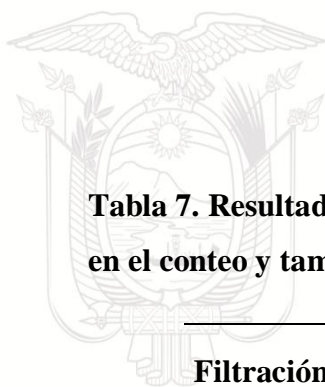


Tabla 7. Resultados emitidos de dosificaciones de surfactantes en aceite de higuera en el conteo y tamaño promedio en acción con 100 ml de agua. E.E. Portoviejo.2019.

Filtración	Dosificaciones (%)	Conteo	Tamaño promedio (μm)
No filtrado	0	2285,33c	0,08b
No filtrado	6	6052,67b	0,03b
No filtrado	8	6159,44b	0,06b
No filtrado	10	5189b	0,1b
Filtrado	0	1987,67c	0,35a
Filtrado	6	9395,22a	0,07b
Filtrado	8	10270,56a	0,08b
Filtrado	10	9889,67a	0,1b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes según tukey $p > 0,05$

El contenido de ácidos grasos son semejantes en el aceite formulado (tabla 8), el porcentaje de APC NF y APL NF sobresalen el ácido linoleico, que es un ácido graso poliinsaturado y el Elaídico (grasa monoinsaturada), cuyos principios activos aportan al desarrollo del medio acuoso como toxina lineal.

Tabla 8. Contenido de ácidos grasos en aceite formulado filtrado y no filtrado de piñón.

Nombre	Símbolo	APC NF (%)	APL NF (%)
Ácido Mirístico	c14	0,1	0,1
Ácido Palmítico	c16:0	15,1	15,0
Ácido Palmitoleico	c16:1	0,8	0,8
Ácido Heptadecanoico	c17:0	0,1	0,1
Ácido Estearico	c18:0	6,5	6,8
Ácido Elaídico	c18:1n9t	35,2	35,6
Ácido Oleico	c18:1n9c	1,1	1,1
Ácido Linoleico	c18:2n6c	40,4	39,9
Ácido Cis-11-Eicosenoico	c20:1	0,1	0,1
Ácido Linolénico	c18:3n3	0,2	0,2

APC NF: Aceite de piñón crudo + Nonil fenol

APL NF: Aceite de piñón limpio + Nonil fenol

El contenido de ácidos grasos son semejantes en el aceite formulado como están expuestos en la tabla 9, el porcentaje de AHC NF y AHL NF sobresalen el Ácido Linoleico, que es

un ácido graso poliinsaturado y el Ácido Esteárico que es una grasa saturado, pueden aportar como toxina lineal por la estructura misma.

Tabla 9. Contenido de ácidos grasos en aceite formulado filtrado y no filtrado de higuierilla. E.E. Portoviejo.2019.

Nombre	Símbolo	AHL NF (%)	AHC NF (%)
Ácido Mirístico	c14	12,1	11,4
Ácido Heptadecanoico	c18:1n9t	7,9	8,3
Ácido Esteárico	c18:1n9c	32,6	32,7
Ácido Elaídico	c18:2n6t	4,0	4,6
Ácido Linoleico	c18:2n6c	39,0	38,8
Ácido Cis-11-Eicosenoico	c18:3n3	2,2	1,9

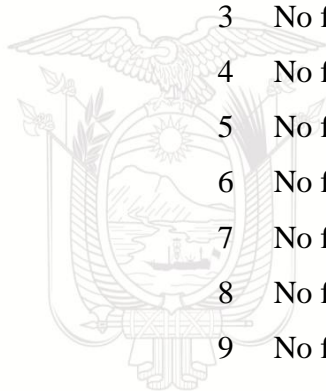
AHC NF: Aceite de higuierilla crudo + Nonil fenol

AHL NF: Aceite de higuierilla limpio + Nonil fenol

Los costos de la formulación de aceite de piñón e higuierilla formulado y no formulado, a nivel de laboratorio (Anexo 1 y tabla 10), se tomaron en cuenta los insumos en esa escala, reactivos como Tween 20 y Tween 85, tienen un costo considerable por ser grado reactivo y pueden variar en escala industrial, asimismo el procesamiento; el nonil fenol de 9 moles, se consiguen en las tiendas de ventas de productos químicos con fines cosméticos. El mayor costo se crea en el tratamiento Tween 20 al 6% con aceite filtrado en 100 ml de aceite de piñón, se genera un costo de \$9.61. El de menor costo, es el no filtrado en 100 ml de aceite de piñón al 2% de nonil fenol con un costo de \$1.78, y sin emulsionantes con aceite no filtrado \$1.77.

**Tabla 10. Costos por cada tratamiento en aceite de piñón. E.E. Portoviejo.2019.**

N°	Filtración	Emulsificantes	Dosificaciones	Costo total (\$)
1	Filtrado	Ninguno	0	7,12
2	No filtrado	Ninguno	0	1,77
3	No filtrado	Nonil fenol	2	1,78
4	No filtrado	Nonil fenol	4	1,79
5	No filtrado	Nonil fenol	6	1,79
6	No filtrado	Tween 85	2	2,44
7	No filtrado	Tween 85	4	3,11
8	No filtrado	Tween 85	6	3,78
9	No filtrado	Tween 20	2	2,60
10	No filtrado	Tween 20	4	3,42
11	No filtrado	Tween 20	6	4,25
12	Filtrado	Nonil fenol	2	7,13
13	Filtrado	Nonil fenol	4	7,14
14	Filtrado	Nonil fenol	6	7,15
15	Filtrado	Tween 85	2	7,79
16	Filtrado	Tween 85	4	8,47
17	Filtrado	Tween 85	6	9,14
18	Filtrado	Tween 20	2	7,95
19	Filtrado	Tween 20	4	8,78
20	Filtrado	Tween 20	6	9,61



El mayor costo se genera el tratamiento Tween 20 al 6% con aceite filtrado en 100 ml de aceite de higuerilla, se produce un costo de \$11.28. El de menor costo, es el no filtrado en 100 ml de aceite de piñón al 6% de nonil fenol con un costo de \$1.80 y sin presencia de surfactantes el costo de \$1.78 (tabla 11).

Tabla 31. Costos por cada tratamiento en aceite de higuerilla. E.E. Portoviejo.2019.

N°	Filtración	Emulsificantes	Dosificaciones	Costo total (\$)
1	Filtrado	Ninguno	0	7,14
2	No Filtrado	Ninguno	0	1,78
3	No Filtrado	Nonil fenol	6	1,80
4	No Filtrado	Nonil fenol	8	1,81
5	No Filtrado	Nonil fenol	10	1,82
6	No Filtrado	Tween 85	6	3,79
7	No Filtrado	Tween 85	8	4,46
8	No Filtrado	Tween 85	10	5,14
9	No Filtrado	Tween 20	6	4,26
10	No Filtrado	Tween 20	8	5,09
11	No Filtrado	Tween 20	10	5,92
12	Filtrado	Nonil fenol	6	7,17
13	Filtrado	Nonil fenol	8	7,18
14	Filtrado	Nonil fenol	10	7,18
15	Filtrado	Tween 85	6	9,16
16	Filtrado	Tween 85	8	9,83
17	Filtrado	Tween 85	10	10,50
18	Filtrado	Tween 20	6	9,62
19	Filtrado	Tween 20	8	10,45
20	Filtrado	Tween 20	10	11,28

Conclusiones:

- El emulsificante ideal estudiado en las variables de tamaño de gota y tamaño promedio es el nonil fenol (4-(2,4-di metil-3 heptanil) fenol), en el piñón con una dosificación de 6% en aceite filtrado. En higuierilla con una dosificación de 8% de nonil fenol en aceite filtrado.
- En el análisis económico, en el proceso de formulación con aceite de piñón, el de menor costo se obtuvo en \$1.78 y en el procesamiento con aceite de higuierilla \$1.80.

Recomendaciones:

- Realizar un estudio de analito secundario que defina el antinutriente que actúa como medio de bioplaguicida.
- Seguir este estudio, para definir la tensión superficial del producto.

Referencias:

ASTM International. (1990). Standard Test Method for Kinematic Viscosity of Transparent and Opaque Liquids (and Calculation of Dynamic Viscosity).

Aguirre L. (2016). Determinación del porcentaje de viabilidad y tiempo de vida útil de tres bioplaguicidas (Trikofun, Nemakill y Baulkil) producidas por Mikroben del Departamento de Fitopatología de la Facultad de Recursos Naturales ESPOCH (Tesis de Bioingeniería Ambiental), Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).

Boateng, B y Kusi, F. (2008). Toxicity of jatropha seed oil to *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) and its parasitoid, *Dinarmus basalis* (Hymenoptera: Pteromalidae). *Journal of Applied Sciences Research*, 4(8), 945-951.

Bravo, M., Rivera, D., Ale, N., Huamán, J., Muñoz, P., Rodríguez, M., y Delmás, D. Obtención de plaguicidas naturales a partir de semillas de chirimoya (*Annona cherimolia* Mill.) Y GUANÁBANA (*Annona muricata* L.). *Revista Peruana de Química e Ingeniería Química*, 13(2), 96-103.

Carli, M., Coelho, F., y Silva, O. (2009). Guía técnica para la utilización energética de los aceites vegetales. Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agropecuaria para el Desarrollo (CIRAD).

Carrión Matamoros, L. M., y Castro Puento, V. D. (2008). Diseño y construcción de una máquina extractora de aceite de semillas para la elaboración de biodiesel (Tesis de Grado, QUITO/EPN/2008).

Casida, J., y Quistad, G. (1998). Golden age of insecticide research: past, present, or future? Annual review of entomology, 43(1), 1-16.

Chávez, G., Parra, I., Luzardo, M., Bravo, B., Delgado, N., y Márquez, N. (2014). Influencia de variables de formulación en la viscosidad de emulsiones de surfactante aniónico-aceite-agua. Química Nova, 37(2), 200-208.

Durán F. (2008). Ciencia, tecnología e industria de alimentos. Grupo Latino Editores. pag. 299.

FAO. s.f. Perspectivas para el medio ambiente. Agricultura y medio ambiente. Consultado el 03/04/2018 en

<http://www.fao.org/docrep/004/y3557s/y3557s11.htm>

Fernández, A. (2013). Preparación, caracterización y estabilidad de emulsiones y microemulsiones O. Granada, España.

González, F. (2010). Aplicación de hidrotalcitas como adsorbentes para la reducción de la contaminación por plaguicidas de aguas y suelos (Tesis Doctoral, Universidad de Córdoba).

Isaacs, E., y Chow, R. (1992). Practical aspects of emulsion stability.

Kosegarten, C., y Jiménez, M. (2012). Factores principales que intervienen en la estabilidad de una emulsión doble. Puebla, México: Departamento de Ingeniería Química, Alimentos y Ambiental, Universidad de las Américas.

Mendoza, H., Cañarte, E., Rodríguez, M., y López, J. (2008). El piñón (*Jatropha curcas* L.) una alternativa de cultivo para zonas marginales secas. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Plegable divulgativo N° 341.

Método Oficial AOCS Ca 5a-40. Ácidos Grasos Libres.

Método Oficial (AOCS Ca-12-55). Determinación de Fósforo.

Pimentel D., y Levitan L., (1986). Pesticides: Amounts applied and amounts reaching pests. Often, less than 0.1% of pesticides applied to crops reaches target pests. BioScience. 36, 2, p. 86-91.

Prakash, A., Rao, J., & Nandagopal, V. (2008). Future of botanical pesticides in rice, wheat, pulses and vegetables pest management. Journal of Biopesticides, Vol. 1(2), pag. 154-169.

Ramos E. (2015). Obtención de un insecticida biológico a partir de la Higuierilla (*Ricinus communis* L.), Machala 2014 (Bachelor's thesis, Machala: Universidad Técnica de Machala).

Ratnadass, A., y Wink, M. (2012). The phorbol ester fraction from *Jatropha curcas* seed oil: potential and limits for crop protection against insect pests. International journal of molecular sciences, 13(12), 16157-16171.

Rosseto, R., Santos, R., Bassegio, D., Secco, D., de Souza, S., Chaves, L., y Fornasari, C. H. (2012). Efeito da secagem na extração de óleos em plantas com potencial energético. Acta Iguazu, 1(1), 69-77.

Ruiz R., Ruiz J., Guzmán S., y Pérez E. (2011). Manejo y control de plagas del cultivo de tomate en Cintalapa, Chiapas, México. Revista internacional de contaminación ambiental, 27(2), 129-137.

Serna A. y Cruz F. (2011) Composición que comprende aceites con menor tendencia al oscurecimiento para aplicación en freído industrial y su proceso de obtención. Patent WO 2011080531 A1.

Silva, A., Lagunes, T., Rodríguez, M., y Rodríguez, L. (2002). Insecticidas vegetales: una vieja y nueva alternativa para el manejo de plagas.

Yanggen, D., Crissman, C. y Espinosa, P. (Eds.). (2003). Los plaguicidas: impactos en producción, salud y medio ambiente en Carchi, Ecuador. Editorial Abya Yala.

Yúfera P. y Carrasco J. (1976). Química agrícola II plaguicidas y fitorreguladores.

Zambrano, F., Delgado, K., Silva, H., Nomura, R. B., Souza, D., y Andrade, C. Z. (2015). Extração e avaliação do óleo de pinhão manso (*Jatropha Curcas* L.) oriundo das cercas vivas de Manabí Ecuador. Revista Brasileira de Energías Renováveis, 4(1).

Anexos:

Anexo 1. captura de matrices para la evaluación de costos.

Equipos	COSTO	MANTENIMI ENTOM CALIBRACI	VIDA ÚTIL (AÑOS)	DEPR ECIACI /AÑO	DEPRECIACI /MENSUAL	POR HORA
Extractora manual	952	50	10	95,20	12,10	0,08
Hot plate	800	50	10	80,00	10,83	0,07
BALANZA ANALÍTICA	2.500,00	50	10	250,00	25,00	0,16
Bomba de vacío	800,00	50	10	80,00	10,83	0,07

INSUMOS	TIPO/FUNCIÓN	PRESENTACI	UNIDAD	COSTO	VIDA ÚTIL (AÑOS)	DEPRECIACI
Agitador magnético	AGITAR	UNIDAD	UNIDAD	25	5	0,0017
Papel filtro	RETENER SOLIDO	100 UNIDADES	UNIDAD	50	1	0,0171
Matraz kitazato con alargadera y ml	Contener liqido	500 ml	ml	60	3	0,0068
Vaso de precipitado	Contener liquido	500 ml	ml	20	3	0,0023
REACTIVOS	PRESENTACI	COSTO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	RENDIM	COSTO aceite
Ácido cítrico	1Kg	2,5	0,005	0,0125		

MATERIA PRIMA	Costos	PRESENTACI	COSTO	RENDIM	COSTO aceite
Granos de piñón	16	45,45	0,35	12,18%	0,043
Granos de higuera	20	45,45	0,44	20,08%	0,088

Recurso eléctrico

Equipo	Consumo (V)	Consumo (kwh)	Costo	Costo total
Hot plate	1020,00	0,25	0,09	0,024
BALANZA ANALÍTICA	3,00	0,00	0,00	0,000
Bomba de vacío	1200	0,33	0,09	0,030

RECURSO HUMANO

TIPO RECURSO	CARGO	VELO MENSUEL	REBTO HORA
TÉCNICO LABORATORIO	Aspirante a investigador	\$ 901,00	##### \$ 7,79
SUELDO BÁSICO UNIFICADO		394	

Denominación	Nº	Sueldo Mensu	Total M	Total Anual
Operadores	1	901	901	10812
Subtotal			901	10812
Carga Social:				
Decimo Tercero	1	75,1	75,1	901
Decimo Cuarto	1	32,8	32,8	394
Fondo de Reserva	1	75,1	75,1	901
Vacaciones	1	75,1	75,1	901
Aporte al IESS	1	88,9	88,9	1043,4
Subtotal				4140,4
Total				1245,0

Actividad	Tarea	Recurso	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Costo total	Costo acumulado	
Aceite no filtrado	Extracción de Aceite Piñón	lenado y extracción piñón	Extractora	0,25	hora	0,08	0,02	
		Aceite de piñón	Extractora	0,25	hora	0,043	0,01	
		Manipulación	Técnico laboratorio	0,25	hora	7,798	1,95	
Aceite no filtrado	Extracción de Aceite Higuera	lenado y extracción piñón	Extractora	0,25	hora	0,08	0,02	
		Aceite de higuera	Extractora	0,25	hora	0,088	0,02	
		Manipulación	Técnico laboratorio	0,25	hora	7,798	1,95	
Aceite filtrado	DESGOMADO	Pesado	Balanza	0,25	hora	0,16	0,04	
		REACCIÓN	Técnico laboratorio	0,25	hora	7,79	1,95	
		Hot Plate	Hot Plate	0,33	hora	0,07	0,02	
		Ácido cítrico	Ácido cítrico	0,005	kg	2,50	0,01	
		FILTRACIÓN	Técnico laboratorio	0,25	hora	7,79	1,95	
		Bomba de vacío	Bomba de vacío	0,25	hora	0,07	0,02	
		Papel filtro	Papel filtro	0,01	Unidad	50,00	0,50	
		Matraz kitazato con alargadera	Matraz kitazato con alargadera	0,25	hora	0,01	0,00	
		Consumo de energía	Energía	Equipos eléctricos	1,00	Unidad	0,05	0,05
		Total aceite filtrado						8,48
Total aceite filtrado						8,48		

MEZCLADO	Recurso	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Costo total
MEZCLADO	Técnico laboratorio	0,02	hora	7,79	0,13
	Hot Plate	0,02	hora	0,07	0,00
	Vaso de precipitado	0,02	hora	0,0023	0,00
		0,00	Unidad	0,00	0,00



Actividad 2.

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).

Egdo. Horacio Alfonso Sánchez Solórzano (Tesisista Ingeniería Química)

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 (cáscara y semilla).

Variable dependiente: Calidad del bioplástico.

Unidad experimental

Se trabajará con los residuos del procesamiento del aguacate. Específicamente la semilla y la cáscara 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.

Diseño experimental

Se trabajará con un arreglo 2^3 . De manera que:

$$2^3 = 2*2*2 = 8$$

Los factores son: Cantidad de almidón (g), cantidad de celulosa (g) y cantidad de plastificante (mL). Los dos niveles se fijaron tomando en consideración valores empleados en estudios anteriores. En todas las experimentaciones se disolvió la celulosa en 20 mL de una solución de ácido acético al 2% (Lubis et. al., 2016). Se realizarán además 3 repeticiones para cada tratamiento, para un total de 24 corridas. El diseño de experimentos queda planteado como se muestra en la Tabla 12.

Tabla 12. Diseño de Experimentos

Almidón (g)	Celulosa (g)	Glicerina (mL)
5,00	2,40	8,00
5,00	2,40	12,00
5,00	1,25	8,00
5,00	1,25	12,00
8,00	1,25	8,00
8,00	2,40	12,00
8,00	1,25	12,00
8,00	2,40	8,00

Análisis estadístico

Se realizó prueba no paramétrica mediante la prueba U de Mann Withney y empleando el software SPSS.

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 13).

Tabla 43. Caracterización del almidón

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 amilpectina (%)	Espectrofotometría

- 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 pesó hasta peso constante. Se determinó el porcentaje de humedad por diferencia de peso.

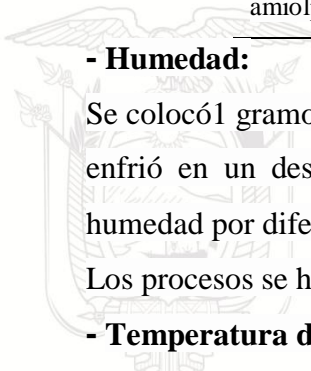
Los procesos se hicieron de la siguiente manera:

- 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. y 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 centrífuga con el gel.
- Pesar el vaso de precipitados con los insolubles.

$$IAA = \text{Peso del gel (g)} / \text{Peso muestra (g) BS}$$

$$ISA = \text{Peso solubles (g)} \times V \times 10 / \text{Peso muestra (g) BS}$$

$$PH = \text{Peso del gel (g)} / (\text{Peso muestra (g) bs} - \text{Peso solubles (g)})$$

- 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.

De la misma manera, el material de relleno extraído de la cáscara será caracterizado (Tabla 14).

Tabla 54. Caracterización del material de relleno

Variable independiente	Método de determinación
Celulosa (%)	Método de Kurschner y Hoffer
Lignina (%)	Método de Klason
Holocelulosa (%)	ASTM D-1104

- **Celulosa:** Se tomó gramo de materia anhidra libre de extractos, se colocó en un matraz, se le añadió 20 mL de etanol y 5 mL de ácido nítrico concentrado. Hervir en baño María a reflujo durante 30 minutos. Pasar la solución por un filtro Gooch de porosidad media y peso conocido. Desechar el líquido y someter el sólido a una segunda digestión de 30 minutos con 25 mL de etanol-ácido nítrico. Realizar una decantación como en la etapa anterior y se efectuó una tercera digestión con 100 mL de agua destilada por una hora.

Filtrar la muestra en el Gooch, lavar con agua destilada caliente y posteriormente con 100 mL de solución saturada de acetato de sodio y por último con 500 mL de agua destilada caliente. Secar el residuo en un horno eléctrico a una temperatura de 105 ± 3 °C para luego enfriarlo en un desecador de cristal sobre sílica gel y pesarlo.

Calcular el porcentaje de celulosa con la siguiente relación:

$$\text{Celulosa (\%)} = \frac{Por}{Po} * 100$$

Donde:

Por = Peso seco del residuo (g)

Po = Peso anhidro de la muestra (g)

- **Lignina:** El método de hidrólisis ácida cuantitativa practica una hidrólisis de dos etapas: la primera con ácido sulfúrico al 72% que hidroliza los polisacáridos en oligosacáridos y una segunda al 4% que rompe los oligoméros en monosacáridos. Se toma la cantidad próxima a 1 gramo libre de extraíbles la muestra se coloca en un vaso de precipitado de 50 ml a la cual se agregan 15 mL de H₂SO₄ al 72%, y se mantiene dos horas en agitación, al poco tiempo de adherir el ácido sulfúrico se notara que la muestra se torna oscura, una vez pasado el tiempo, se coloca en un vaso de precipitado de 1L y se realiza una disolución al 4% de H₂SO₄ agregando agua destilada y se deja en ebullición suave por 4 horas. Se espera hasta que la muestra se asiente para decantar y filtrar. Una vez filtrada la muestra se lleva a estufa a 105 ± 3 °C durante 24 horas y se procede a pesar.

- **Holocelulosa:** Este método emplea ácido acético, que acidifica el medio y se convierte en dióxido sódico que permite degradar la lignina solubilizándola y clarificando la muestra. Se toman 2 g aproximadamente de muestra tras extracciones la cual se agregan a un matraz Erlenmeyer cuello no esmerilado y se coloca a baño María a una temperatura de 80 85 °C. Una vez alcanzada la temperatura se agregan 1,5 g. de clorito sódico y 10 gotas de ácido acético glacial se taponan y se deja reposar 1 hora. Pasado el tiempo se agrega nuevamente 1.5 gramos de clorito sódico y 10 gotas de ácido acético glacial y se deja reposar 1 hora, el proceso se repite hasta que la muestra se observe blanca, por lo menos 3 veces se repite. Se filtra, se lava con agua destilada, se seca en horno y se pesa en balanza analítica

Posteriormente se siguió el procedimiento descrito por Lubis et. al. (2016), para la obtención de las películas. Para ello se disolvió la celulosa extraída de la cáscara del

aguacate en una solución de ácido acético al 2% y se disolvió el almidón en agua destilada en una relación 1:10 (%m/v). Se calentará la solución de almidón y se agitará en una placa calefactora durante 10 minutos. Posteriormente, se añadió la glicerina 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 15).

Tabla 65. 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
Transición vítrea (°C)	Calorimetría diferencial de barrido (DSC)
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 $23 \pm 1^\circ\text{C}$, 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 vernier.

- **Transición vítrea:** Se empleará un calorímetro diferencial de barrido para esta determinación. Las muestras se introducirán en crisoles sellados y pinchados para favorecer la pérdida de humedad. Las curvas fueron obtenidas usando doble barrido, en el primer barrido se eliminó la humedad. Primero se empleará un barrido de 0°C a 160°C a una velocidad de 50°C/min. A continuación, se enfriará hasta 0°C utilizando la misma velocidad y por último, se calentará nuevamente hasta 160°C a una velocidad de 50°C/min (en este barrido se analizó la transición vítrea del almidón). Se registrará el peso inicial y

final del crisol para valorar la pérdida de agua durante el primer calentamiento (aún en fase de medición).

- **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 trasladará a un desecador con pentóxido de fósforo 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:

Caracterización del almidón

El almidón de la semilla de aguacate se caracterizó de acuerdo a la tabla 16, los resultados correspondientes a humedad, temperatura de gelatinización, índice de absorción, índice de solubilidad, poder de hinchamiento y claridad de la pasta.

Tabla 76. Caracterización del almidón obtenido. E.E. Portoviejo.2019.

Análisis	Resultado $\pm \sigma$
Humedad (%)	11 \pm 1
Temperatura de gelatinización (°C)	66,67 \pm 1,53
Claridad de pasta	43 \pm 1,73
Índice de absorción (g gel/g muestra)	5,45 \pm 0,32
Índice de solubilidad (%)	21,21 \pm 0,05



Poder de hinchamiento (g agua/g almidón) 0,17 ± 0,01

Contenido de amilosa y amilopectina

Para una longitud de onda de 620 nm se obtuvieron los valores (Tabla 17) que permitieron construir la curva de calibración correspondiente (Figura 1).

Tabla 17. Elementos para formar la curva de calibración de %Amilosa. g agua/g almidón. E.E. Portoviejo.2019.

% Amilosa	Muestras			Promedio
	1	2	3	
	Absorbancia	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	0,562	0,562

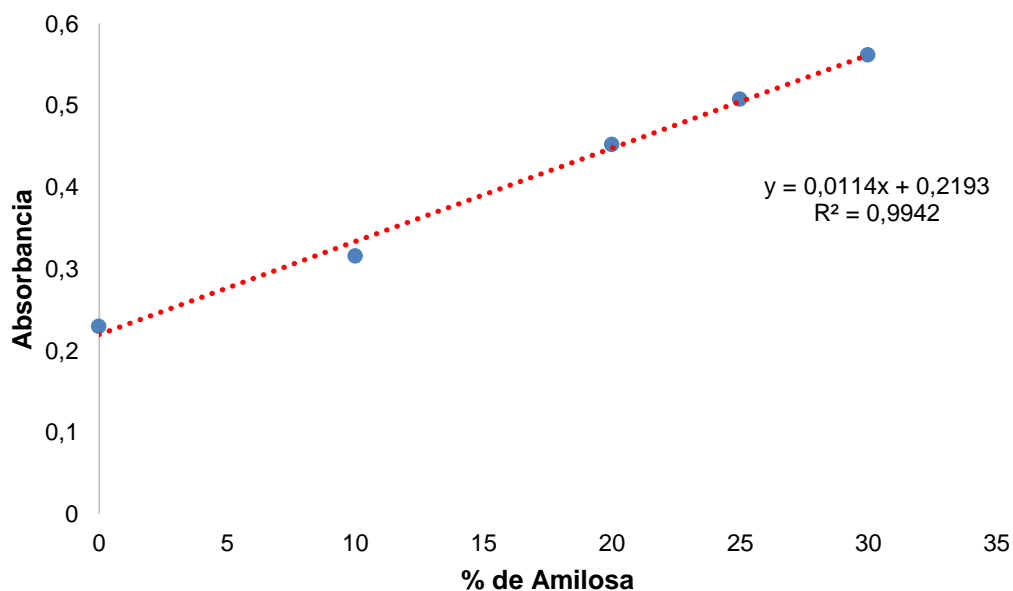
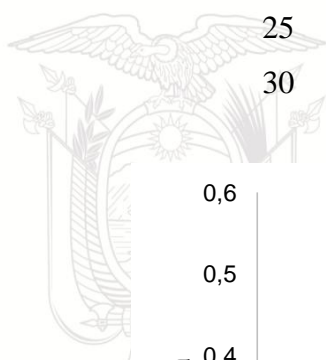


Figura 1. Curva de Calibración de Amilosa. E.E. Portoviejo.2019.

La determinación de amilosa y amilopectina se realizó por duplicado y se detalla en la tabla 18 y posteriorme el contenido del almidón de la biomasa (tabla 19).

**Tabla 88. Porcentaje de Amilosa y Amilopectina. E.E. Portoviejo.2019.**

Muestras	Absorbancia Almidón			% Amilosa	%Amilopectina
M1	0,509	0,503	0,5	25,06	74,94
M2	0,443	0,44	0,44	19,62	80,38
			% ± σ	22,34 ± 0,04	77,66 ± 0,04

Tabla 99. Contenido de Almidón. E.E. Portoviejo.2019.

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

Rendimiento del almidón, contenido de celulosa y lignina de la cáscara del aguacate.

Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 20, obtuvieron rendimientos de 5.01 +/- 0.05%, así como del contenido de celulosa (33.33+/- 0.58) y lignina (29.01+/- 2.06%) en la tabla 21.

Tabla 20. Rendimiento del almidón. E.E. Portoviejo.2019.

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
		% ± σ	5,01 ± 0,05

Tabla 21. Contenido de Celulosa y Lignina en cáscara de aguacate. E.E. Portoviejo.2019.

Muestras	Celulosa (%)	Lignina (%)
M1	33	28,65
M2	34	31,23
M3	33	27,15
% \pm σ	33,33% \pm 0,58%	29,01% \pm 2,06%

Elaboración de la película biodegradable

Las primeras 56 formulaciones (Anexo 2) no formaron la película deseada, mientras que las 44 restantes con la adición del PVA y NaOH al 30% si lo hicieron (Anexo 3). Sin embargo en algunos casos donde se formó la película, se evidenció que era quebradiza o se rompía al retirarla de la cápsula petri en la que se había secado.

Partiendo de los datos señalados para las 100 formulaciones, se hizo una prueba no paramétrica a fin de determinar si existía o no relación entre las dosificaciones de cada material respecto a la formación de película. Con la prueba U de Mann Withney y empleando el software SPSS se obtuvo como resultado lo dispuesto en la Tabla 22.

Tabla 22. Resultados estadísticos para prueba no paramétrica. E.E. Portoviejo.2019.

	Glicerina	NaOH ₃₀	AcAc ₂₅	Celulosa	Almidón
U de Mann-Whitney	691,500	28,000	,000	6,000	1020,000
W de Wilcoxon	1681,500	328,000	3,000	27,000	2010,000
Z	-3,769	-3,916	-2,944	,000	-1,596
Sig. asintótica (bilateral)	,000	,000	,003	1,000	,111
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]		,000 ^b	,026 ^b	1,000 ^b	

a. Variable de agrupación: Película

b. No corregido para empates.

Considerando lo observado en la formulación y lo obtenido en el software estadístico, se decidió no incluir el ácido acético ni la celulosa en la mezcla puesto que no favorecían la formación de la película. Por otra parte se trabajó con una cantidad fija de almidón y de solución de NaOH al 30% de acuerdo a la formulación descrita en la Tabla 23.

Tabla 23. Composición para la obtención de biopelícula. E.E. Portoviejo.2019.

Prueba	Almidón (g)	Glicerina (g)	PVA (g)	NaOH 30% (mL)
1	3	2	6	5
2	3	2,5	5	5
3	3	3	4	5
4	3	3,5	3	5
5	3	4	2	5

Caracterización de la película biodegradable

Aunque las pruebas realizadas de acuerdo a la composición de la tabla 24 formaron la biopelícula, la prueba 1 fue la que mostró mayor durabilidad, razón por la cual fue la seleccionada para realizarle la caracterización que entra en detalle a continuación.

Tabla 104. Caracterización de la película biodegradable. E.E. Portoviejo.2019.

Análisis	Unidad	Resultado
Humedad	%	23,43 ± 1,25
Solubilidad de agua	%	39,39 ± 8,75
Densidad	g/cm ³	1,52 ± 0,06
Espesor	mm	0,575±0,04
Biodegradabilidad	%	21,03 ± 7,28
Tensión	MPa	1,53 ± 0,06
Deformación	%	21,25 ± 1,95
Módulo de elasticidad	MPa	10,04 ± 1,43

**Conclusiones:**

- Los residuos del aguacate (semilla y cáscara) poseen almidón y celulosa fácilmente extraíble para su uso en la elaboración de bioplásticos.
- La caracterización del almidón arroja como resultado que es un almidón de baja calidad, con alta solubilidad, baja absorción de agua y bajo poder de hinchamiento, lo cual se refleja en el porcentaje de amilosa e influye además en la formación de las películas biodegradables.
- Del total de 100 pruebas realizadas para establecer una formulación, se conoció que el ácido acético y la celulosa no favorecían la formación de la película, además que era necesario la incorporación de PVA en la mezcla para alcanzar el objetivo planteado. Los mejores resultados en cuanto a formación y durabilidad de película se obtuvieron con 3 g de almidón, 2 g de glicerina, 6 g de PVA y 5 mL de NaOH al 30%.

Recomendaciones:

Seguir con la formulación con los residuos de aguacate, y si es posible incluir otros 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/article/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.polymertesting.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>

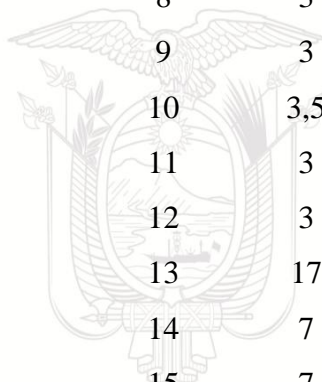
Villavicencio V., A. y Vásquez C., W. (2008). Aguacate. *Guía técnica de cultivos*. Recuperado de <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/851>

Anexos:



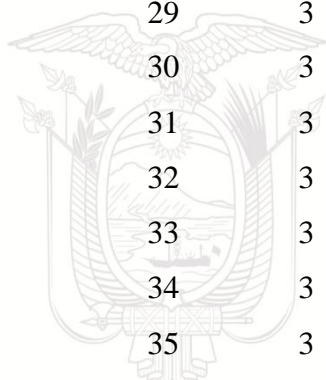
Anexo 2. Formulaciones que no formaron película. E.E. Portoviejo.2019.

Prueba	Almidón (g)	Glicerina (g)	CH ₃ COOH (mL) 5%	NaOH (mL) 30%	NaOH (mL) 20%	NaOH (mL) 40%	CH ₃ COOH (mL) 15%	CH ₃ COOH (mL) 25%	Celulosa (g)
1	9	18		18			9		
2	3	6		6			5		
3	3	6		3			3		
4	4	6		5			4		
5	3	6						7	
6	3	6		6					
7	4	8	4						
8	3	6			6				
9	3	5		6					
10	3,5	6		6					
11	3	6		6					3
12	3	5		5					3
13	17	35			30		10		
14	7	15			12		2		
15	7	15			10		4		
16	5	15			3		2		



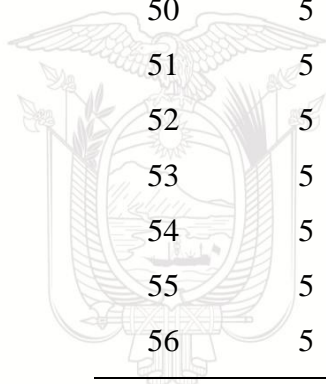


17	5	15			3,5		1
18	5	5	5				
19	4	5	4				
20	4	5	5				
21	4	6	3				
22	4	3	6				
23	3	6			6		
24	4	6	6			6	
25	4	4	4			4	
26	3	6	2	7			
27	3	1	2				
28	3	1,5	2				
<hr/>							
29	3	2	2				
30	3	2,5	2				
31	3	3	2				
32	3	3,5	2				
33	3	4	2				
34	3	4,5	2				
35	3	5	2				
36	3	5,5	2				
37	4	1					4





38	4	1,5		4		
39	4	2		4		
40	4	2,5		4		
41	4	3		4		
42	4	3,5		4		
43	4	4		4		
44	4	4,5		4		
45	4	5		4		3
46	4	5,5		4		3
47	5	1			4	
48	5	1,5			4	
49	5	2			4	
50	5	2,5			4	
51	5	3			4	
52	5	3,5			4	
53	5	4			4	
54	5	4,5			4	
55	5	5			4	3
56	5	5,5			4	3



Anexo 3. Formulaciones que formaron película. E.E. Portoviejo.2019

Prueba	Almidón (g)	Glicerina (g)	PVA (g)	NaOH 30% (mL)	CH ₃ COOH 25% (mL)	Celulosa (g)
1	3	2	6	5		
2	3	2,5	5	5		
3	3	3	4	5		
4	3	3,5	3	5		
5	3	4	2	4		
6	4	1	2		3	
7	4	1,5	2		3	
8	4	2	2			
9	4	2,5	2			
10	4	3	2			
11	4	3,5	2			
12	4	4	2			
13	4	4,5	2			
14	4	5	2			
15	4	5,5	2			
16	3	1	1			
17	3	1,5	1,5			
18	3	2	2			
19	3	2,5	2,5			
20	3	3	5			
21	3	3,5	6			
22	3	4	7			
23	3	4,5	8			
24	3	5	8			
25	3	5,5	8			3
26	4	1	1	4		
27	4	1,5	2	4		
28	4	2	3	4		
29	4	2,5	4	4		
30	4	3	5	4		



31	4	3,5	6	4
32	4	4	7	4
33	4	4,5	8	4
34	4	2	1	4
35	4	2	5	4
36	4	2	5,5	4
37	4	2	5	4
38	4	2	6	4
39	4	3	6,5	4
40	4	3	7	4
41	4	3	7,5	4
42	4	4	8	4
43	4	4	8	4
44	4	4	8	4

3





Actividad 3.

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:

Ing. Ramón Solórzano (Programa de Agroenergía-EEP)

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 (Toral, 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.

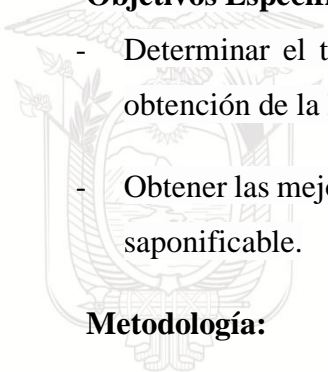
Objetivos:

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.

- Determinar el tiempo de retención y la relación agua: ceniza que permita la mejor obtención de la lejía.
- Obtener las mejores condiciones de tiempo y temperatura en la preparación del material saponificable.



Metodología:

Características del sitio experimental

Ubicación

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

Factores en estudio

Factor de estudio (variable de entrada)	Respuesta en estudio
Reacción aceite de piñón con Hidróxido de Sodio e Hidróxido de Potasio	Cantidad de material saponificable
Concentración y tiempo de retención de la ceniza en agua	Cantidad de hidróxidos



Tiempo y Temperatura de cocción del material graso	Cantidad de material saponificable
Proporción lejía: material graso	Rendimiento de producción de jabón
Proporción lejía: material graso (Catalizador de cloruro de sodio)	Rendimiento de producción de jabón

Unidad experimental

Para el cumplimiento de los objetivos trazados en la investigación se presentan 5 etapas o experimentos.

En el primer experimento se determinó 12 unidades experimentales compartiendo dos fases: una con hidróxido de potasio y otra con hidróxido de sodio.

El segundo experimento se realizó unidades experimentales.

El tercer experimento, se evaluó 15 unidades experimentales.

En el cuarto y quinto experimento, se evaluará 9 unidades experimentales.

El primer experimento, se realizó la reacción entre el aceite de piñón con el hidróxido de sodio (NaOH) e hidróxido de potasio (KOH) en varios porcentajes. En el caso del aceite de piñón se determinará la cantidad óptima y mientras que para el NaOH y KOH la dosificación ideal.

En el segundo experimento se analizará los factores cantidad de ceniza y tiempo de retención.

En el tercer experimento, se evaluó la mejor variante obtenida en el experimento 1, al variar 3 tipos de material graso y sus proporciones para la saponificación.

En el cuarto experimento, se evaluará la cinética de saponificación de 3 materiales grasos a 3 concentraciones iniciales.



En el quinto experimento con similitud al cuarto experimento, pero, adicionando un catalizador como el cloruro de sodio (Na Cl),

Diseño experimental

En cada unidad experimental se realizará 2 réplicas de la unidad experimental original. El total de las corridas experimentales será:

Experimento	Unidades experimentales	Corridas experimentales	Bloques
1 ₍₁₎	12	36	3
1 ₍₂₎	12	36	3
2	15	45	3
3	9	27	3
4	9	27	3
5	9	27	3



Análisis estadístico

Para el cumplimiento de los objetivos propuestos se realizará la optimización de las respuestas obtenidas de los diseños experimentales, así como el análisis de varianza multifactorial. La cinética de saponificación se establecerá por medio de métodos de ajustes de modelos matemáticos. Para la optimización de respuestas de las superficies generadas, así como para el ANOVA multifactorial se empleará el software Statgraphics Centurion XV o superior.

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 01h:45, 03h: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 el método de conductimetría (Atkins y De Paula, 2013).

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.

Producto final

Obtenido el jabón según se indica en la NTE INEN 841:2016 (INEN 2013) se va a realizar los siguientes análisis:

Determinación de Grasa en jabón

Según se indica la NTE INEN 823:2012 (INEN 2012), se pesa 5 a 10 g de muestra, previamente desmenuzada, si el producto contiene una considerable cantidad de materia insoluble en agua se separa el jabón mediante extracción con alcohol etílico, y colocarla en un vaso de precipitación; luego se añade 100 cm³ de agua destilada y disolver (con calentamiento si es necesario); después trasvasar la disolución a un embudo de separación, lavando el vaso con una pequeña cantidad de agua destilada y añadir gotas de la solución indicador de naranja de metilo y acidular con la solución 0,5 N de ácido clorhídrico, hasta el viraje del indicador, para liberar los ácidos grasos; enfriar hasta temperatura ambiente. La extracción se efectúa mediante extracción con 100 cm³ de éter etílico, agitando fuertemente durante 1 min, se deja en reposo hasta la separación completa de las dos fases, y trasladar el extracto etéreo a un vaso de precipitación de 250 cm³ previamente tarado y evaporar en baño María.

Secar el residuo obtenido en la estufa a $85 \pm 3^{\circ}\text{C}$, durante 10 min; enfriar en el desecador y pesar. Calcular mediante la siguiente fórmula:

$$GT = 100 \frac{m2 - m1}{m}$$

GT = materia grasa total, en porcentaje de masa.

m = masa de la muestra a analizar, en gramos.

m1 = masa del matraz Erlenmeyer, en gramos.

m2 = masa del matraz Erlenmeyer con el residuo seco, en gramos.



Determinación de humedad y material volátil

En la NTE INEN 818:2013 (INEN 2013), consiste en pesar en la capsula aproximadamente 5 g de muestra de jabón rallado con una precisión y se lleva a una estufa a una temperatura de 105°C y se seca hasta masa constante en el tiempo de 1h. Enfriar en el desecador y pulverizar la muestra con la varilla de vidrio. Se toman los datos y se procede a calcular mediante la siguiente fórmula:

El contenido de humedad en materia volátil en agentes tensoactivos se determinan mediante la ecuación:

$$H = 100 \frac{m1 - m2}{m}$$

En donde:

H = materia volátil, incluyendo humedad, en porcentaje de masa.

m = masa de la muestra analizada, en gramos.

m1 = masa cristizador, varilla, y muestra antes del secado, en gramos.

m2 = masa de la cápsula y su contenido después del secado, en gramos.

Resultados

Como variable de respuesta se ha escogido la alcalinidad libre en la obtención del jabón como lo indica el anexo 4, 5 y 6, donde se obtuvieron el contenido de hidróxido de potasio en la solución de ceniza, porcentaje de alcalinidad libre al final de la saponificación con hidróxido de potasio y porcentaje de alcalinidad libre al final de la saponificación con solución de lejía, los experimentos se realizaron a 70-80°C.

La prueba de varianza ($\alpha = 95 \%$) mostrada en la tabla 25 demuestra que no existe una relación directa entre la cantidad de ceniza y el tiempo de retención al momento de obtener una mayor concentración de hidróxido de potasio, ésta particiona la variabilidad %KOH en piezas separadas para cada uno de los efectos presentando valor-P menores a 0.05 en: A (concentración de ceniza), B (tiempo de retención), BB, factor bloque; mientras que AB y AA sobrepasan dicho valor. El tiempo donde tuvo mayor rendimiento, fue de 04h:15 (+).



Tabla 25. Analisis de varianza de concentración de KOH en lejía. E.E. Portoviejo.2019.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:CC	60,2875	1	60,2875	28,12	0,0000
B:TR	40,1428	1	40,1428	18,72	0,0004
AA	0,28938	1	0,28938	0,13	0,7174
AB	0,208354	1	0,208354	0,10	0,7586
BB	10,4177	1	10,4177	4,86	0,0400
bloques	20,4804	2	10,2402	4,78	0,0209
Error total	40,737	19	2,14405		
Total (corr.)	172,563	26			

Producto final

Entre los resultados, se obtuvo el análisis de calidad de las muestras de jabón como lo indica la tabla 26 como jabón tipo III se asemejan como lo indica la NTE INEN 839. En la tabla 27 en lo que corresponde a la variable materia grasa total, pH y material insoluble en agua, para lo cual deberá ajustarse a un tiempo de mayor desarrollo.

Tabla 26. Aplicación de NTE INEN 839 a la muestra obtenida con KOH grado reactivo. E.E. Portoviejo.2019.

Requisitos	Muestras		Promedio
	1	2	
Materia grasa total, % ^a	41.2937	39.6743	40.484
Humedad y materia volátil; % ^a	38.89	35.99	37.44
Materia activa valorable, % ^a	-	-	-
Alcalinidad libre como NaOH, % ^a	0.0803	0.0779	0.0779
Materia insoluble en agua, % ^a	8.5342	8.2676	8.4009
pH ^b	10.98	10.88	10.93
Cloruros, % ^a	0	0	0
Biodegradabilidad del tensoactivo, % ^a	.	-	-

%^a= Porcentaje en masa.

^b= Solución al 1%.

Tabla 27. Aplicación de NTE INEN 839 a la muestra obtenida con lejía. E.E. Portoviejo.2019.

Requisitos	Muestras		Promedio
	1	2	
Materia grasa total, % ^a	25.6122	27.7755	26.6939
Humedad y materia volátil; % ^a	19.43	17.97	18.7
Materia activa valorable, % ^a	-	-	-
Alcalinidad libre como NaOH, % ^a	0.0324	0.0431	0.0378
Materia insoluble en agua, % ^a	40.5598	61.4124	50.9861
pH ^b	11.22	11.17	11.2
Cloruros, % ^a	0	0	0
Biodegradabilidad del tensoactivo, % a	.	-	-

%^a= Porcentaje en masa
^b= Solución al 1%.

Conclusiones

- El tiempo de retención de la lejía es de 48 horas y la relación agua:ceniza es de 0.96:1.
- El tiempo de reacción que llegó a un mejor resultado fue de 04h15.

Recomendaciones

Seguir con el estudio a través de la optimización y ajustes de la reacción que se determina mediante la cinética química.

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 823:1982. Agentes tensoactivos. Determinación de materia grasa total.

INEN (2013). NTE INEN 818:2013. Agentes surfactantes. Determinación de humedad y material volátil.

INEN (2016). NTE INEN 841. Productos cosméticos. Jabón de tocador en barra. Requisitos.

Norma Mexicana (1987). NMX-F-492-1987. Alimentos para humanos. Determinación del contenido de jabón en aceites y grasas vegetales o animales. Obtenido en:

<https://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-492-1987.PDF>

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.

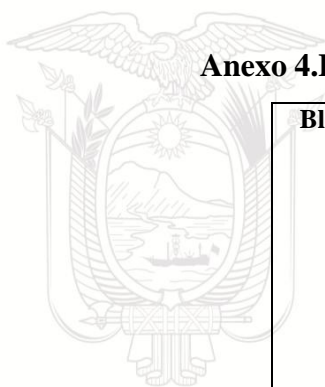


Shahinuzzaman, M., Yaakob, Z., & Moniruzzaman, M. (2016). Medicinal and cosmetics soap production from Jatropha oil. *Journal of Cosmetic Dermatology*, 1-9.

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

Anexo 4. Porcentaje de hidróxido de potasio en la solución de ceniza.



Bloque 1	Unidad Experimental	CC	TR	%KOH
	1	-1	-1	3,689504
	2	-1	0	4,743648
	3	-1	1	5,534256
	4	0	-1	5,27072
	5	0	0	5,797792
	6	0	1	7,379008
	7	1	-1	6,5884
	8	1	0	7,90608
	9	1	1	9,22376
Bloque 2				
	1	-1	-1	4,216576
	2	-1	0	4,216576
	3	-1	1	4,216576
	4	0	-1	5,797792
	5	0	0	6,061328
	6	0	1	6,851936
	7	1	-1	8,169616
	8	1	0	8,169616
	9	1	1	10,014368



Bloque 3	1	-1	-1	3,689504
	2	-1	0	4,216576
	3	-1	1	11,068512
	4	0	-1	7,90608
	5	0	0	6,324864
	6	0	1	12,122656
	7	1	-1	7,379008
	8	1	0	7,379008
	9	1	1	13,703872

+:04h15

0: 03h00

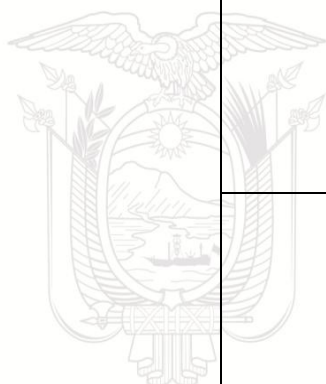
-. 01h45





Anexo 5. Porcentaje de alcalinidad libre al final de la saponificación con hidróxido de potasio.

	Unidad Experimental	COH	TRx	%Al. L
Bloque 1	1	-1	-1	0,4309
	2	-1	0	0,2268
	3	-1	1	0,1134
	4	0	-1	1,2134
	5	0	0	1,2928
	6	0	1	1,2021
	7	1	-1	2,8907
	8	1	0	3,0417
	9	1	1	2,9162
Bloque 2	1	-1	-1	0,4309
	2	-1	0	0,1588
	3	-1	1	0,1134
	4	0	-1	1,7577
	5	0	0	1,3608
	6	0	1	1,2701
	7	1	-1	2,5671
	8	1	0	3,8399
	9	1	1	2,8618
Bloque 3	1	-1	-1	0,5670
	2	-1	0	0,1361
	3	-1	1	0,2268
	4	0	-1	1,7010
	5	0	0	1,3608
	6	0	1	1,1907





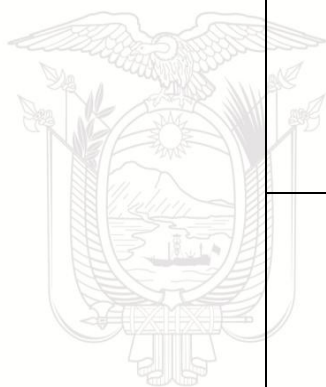
	7	1	-1	1,8121
	8	1	0	3,4515
	9	1	1	3,4171





Anexo 6. Porcentaje de alcalinidad libre al final de la saponificación con solución de lejía.

	Unidad Experimental	CL	TRx	%Al. L
Bloque 1	1	-1	-1	0,0680
	2	-1	0	0,0680
	3	-1	1	0,0680
	4	0	-1	0,0794
	5	0	0	0,0647
	6	0	1	0,0755
	7	1	-1	0,0324
	8	1	0	0,0431
	9	1	1	0,0324
Bloque 2	1	-1	-1	0,0454
	2	-1	0	0,0454
	3	-1	1	0,0567
	4	0	-1	0,0454
	5	0	0	0,0431
	6	0	1	0,0431
	7	1	-1	0,0324
	8	1	0	0,0539
	9	1	1	0,0431
Bloque 3	1	-1	-1	0,0680
	2	-1	0	0,0680
	3	-1	1	0,0680
	4	0	-1	0,0445
	5	0	0	0,0539
	6	0	1	0,0431





	7	1	-1	0,0431
	8	1	0	0,1618
	9	1	1	0,0324

