



**UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS, RECURSOS  
NATURALES Y DEL AMBIENTE**

**CARRERA DE AGROINDUSTRIAS**

**TEMA:**

**“APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS DE LA CASCARILLA DEL  
FRUTO DEL SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis*) Y CAFÉ (*Coffea arábica*)  
PARA LA OBTENCIÓN DE UN BIOPOLÍMERO DE ALTA DENSIDAD”**

Proyecto de investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, Carrera de Agroindustrias.

**AUTORES:**

Jonathan David Carrillo Dávila

Frank Alexis Ledesma García

**TUTOR:**

Ing. Franz Patricio Verdezoto Mendoza

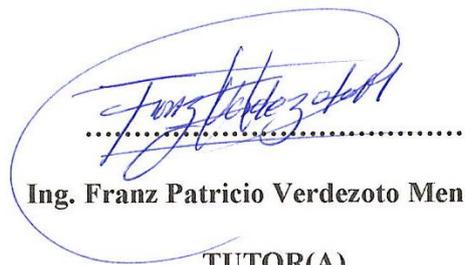
**GUARANDA – ECUADOR**

**2024**

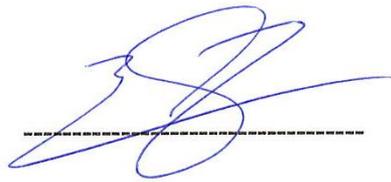
**TEMA**

“APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS DE CASCARILLA DEL FRUTO DE SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis*) Y CAFÉ (*Coffea arabica*) PARA LA OBTENCIÓN DE UN BIOPOLÍMERO DE ALTA DENSIDAD”

**REVISADO Y APROBADO POR:**



.....  
**Ing. Franz Patricio Verdezoto Mendoza**  
**TUTOR(A)**



.....  
**Dr. Juan Alberto Gaibor Chávez**

**PAR LECTOR**



.....

**Dra. Herminia del Rosario Sanaguano Salguero**

**PAR LECTORA**

## CERTIFICACIÓN DE AUTORIA

Yo Jonathan David Carrillo Dávila, con CI 0202270120 y Frank Alexis Ledesma García con C.I. 0250317740, declaro que el trabajo y los resultados presentados en este informe, no han sido previamente presentados para ningún grado o calificación profesional; y, que las referencias bibliográficas que se incluyen han sido consultadas y citadas con su respectivo autor(es).

La Universidad Estatal de Bolívar, puede hacer uso de los derechos de publicación correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, su Reglamentación y la Normativa Institucional vigente.

Ing. Franz Patricio Verdezoto Mendoza

e-mail: [fverdezoto@ueb.edu.ec](mailto:fverdezoto@ueb.edu.ec)

Teléfono: 0939941967



Jonathan David Carrillo Dávila

e-mail: [joncarrillo@mailes.ueb.edu.ec](mailto:joncarrillo@mailes.ueb.edu.ec)

Teléfono: 0967910154



Frank Alexis Ledesma García

e-mail: [fledesma@mailes.ueb.edu.ec](mailto:fledesma@mailes.ueb.edu.ec)

Teléfono: 0997348346



III



**DRA. MSc. GINA CLAVIJO CARRION**  
**Notaria Cuarta del Cantón Guaranda.**

ESCRITURA N° 20240201004P00292

**DECLARACIÓN JURAMENTADA**

**OTORGAN:**

FRANK ALEXIS LEDESMA GARCIA Y  
JONATHAN DAVID CARRILLO DAVILA

CUANTÍA: INDETERMINADA

**Di 2 COPIAS**

En el Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, República del Ecuador, hoy martes a los veintitres días del mes de abril del año dos mil veinticuatro, ante mi **DOCTORA MSc. GINA LUCIA CLAVIJO CARRIÓN, NOTARIA CUARTA DEL CANTÓN GUARANDA** comparecen con plena capacidad, libertad y conocimiento, a la celebración de la presente escritura los señores, **FRANK ALEXIS LEDESMA GARCIA** de estado civil soltero; y, **JONATHAN DAVID CARRILLO DAVILA**, de estado civil soltero, por sus propios y personales derechos en calidad de OTORGANTES. Los comparecientes declaran ser de nacionalidad ecuatorianos, mayores de edad, de estado civil como se deja expresado, de ocupación ambos estudiantes, domiciliado el primero en la parroquia San José de Chimbo, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, con teléfono celular número cero nueve nueve siete tres cuatro ocho tres cuatro seis; y, con correo electrónico [frankledesma1222@gmail.com](mailto:frankledesma1222@gmail.com); y, el segundo en la parroquia San Miguel, Cantón San Miguel, Provincia Bolívar, con teléfono celular número cero nueve seis siete nueve uno cero uno cinco cuatro; y, con correo electrónico [jonathancarrillo987@gmail.com](mailto:jonathancarrillo987@gmail.com), hábiles en derecho para contratar y contraer obligaciones, a quienes de conocer doy fe, en virtud de haberme exhibido sus documentos de identificación cuyas copias fotostáticas debidamente certificadas por mí, agrego a esta escritura como documentos habilitantes. Advertidos los comparecientes por mí la Notaria de los efectos y resultados de esta escritura, así como examinados que fueron en forma aislada y separada de que comparecen al otorgamiento de esta escritura sin coacción, amenazas, temor reverencial, ni promesa o seducción instruidos por mí de la obligación que tienen de decir la verdad con claridad y exactitud; y, advertidos sobre la gravedad del juramento y de las penas de perjurio, me solicitan que recepte su declaración juramentada: Nosotros, **FRANK ALEXIS LEDESMA GARCIA** de estado civil soltero; y, **JONATHAN DAVID CARRILLO DAVILA**, de estado civil soltero, declaramos que los criterios e ideas emitidos en el presente Proyecto de investigación de titulación es de nuestra absoluta autoría, titulado **"APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS DE CASCARILLA DEL FRUTO DE SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis*) Y CAFÉ (*Coffea arabica*) PARA LA OBTENCION DE UN BIOPOLIMERO DE ALTA DENSIDAD"**, previo a la obtención del título de Ingenieros Agroindustriales, otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar, a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, carrera de Agroindustria. - Es todo cuanto podemos declarar en honor a la verdad.- Para su otorgamiento se observaron los preceptos de ley y leída que les fue a los comparecientes íntegramente por mí la Notaria, aquellos se afirman y ratifican en todas sus partes y firman junto conmigo en unidad de acto, incorporando al protocolo de esta Notaria la presente escritura de Declaración Juramentada, de todo cuanto doy Fe.-----

  
SR. FRANK ALEXIS LEDESMA GARCIA.

C.C. 0150377740

  
SR. JONATHAN DAVID CARRILLO DAVILA.

C.C. 0202270120

  
DOCTORA MSc. GINA LUCÍA CLAVIJO CARRION  
NOTARIA CUARTA DEL CANTÓN GUARANDA.



NOMBRE DEL TRABAJO

**TESIS Frank-Jonathan\_Final.docx**

AUTOR

**Jonathan Carrillo**

RECuento DE PALABRAS

**20119 Words**

RECuento DE CARACTERES

**111714 Characters**

RECuento DE PÁGINAS

**130 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**14.4MB**

FECHA DE ENTREGA

**Apr 25, 2024 10:38 AM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Apr 25, 2024 10:40 AM GMT-5**

● **2% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Base de datos de Internet
- Base de datos de publicaciones
- Base de datos de Crossref
- Base de datos de trabajos entregados



## DEDICATORIA

Dedico la culminación de mis estudios y de este trabajo técnico a mis padres que con cada consejo brindado han sido de gran utilidad, también por brindarme el apoyo moral que he necesitado a lo largo de mis estudios gracias a ellos y por ellos estoy cumpliendo una meta más en mi vida, por formar mi vida de una manera correcta enseñándome los principios y valores que siempre debo tener, por enseñarme que en la vida nada es fácil pero que tampoco nada es imposible, y que con esmero y dedicación todo es posible, dedico esta meta de mi vida a ellos que nunca me han dejado solo en los momentos más adversos de mi vida y que siempre me han ayudado a levantarme de las caídas, por recordarme siempre que hay que seguir adelante.

A mi hermana y su familia, que con sus palabras de ánimo y apoyo siempre me han motivado a seguir siempre adelante, a todos los consejos brindados que han servido para mi vida personal como también para crecer profesionalmente, a todas las ayudas brindadas por parte cada uno de ellos y a su deseo que cumpla una meta más en mi vida.

A cada uno de los docentes y técnicos que con sus conocimientos me han ayudado a realizar y poder culminar este estudio técnico, por las correcciones han ayudado a que este trabajo pueda desarrollarse de la mejor manera, y que me han enseñado de forma personal a como ser un buen profesional.

“Cuando todo parezca ir en tu contra, recuerda que el avión despegó contra el viento, no a favor.” **Henry Ford**

*Jonathan Carrillo*

## DEDICATORIA

A Dios Todo poderoso, quien ha sido mi guía constante y mi fortaleza en cada paso de este viaje académico, le dedico esta tesis. Su gracia y misericordia han sido mi luz en los momentos de oscuridad y mi fuente de inspiración en los momentos de duda.

A mis amados padres, les dedico este trabajo con profundo amor y gratitud por su amor incondicional, sacrificios incansables y constante apoyo han sido los pilares sobre los cuales he construido mis logros, sus ejemplos de tenacidad y dedicación me ha inspirado a esforzarme por la excelencia en todo lo que hago.

A mi querida familia, les agradezco por su apoyo inquebrantable y por estar siempre a mi lado en cada etapa de este viaje, su aliento constante y amor incondicional han sido mi mayor fuente de fortaleza y alegría.

A mis amigos, cuyo apoyo, ánimo y compañerismo han enriquecido mi vida de maneras inimaginables, les dedico este trabajo, sus risas, consejos y momentos compartidos han sido un bálsamo para el alma en los momentos difíciles y una celebración en los momentos de triunfo.

A todos aquellos que, de una forma u otra, han contribuido a mi crecimiento y desarrollo académico, les expreso mi más sincero agradecimiento, sus palabras de aliento, sabiduría y amistad han dejado una huella indeleble en mi corazón y en este trabajo.

*Frank Ledesma*

## AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por todo lo que me ha regalado, las fuerzas, la vida, la salud, y también por darme la oportunidad de culminar mis estudios y poder compartirlo con todos mis seres queridos que me han apoyado hasta el día de hoy. También quiero expresar mis eternos agradecimientos a mis padres y hermana que siempre me han brindado su apoyo incondicional y moral para poder cumplir todos mis objetivos personales y académicos. Gracias a ellos que con su cariño me han impulsado siempre a perseguir mis metas y nunca abandonarlas frente a las adversidades, también son los que me han brindado el soporte material y económico para poder concentrarme en los estudios y nunca abandonarlos. A mis sobrinos que con cada una de sus palabras de ánimo han sido una gran fuente de inspiración para seguir adelante y nunca rendirme.

Le agradezco muy profundamente a mi tutor por su dedicación y paciencia, gracias por su guía y todos sus consejos. Quiero también agradecer a cada uno de los docentes que han aportado con sus conocimientos académicos, y que ha sido de gran utilidad para mi crecimiento profesional, sin ustedes los conceptos serían solo palabras, y las palabras ya sabemos quién se las lleva, el viento, también quiero extender un agradecimiento al Departamento de Investigación quien nos ha brindado el apoyo necesario para también alcanzar estas metas.

Por último, quiero también agradecer a cada uno de mis amigos de los cuales muchos de ellos se han convertido en mis cómplices. Gracias por las horas compartidas, por las risas, los momentos tristes, por los éxitos compartidos, las anécdotas y experiencias vividas. Gracias aquellos amigos que en toda mi etapa universitaria me han apoyado y que han sido de gran ayuda para lograr este objetivo, estoy seguro de que la amistad construida perdurara por muchos años más y como dice la frase “En la Amistad las alegrías son el doble de alegres, y las penas la mitad de triste”.

*Jonathan Carrillo*

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis queridos padres, Hugo Mejía & Nery Ledesma, les debo más de lo que puedo expresar con palabras. Su amor incondicional, sacrificios incansables y constante apoyo han sido la base sobre la cual he construido mis logros académicos. Desde el primer día, han sido mis más grandes defensores, alentándome en cada paso del camino y creyendo en mí incluso cuando yo dudaba de mí mismo. Esta tesis es un reflejo de su dedicación y amor inquebrantables, y les estoy eternamente agradecido por ser mis pilares de fuerza y mi mayor inspiración.

A mi familia, a mi hermano del alma, Jhardell Moncayo & familia, les agradezco por su aliento constante, comprensión y apoyo en cada etapa de este proceso. Su presencia en mi vida ha sido una bendición invaluable, brindándome consuelo en los momentos difíciles y compartiendo alegrías en los triunfos alcanzados, su amor y apoyo han sido un regalo que nunca daré por sentado.

También quiero reconocer y agradecer al Ing. Franz Verdezoto por su orientación en esta investigación, y en especial a la UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR y al Departamento de Investigación y Vinculación por proporcionar los recursos necesarios para llevar a cabo esta formación académica. Por lo que han sido fundamentales en mi formación profesional y han enriquecido enormemente mi experiencia.

Por último, pero no menos importante, quiero expresar mi gratitud a todos mis amigos y seres queridos que han estado a mi lado durante este viaje. Sus palabras de aliento, gestos de amistad y momentos compartidos han sido un recordatorio constante de que no estoy solo en este camino.

**“Un sueño que sueñas solo es un sueño. Un sueño que compartes con alguien es una realidad” (John Lennon)**

*Frank Ledesma*

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I.....	21
1.1. INTRODUCCIÓN.....	21
1.2. PROBLEMA.....	22
1.2.1. Planteamiento del problema.....	22
1.2.2. Formulación del problema.....	22
1.3. OBJETIVOS.....	23
1.3.1. Objetivo general.....	23
1.3.2. Objetivos específicos.....	23
1.4. HOPÓTESIS.....	24
1.4.1. Hipótesis Nula ( <b>H<sub>0</sub></b> ).....	24
1.4.2. Hipótesis Alternativa ( <b>H<sub>a</sub></b> ).....	24
CAPÍTULO II.....	25
2. MARCO TEÓRICO.....	25
2.1. SACHA INCHI.....	25
2.1.1. Generalidades de la Sacha Inchi.....	25
2.1.2. Taxonomía de la Sacha inchi.....	26
2.1.3. Producción de Sacha inchi en Ecuador.....	27
2.2. CAFÉ ( <i>Coffea arábica</i> ).....	28
2.2.1. Generalidades del café ( <i>Coffea arábica</i> ).....	28
2.2.2. Taxonomía del café.....	28
2.2.3. Producción de café en el Ecuador.....	29
2.3. RESIDUOS AGROINDUSTRIALES.....	30
2.3.1. Aprovechamiento de los residuos biomásicos.....	30
2.3.2. Composición físico-química de la cascarilla del Sacha inchi.....	31
2.3.3. Composición fisicoquímica de la cascarilla de Café.....	31

2.4.	CARACTERIZACIÓN DE LOS BIOPOLÍMEROS .....	32
2.4.1.	Los biopolímeros.....	32
2.4.2.	Biopolímeros de alta densidad .....	32
2.4.3.	Usos.....	32
2.4.4.	Aplicaciones de los biopolímeros .....	33
2.4.5.	Norma NTE INEN 2644 para plásticos biodegradables .....	33
2.4.6.	Proceso de obtención del biopolímero de alta densidad .....	34
2.4.7.	Como se hace un biopolímero.....	34
2.4.8.	Características del biopolímero de alta densidad .....	35
2.4.9.	Acetato de polivinilo (PVA) .....	37
2.4.10.	Gelatina - Almidón.....	38
2.4.11.	Fabricación de un vaso biodegradable .....	38
2.5.	PROTOTIPO DEL EQUIPO .....	39
CAPÍTULO III.....		41
3.	MARCO METODOLÓGICO .....	41
3.1.	UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	41
3.1.1.	Localización de la investigación .....	41
3.1.2.	Zona de vida.....	41
3.1.3.	Situación geográfica y edafoclimática. ....	41
3.2.	MATERIALES .....	42
3.2.1.	Material experimental .....	42
3.3.	MÉTODOS .....	44
3.3.1.	Factores de estudio.....	44
3.3.2.	Tratamientos.....	45
3.3.3.	Descripción técnica del ensayo .....	46
3.3.4.	Tipo de diseño experimental o estadístico .....	46

3.4.	CARACTERIZACIÓN DE LAS MATERIAS PRIMAS.....	48
3.4.1.	Humedad.....	48
3.4.2.	pH.....	49
3.4.3.	Ceniza.....	49
3.4.4.	Celulosa.....	50
3.4.5.	Limpieza y molienda de las materias primas.....	50
3.4.6.	Descripción y diagrama de flujo del proceso.....	52
3.4.7.	Diagrama de flujo para la trituración de las cascarillas.....	53
3.5.	DESCRIPCIÓN DE LA OBTENCIÓN DEL BIOPOLÍMERO.....	54
3.5.1.	Descripción del diagrama de flujo.....	54
3.5.2.	Diagrama de flujo del proceso de obtención del biopolímero.....	57
3.6.	ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN DEL BIOPOLÍMERO.....	58
3.6.1.	Determinación de Espectroscopia.....	58
CAPÍTULO IV.....		59
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	59
4.1.	CARACTERIZACIÓN DE LAS MATERIAS PRIMAS.....	59
4.2.	DETERMINACIÓN DEL MEJOR TRATAMIENTO.....	60
4.3.	OBTENCIÓN DEL ENVASE.....	84
4.3.1.	Preparación del molde.....	84
4.3.2.	Biopelícula para la obtención de un vaso.....	85
4.4.	COSTO DE PRODUCCIÓN A NIVEL DE LABORATORIO.....	86
4.4.1.	Costo de producción.....	86
4.5.	COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS.....	88
4.5.1.	Hipótesis nula ( <b>H<sub>0</sub></b> ).....	88
4.5.2.	Hipótesis Alternativa ( <b>H<sub>a</sub></b> ).....	88
CAPÍTULO V.....		89

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	89
5.1. CONCLUSIONES .....	89
5.2. RECOMENDACIONES .....	91
ANEXOS.....	103

## ÍNDICE DE TABLAS

N°	Detalle	Pág.
1.	<i>Clasificación taxonomía de la Sacha inchi</i> .....	26
2.	<i>Composición del Sacha inchi</i> .....	27
3.	<i>Clasificación taxonómica del café</i> .....	29
4.	<i>Relación de residuos generados por empresas agroindustriales</i> .....	31
5.	<i>Características de la cascarilla de Café</i> .....	32
6.	<i>Localización de la investigación</i> .....	41
7.	<i>Aspectos generales del territorio</i> .....	41
8.	<i>Equipos a utilizarse</i> .....	43
9.	<i>Factores en estudio</i> .....	44
10.	<i>Combinaciones de tratamientos</i> .....	45
11.	<i>Características de la experimentación del biopolímero</i> .....	46
12.	<i>Análisis de varianza (Anova) para el diseño en arreglo factorial AxBxC</i> .....	47
13.	<i>Análisis y pruebas realizadas al biopolímero</i> .....	58
14.	<i>Caracterización de las materias primas</i> .....	59
15.	<i>Resultados en función de sus variables respuesta</i> .....	61
16.	<i>Análisis de varianza de la densidad del biopolímero</i> .....	62
17.	<i>Pruebas de rangos múltiples para el factor A la densidad</i> .....	62
18.	<i>Análisis de varianza del espesor en el biopolímero</i> .....	65
19.	<i>Pruebas de rangos múltiples para el factor A del espesor</i> .....	65
20.	<i>Prueba de rangos múltiples para el factor B del espesor</i> .....	66
21.	<i>Análisis de varianza de la humedad del Biopolímero</i> .....	68
22.	<i>Pruebas de rangos múltiples para el factor A de la humedad</i> .....	69
23.	<i>Pruebas de rangos múltiples para el factor C de la humedad</i> .....	69
24.	<i>Análisis de varianza de la fuerza de tensión del biopolímero</i> .....	71
25.	<i>Pruebas de rangos múltiples para el factor A de la fuerza de tensión</i> .....	71
26.	<i>Biodegradabilidad del biopolímero en suelo con un pH de 5,7</i> .....	74
27.	<i>Análisis de varianza de la solubilidad del Biopolímero</i> .....	76
28.	<i>Pruebas de rangos múltiples para el factor A de la solubilidad</i> .....	77
29.	<i>Pruebas de rangos múltiples para el factor B de la solubilidad</i> .....	77
30.	<i>Análisis de varianza de la permeabilidad del Biopolímero</i> .....	80

<i>31. Pruebas de rangos múltiples para el factor B de la permeabilidad .....</i>	<i>80</i>
<i>32. Costo beneficio.....</i>	<i>87</i>

## ÍNDICE DE FIGURAS

N°	Detalle	Pág.
1.	<i>Anatomía de la Sacha inchi</i> .....	26
2.	<i>Zonas productoras de Sacha inchi en el Ecuador</i> .....	28
3.	<i>Variedad en tamaño, formas y colores de las semillas del café</i> .....	29
4.	<i>Estructura química del PVA</i> .....	37
5.	<i>Estructura del almidón</i> .....	38
6.	<i>Prototipo de la cavidad</i> .....	39
7.	<i>Prototipo del núcleo</i> .....	39
8.	<i>Prototipo del núcleo - cavidad</i> .....	40
9.	<i>Cascarilla de Sacha inchi</i> .....	51
10.	<i>Cascarilla de Café</i> .....	51
11.	<i>Cascarilla de Sacha inchi Triturada</i> .....	51
12.	<i>Cascarilla de Café Triturada</i> .....	52
13.	<i>Diagrama de flujo de la limpieza y molienda de las cascarillas</i> .....	53
14.	<i>Diagrama de flujo del proceso de obtención del biopolímero</i> .....	57
15.	<i>Medias del factor A de la fuerza de tensión del Biopolímero</i> .....	63
16.	<i>Interacción AB para la densidad del Biopolímero</i> .....	63
17.	<i>Medias del factor del factor A del espesor del biopolímero</i> .....	66
18.	<i>Medias del factor B del espesor del biopolímero</i> .....	66
19.	<i>Interacción Café - Sacha inchi en relación con el espesor</i> .....	67
20.	<i>Medias del factor A de la humedad del Biopolímero</i> .....	69
21.	<i>Medias del factor B de la humedad del Biopolímero</i> .....	70
22.	<i>Medias del factor A de la fuerza de tensión del biopolímero</i> .....	721
23.	<i>Curvas de biodegradabilidad de los 12 tratamientos</i> .....	732
24.	<i>Curva de biodegradabilidad del tratamiento T6</i> .....	75
25.	<i>Curva de biodegradabilidad del tratamiento T12</i> .....	75
26.	<i>Medias del factor A de la solubilidad del Biopolímero</i> .....	77
27.	<i>Medias del factor B de la solubilidad del plástico Biopolímero</i> .....	78
28.	<i>Interacción AB para la solubilidad del Biopolímero</i> .....	78
29.	<i>Medias del factor A de la permeabilidad del Biopolímero</i> .....	81
30.	<i>Espectroscopia del tratamiento 6 del biopolímero</i> .....	82

<b>31.</b> <i>Espectroscopia del tratamiento 12 del biopolímero .....</i>	83
<b>32.</b> <i>Comparación entre el tratamiento (T6 - T12).....</i>	83
<b>33.</b> <i>Análisis del espectro del policarbonato PC.....</i>	84
<b>34.</b> <i>Molde para el envase .....</i>	84
<b>35.</b> <i>Preparación de la mezcla del biopolímero .....</i>	85
<b>36.</b> <i>Obtención del vaso en base al mejor tratamiento.....</i>	86

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Nº</b>	<b>Detalle</b>	<b>Pág.</b>
1.	Mapa y coordenadas del laboratorio de vinculación de la UEB .....	103
2.	Mapa y coordenadas del laboratorio general de la UEB.....	103
3.	Glosario de términos técnicos .....	104
4.	Caracterización de las cascarillas de Sacha inchi y Café.....	105
5.	Características del biopolímero para el tratamiento (T6).....	106
6.	Características del biopolímero para el tratamiento (T12).....	107
7.	Biodegradabilidad del tratamiento 06 .....	108
8.	Biodegradabilidad del tratamiento 12 .....	109
9.	Espectroscopia (FTIR) del tratamiento 12 .....	110
10.	Espectroscopia (FTIR) del tratamiento 06 .....	111
11.	pH del suelo donde se biodegradó el biopolímero .....	112
12.	Normativas empleadas en la investigación para determinar el pH .....	113
13.	Normativa empleada para determinar el contenido de humedad .....	114
14.	Normativa empleada para determinar el contenido de ceniza .....	115
15.	Normativa empleada para determinar el porcentaje de celulosa.....	116
16.	Desarrollo de ecuaciones (Humedad de las Cascarillas).....	117
17.	Cenizas de las Cascarillas .....	117
18.	Celulosa de las Cascarillas .....	117
19.	Densidad del biopolímero .....	118
20.	Humedad del biopolímero.....	118
21.	Fuerza de Tensión del biopolímero.....	118
22.	Biodegradabilidad del biopolímero.....	119
23.	Solubilidad del biopolímero .....	119
24.	Permeabilidad del biopolímero .....	119
25.	Cantidades utilizadas en la obtención de un biopolímero de alta densidad ..	120
26.	Evidencia fotográfica del desarrollo del trabajo de investigación .....	121

## RESUMEN

El propósito principal de la investigación fue elaborar un biopolímero de alta densidad utilizando las cascarillas del fruto de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*) y café (*Coffea arabica*). Las cascarillas de sachá inchi y café tienen un alto contenido de celulosa que es una de las bases fundamentales para la obtención de un biopolímero. Para determinar el mejor proceso, se utilizó un diseño experimental completamente al azar (DCA) con arreglo factorial  $A \times B \times C$  ( $2 \times 3 \times 2$ ) que contiene 2 repeticiones. En la caracterización de las materias primas, se determinó que el Sachá inchi contiene 9,09 % de humedad, 42,48 % de celulosa y 7,42 de pH, y el Café 13,61 de humedad, 19,02 % de celulosa y 5,21 de pH. El diseño experimental indica que el mejor tratamiento es el que contiene como materia prima sachá inchi en el T6 y café para el T12 cada una con 0.4000 g combinados con 30,4 g de acetato de polivinilo (PVA), 8 g de Espesante (Almidón o Gelatina) y con 80 g de diluyente (Agua) para cada combinación, los cuales cumplen con una tensión de 613,69 N para el T6 y 736,70 N para el T12 respectivamente, una solubilidad de 23,27 % en el T6 y 81,11 % en el T12, un espesor de 1,38 mm en el T6 y 1,37 mm para el T12, establecidas en las normativas para biopolímeros de alta densidad. Las características de la norma NTE INEN 2644 para la obtención de un biopolímero menciona que un plástico biodegradable debe poseer un 80 % de biodegradabilidad, en este estudio se obtuvo mejores resultados dado que en el tratamiento T6 fue del 94,48 % en 15 días, mientras que el T12 presentó un 91,38 % en el lapso de 15 días, dando como resultado una mejor biodegradabilidad del biopolímero obtenido. El costo de producción del biopolímero de alta densidad en una lámina de 60 g de peso a nivel de laboratorio fue de 0,23 centavos, un valor accesible para su comercialización en industrias interesadas en fabricar envases o láminas biodegradables.

**Palabras Clave:** Sachá inchi, café, biopolímero, biodegradabilidad.

## ABSTRACT

The main purpose of the research was to elaborate a high-density biopolymer using Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*) and coffee (*Coffea arabica*) fruit husks. Sacha inchi and coffee husks have a high cellulose content, which is one of the fundamental bases for obtaining a biopolymer. To determine the best process, a completely randomized experimental design (CRD) with  $A \times B \times C$  ( $2 \times 3 \times 2$ ) factorial arrangement containing 2 replicates was used. In the characterization of the raw materials, it was determined that Sacha inchi contains 9.09 % moisture, 42.48 % cellulose and 7.42 pH, coffee 13.61 % moisture, 19.02 % cellulose and 5.21 pH. The experimental design indicates that the best treatment is the one containing as raw material Sacha inchi at T6 and coffee for T12 each with 0.4000 g combined with 30.4 g of polyvinyl acetate (PVA), 8 g of thickener (starch or gelatin) and 80 g of diluent (water) for each combination, which meet a tension of 613.69 N for T6 and 736.70 N for T12 respectively, a solubility of 23.27 % for T6 and 81.11 % for T12, a thickness of 1.38 mm for T6 and 1.37 mm for T12, established in the standards for high density biopolymers. The characteristics of the NTE INEN 2644 standard for obtaining a biopolymer mention that a biodegradable plastic must have 80% biodegradability, in this study, better results were obtained since in the T6 treatment it was 94.48% in 15 days, while T12 presented 91.38% in the 15-day period, resulting in a better biodegradability of the biopolymer obtained. The production cost of the high-density biopolymer in a 60 g sheet at laboratory level was 0.23 cents, an accessible value for its commercialization in industries interested in manufacturing biodegradable packaging or sheets.

**Key words:** Sacha inchi, coffee, biopolymer, biodegradability.

# CAPÍTULO I

## 1.1. INTRODUCCIÓN

La mayoría de los biopolímeros son biodegradables, frágiles, hidrofílicos y tienden a ser de baja resistencia térmica, lo que hace que sean de limitado uso comercial, por lo que están conformados por macromoléculas sintetizadas artificialmente a partir de sustancias naturales. En discrepancia, los biopolímeros sintéticos o aquellos derivados de fuentes no renovables a menudo presentan características mecánicas y térmicas destacadas, lo que los convierte en opciones de fácil comercialización por costo reducido, a pesar de presentar menor biodegradabilidad (Rodríguez & Orrego, 2019).

Los biopolímeros que se caracterizan de alta densidad son producidos por la estructura de los organismos vivos y pueden usarse para varias aplicaciones, incluida la industria médica, la alimentaria y la del embalaje (Mespólimeros, 2021).

El sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) tiene su origen en la región Amazónica, sin embargo, puede crecer en climas cálidos o templados hasta altitudes de 1700 (m.s.n.m), siempre que haya un suministro de agua y drenaje (Alayón & Echeverri, 2018). Existen pocos estudios del uso de la cascarilla del Sachá Inchi, según Jiménez y Rueda (2021), mencionan que la biomasa de la cascarilla puede utilizarse para aplicaciones que abarcan desde usos agrícolas hasta usos cosméticos.

La mayor cantidad de cascarillas de café en Ecuador proviene de las regiones del sur del país, como Loja, Zamora Chinchipe y El Oro. Estas áreas son conocidas por su producción de café y, por lo tanto, generan una gran cantidad de desechos de cascarillas durante el procesamiento de este (Cabezas, 2020). El emprendedor visionario afirma que en Ecuador se cosechan alrededor de tres millones de kilos de café cada año, sin embargo, solo el 5% de la cáscara total se utiliza de manera adecuada, mientras que el restante 95% se descarta. (Echeverría, 2019).

## **1.2. PROBLEMA**

### **1.2.1. Planteamiento del problema**

Los índices de contaminación de los plásticos convencionales en la actualidad tienen un gran impacto en la contaminación ambiental debido a que esta demora en degradarse entre 100 y 150 años (Noriega, 2021). En la agroindustria se producen desechos como hojas, semillas, cáscaras, pepitas, tallos, los cuales se convierten en fuente de contaminación ambiental y problema económico por no ser tratados adecuadamente. El mal uso de las cascarillas del sachá inchi y café puede generar problemáticas ambientales y de salud debido que la cascarilla de estos frutos contiene compuestos orgánicos como quinonas, polifenoles y ácidos orgánicos, según Sánchez (2023), menciona que los residuos de las cascarillas pueden provocar la contaminación de los suelos y aguas subterráneas si no se manejan adecuadamente.

El mal uso de estas puede provocar una alta contaminación, por ejemplo, las cascarillas del café contienen cafeína, que resulta tóxico en grandes cantidades, además, si las cascarillas del café se acumulan en grandes cantidades en los campos, pueden atraer plagas y otros animales no deseados, (Petrich, 2019). Para esto hemos decidido elaborar un producto para así poder brindar un mejor uso a los residuos de las cascarillas debido a que si mejoramos su utilidad es beneficioso para la humanidad y a su vez logramos mejorar el estilo de vida.

### **1.2.2. Formulación del problema**

En base al planteamiento del problema, la cantidad de residuos del proceso de sachá inchi y café tiene características que pueden ser utilizadas para la generación de otros subproductos como los biopolímeros, en tal razón, el proyecto de investigación se centrara en investigar la obtención de un biopolímero de alta densidad para utilizarlo en la elaboración de envases con ello se pretende dar una alternativa a la mala disposición de los residuos y así lograr una reducción en la contaminación del ambiente, suelos, agua, etc. ¿Cómo aprovechar los residuos de la cascarilla del fruto de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) y café (*Coffea arabica*) para la obtención de un biopolímero?.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. Objetivo general**

- Aprovechar los residuos de la cascarilla del fruto del sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) y café (*Coffea arábica*) para la obtención de un biopolímero de alta densidad

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Evaluar las cualidades físico-química de las cascarillas de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) y café (*Coffea arábica*).
- Determinar el mejor tratamiento en función de la densidad y fuerza de tensión de un biopolímero de alta densidad.
- Elaborar un envase con el biopolímero obtenido del mejor tratamiento.
- Analizar el costo beneficio en la elaboración de un biopolímero.

## **1.4. HOPÓTESIS**

### **1.4.1. Hipótesis Nula ( $H_0$ )**

Las cascarillas de sachá inchi y café sometido a diferentes tratamientos con factores de estudio en diferentes porcentajes de PVA y diferentes espesantes, no influyen en la formulación y elaboración de un biopolímero de alta densidad.

$$H_0 = T1 = T2 = T3 = T4 = \dots = Tn$$

### **1.4.2. Hipótesis Alterna ( $H_a$ )**

Las cascarillas de sachá inchi y café sometido a diferentes tratamientos con factores de estudio en diferentes porcentajes de PVA y diferentes espesantes, influyen en la formulación y elaboración de un biopolímero de alta densidad.

$$H_a \neq T1 \neq T2 \neq T3 \neq T4 \neq \dots \neq Tn$$

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis*)

Denominado como "maní de los incas" debido a su largo historial de cultivo que se remonta a más de 3000 años, la "*Plukenetia volubilis*" es una planta que florece principalmente en las regiones amazónicas, se destaca por su característica apariencia corrugada y su tono marrón oscuro, este fruto, aunque pequeño en tamaño, es considerablemente rico en nutrientes, bastante reconocido en la medicina natural, por sus numerosos beneficios para la salud humana. (BioPat Peú, 2018).

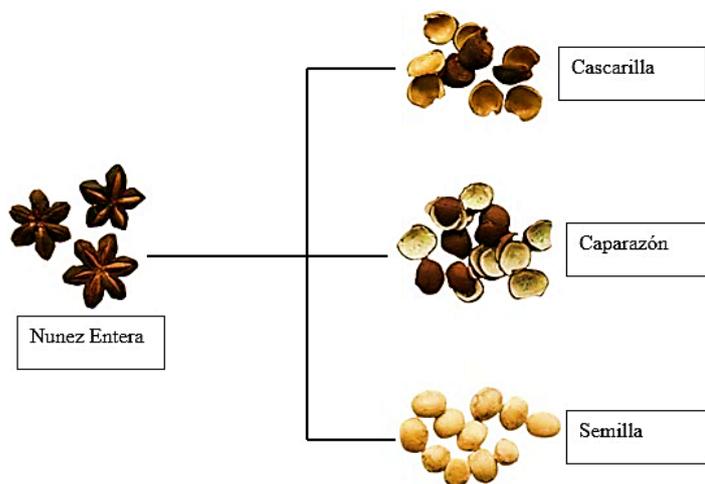
##### 2.1.1. Generalidades de la Sacha inchi

Los granos en su forma original están disponibles estacionalmente desde noviembre hasta mayo, en los mercados, se puede adquirir harina gelatinizada, aceite y suplementos alimenticios, además, el mundo de la belleza ha reconocido sus beneficios, por lo que se puede encontrar en diversos productos destinados al cuidado de la piel. (Álvarez & Rios, 2020). Un grano contiene omega 3, 6 y 9 que contribuye al control y prevención de problemas cardiacos, también, potencia las funciones cerebrales y promueve la generación de células nuevas, reduce el riesgo de enfermedades oncológicas y contribuye a regular los niveles de colesterol en el organismo (Rodríguez, 2019).

El sachá inchi es rico en vitamina E, nutriente esencial para la salud de la piel y del cabello (Rodríguez, 2019). Además, su contenido de fibra proporciona una sensación de saciedad y ayuda a regular el sistema digestivo. Estos beneficios hacen que sea ampliamente utilizado en dietas para perder peso (Rodríguez, 2019).

## Figura 1

### Anatomía de la Sacha Inchi



Nota. La figura presenta las partes principales del fruto del Sacha inchi.

### 2.1.2. Taxonomía de la Sacha inchi

La semilla de Sacha inchi se destaca por su contenido de aceites, que alcanza un 54% y proteínas 33%. (Chirinos O. , 2021).

#### Tabla 1

##### Clasificación taxonomía de la Sacha inchi

Taxonomía ( <i>Citrus reticulata</i> )	
Orden:	<i>Euphorbiales</i>
Nombre Común:	<i>Sacha inchi, maní del monte, maní del inca</i>
Especie:	<i>Plukenetia Volubilis</i>
Familia:	<i>Euphorbiaceae</i>
Tribu:	<i>Plukenetieae</i>
Sub-Familia:	<i>Plukenetieae</i>
Género:	<i>Plukenetia</i>
Nombre Científico:	<i>Plukenetia Volubilis Linneo</i>
Sub Tribu:	<i>Plukenetiinae</i>

Nota. Descripción taxonómica de la sachá inchi. Tomado de la *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo*, por (Garcés, 2018).

**Tabla 2***Composición del Sacha inchi*

Composición fisicoquímica	Porcentaje
Humedad	6,37%
Almendra	67%
Proteína	28,58%
Ceniza	2,10%
Carbohidratos	17,70%
Cáscara	33%
Fibra	2,60%
Energía	555 Kal
Ácidos Grasos	7,7% (saturados)
Vitamina E	5,41 mg
Aceita	54,80%
Ácidos Grasos	91,6% (insaturados)

*Nota.* Porcentaje de compuestos físico-química de la cascarilla de Sacha inchi, tomado de la *Universidad Técnica de Machala*, por (Vera, 2020).

**2.1.3. Producción de Sacha inchi en Ecuador**

La producción de sachá inchi se ha convertido en una alternativa lucrativa para los pequeños agricultores, ofreciéndoles la oportunidad de industrializar esta semilla y aumentar sus ingresos. Según Vélez (2020), el sachá inchi representa un beneficio en la industria agrícola que aún está en desarrollo, actualmente, se han registrado 813 hectáreas cultivadas en diversas provincias del país.

Esta semilla proviene principalmente del noroccidente de Pichincha con una extensión de 150 ha, en Esmeraldas se cultivan 200 ha, en de El Oro se ha ejecutado la expansión del cultivo abarcando un total de 100 ha, finalmente, en Morona Santiago, en el cantón Huamboya se cultiva 113 ha (Noriega, 2021).

**Figura 2**

*Zonas productoras de sacha inchi en el Ecuador*



## **2.2. CAFÉ (*Coffea arábica*)**

### **2.2.1. Generalidades del café (*Coffea arábica*)**

El mal uso de las cascarillas del Café (*Coffea arábica*) puede generar problemáticas ambientales y de salud debido que la cascarilla de estos frutos contiene compuestos orgánicos como quinonas, polifenoles y ácidos orgánicos, que pueden ser dañinos si se acumulan en grandes cantidades en el medio ambiente. Según Sánchez (2023), menciona que los residuos de las cascarillas pueden contaminar los suelos y las aguas subterráneas si no se manejan adecuadamente.

También es importante tener en cuenta que el mal uso de las cascarillas puede provocar problemas para la salud humana y animal como, por ejemplo, las cascarillas del café tienen un alto contenido de cafeína, que puede ser tóxico en grandes cantidades, además, si las cascarillas del café se acumulan en grandes cantidades en los campos, pueden atraer plagas y otros animales no deseados, lo que puede dañar los cultivos (Bize, 2023).

### **2.2.2. Taxonomía del café**

Hay una amplia variedad de especies de cafeto, cada una con diversas variedades, entre las más relevantes en términos comerciales se encuentran aquellas pertenecientes al género *Coffea*, conocidas como: *Coffea arábica*, Linneo

(conocida como Arábica o Arábica) y *Coffea canephora* y *Pierre Ex Froehner* (conocida como Robusta) (Perez E. , 2019).

### Figura 3

*Variedad en tamaño, formas y colores de las semillas del café*



En la siguiente tabla se describe la taxonomía del café (*Coffea arábica*).

### Tabla 3

*Clasificación taxonómica del café*

Taxonomía ( <i>Coffea arabica</i> )	
Orden:	Gentianales
Nombre Común:	Café
Especie:	Coffea
Familia:	Rubiáceas
Tribu:	Kaffa o Caffa
Sub-Familia:	Rubiáceas
Género:	Perennifolio
Nombre Científico:	Coffea
Sub-Tribu:	Coffea robusta

*Nota.* Descripción taxonómica del café. Tomado de la *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo*, por (Perez E. , 2019).

### 2.2.3. Producción de café en el Ecuador

En Ecuador, el sector cafetero posee una relevancia económica considerable, pues en el año 2019/20 se registró una producción cercana a los 500.000 sacos de café de 60 kg, apenas experimentando una ligera caída en comparación con el ciclo anterior (Castellano, 2022). Sin embargo, en importación y exportación se

evidencia su verdadero peso económico, entre el mes de octubre de 2020 y febrero de 2021, Ecuador exportó alrededor de 198.000 sacos de 60 kg de café y en el año 2018/19, reexportó 572.000 sacos de 60 kg de café soluble, destinados a Alemania y Rusia (Sanchez S. , 2020).

En Ecuador, la producción de café se centra en la región andina destaca por su enfoque en cafés de especialidad como Caturra, Típica, Típica Mejorado, Bourbon y SL-28, por otro lado, las regiones amazónicas y costeras son distinguidas por su producción de Robusta, especialmente en Santo Domingo de Los Tsáchilas, Sucumbíos, Orellana y Los Ríos, además, se destaca la presencia de café Arábica de baja altitud en Manabí y Morona Santiago; estas regiones albergan aproximadamente 75.000 productores de café, que cultivan un total de 85.000 hectáreas de Arábica y 110.000 de Robusta (Orellana, 2018).

El café ecuatoriano se identifica por su cuerpo jugoso, sus notas cítricas y acidez moderada; sin embargo, los segmentos comercial y soluble del mercado cafetal son considerablemente más grandes. Históricamente, el mercado del café soluble ha predominado sobre otros tipos de café, los precios desfavorables debido a la falta de rentabilidad, exacerbada por la competencia de cultivos más lucrativos y los altos costos de producción; en el 2012, la producción ecuatoriana era considerablemente mayor, alcanzando cerca de 650.000 sacos de 60 kg (Perez P. , 2018).

## **2.3. RESIDUOS AGROINDUSTRIALES**

### **2.3.1. Aprovechamiento de los residuos biomásicos**

Numerosos son los procesos industriales que generan residuos de biomasa, en ocasiones, la generación de estos residuos conduce a la implementación de nuevos procesos, como la creación de productos que a su vez produce más residuos, estos últimos, son tratados mediante procesos térmicos para su aprovechamiento (Calvo, 2018). En la actualidad, se considera que todos estos desechos son subproductos que pueden ser aprovechados, se busca evaluar el potencial de estos y las condiciones que deben cumplir para poder ser utilizados como recurso energético.

**Tabla 4***Relación de residuos generados por empresas agroindustriales*

Empresa	Fruta	Cantidad Total de residuos (kg/día)
1	Guayaba, piña	3,3
2	Tomate de Árbol, mango, papaya, sandia	1000
3	Maracuyá, mango, piña	8000
4	Naranja, guayaba	1233
5	Café	0,164
6	Sacha inchi	6575

*Nota.* Relación de residuos generados en la industria alimentaria, Modificado de (González y otros, 2019)

### **2.3.2. Composición físico-química de la cascarilla del Sacha inchi**

La composición química de la cáscara de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*), se analiza mediante espectrometría óptica de plasma acoplada inductivamente (ICP-OES), para determinar el contenido de minerales y metales pesados, se realiza un análisis proximal con el objetivo de anticipar su potencial uso en la agroindustria; la cáscara está compuesta por fibra (77.8%), magnesio (684.7 mg/kg), potasio (3736.2 mg/kg), calcio (2668.2 mg/kg) y (Benítez y otros, 2019).

### **2.3.3. Composición fisicoquímica de la cascarilla de Café**

La cascarilla del café es un subproducto de la producción del café que consiste en la capa externa de la semilla de café, en términos generales, la composición físico-química de la cascarilla de café puede variar dependiendo de diferentes factores, como la variedad de la planta del café, el proceso de producción y el almacenamiento (Hernandez & Garcia, 2019). No obstante, de acuerdo con investigaciones recientes, se ha identificado una composición química típica en la cascarilla de café, que incluye:

**Tabla 5**  
*Características de la cascarilla de Café*

Composición de la cascarilla del café	
Celulosa	10 - 17%
Lignina	24 - 30%
Hemicelulosa	20 - 26%
Proteína	2 - 5%
Grasa	1 - 2%
Ceniza	2 - 4%
Carbohidratos	9 - 15%

## **2.4. CARACTERIZACIÓN DE LOS BIOPOLÍMEROS**

### **2.4.1. Los biopolímeros**

Son macromoléculas sintetizadas que comúnmente son proteínas que están presentes en los seres vivos. Los polisacáridos tienen la función estructural como: celulosa, quinina, pectinas y alginatos, pero también cuenta con funciones de reservar energía en el reino vegetal (Riaño, 2020). La termogravimetría es un método de análisis térmico diseñado para identificar y cuantificar los cambios químicos y físicos que experimentan los materiales ante variaciones controladas de temperatura (Rodríguez & Villegas, 2022).

### **2.4.2. Biopolímeros de alta densidad**

Son materiales poliméricos que se caracterizan por su alta densidad porque son producidos por organismos vivos y tienen varias aplicaciones, incluida la industria médica, de alimento y la industria del embalaje (Mespólimeros, 2021).

### **2.4.3. Usos**

Los biopolímeros tienen una amplia variedad de aplicaciones, según el tipo de biopolímero que se extrae, algunos se ocupan en la elaboración de plásticos biodegradables y sostenibles, también se usan en la producción de cosméticos, alimentos y medicamentos como también se utilizan en la creación de prótesis e implantes en medicina y odontología, y en la fabricación de instrumentos

quirúrgicos, sin embargo, es importante destacar que el uso de biopolímeros para fines estéticos, como el aumento de glúteos, puede tener graves riesgos para la salud y se debe evitar su utilización fuera de los estándares médicos y regulaciones necesarias (Valdiviezo y otros, 2020).

#### **2.4.4. Aplicaciones de los biopolímeros**

Según Valdiviezo et al (2020), biopolímeros son ocupados en varias industrias, incluidas la farmacéutica, de alimentos y la industria en general. A continuación, se presentan algunas de las aplicaciones más frecuentes:

- En medicina, los biopolímeros se utilizan para fabricar prótesis, articulaciones, implantes y otros dispositivos médicos.
- En la industria alimentaria, los biopolímeros se utilizan para fabricar envases y embalajes. La celulosa y otros biopolímeros son biodegradables y podrían ser una alternativa más ecológica a los plásticos tradicionales.
- En la industria en general, los biopolímeros se utilizan para fabricar materiales biodegradables, como bolsas de la compra y otros productos de un solo uso. También se están desarrollando biopolímeros para aplicaciones energéticas como biocombustibles y pilas de combustible.
- En la agricultura, los biopolímeros se utilizan para fabricar películas y recubrimientos protectores para reducir el uso de pesticidas y mejorar la conservación de los cultivos.

En síntesis, los biopolímeros se emplean en múltiples sectores industriales y se prevé que su utilización siga expandiéndose en los próximos años gracias a sus características sostenibles y amigables con el medio ambiente.

#### **2.4.5. Norma NTE INEN 2644 para plásticos biodegradables**

La norma proporciona la guía para la clasificación y evaluación de la tasa de degradación controlada derivada de ensayos de laboratorios, así como de los niveles de pérdida de propiedades físicas de los polímeros durante procesos térmicos y foto oxidativos al mismo tiempo aborda la biodegradabilidad y los impactos ecológicos posteriores al uso, considerando entornos de disposición como el suelo, vertederos y composta donde la oxidación térmica puede tener lugar (NTE INEN 2644, 2024).

#### **2.4.6. Proceso de obtención del biopolímero de alta densidad**

El proceso de obtención de un biopolímero puede variar dependiendo del tipo que se esté fabricando, sin embargo, en general, el proceso involucra una sucesión de pasos como la selección de la materia prima, la extracción, el tratamiento y la transformación del material (García G. , 2019).

Este proceso se enmarca en la industria química, específicamente dentro del ámbito de la conversión de biomasa en productos poliméricos sólidos de alto valor agregado, el objetivo es desarrollar biopolímeros donde se pueda reemplazar al menos parcialmente el fenol por materiales residuales renovables de menor costo (Jaume, 2018).

#### **2.4.7. Como se hace un biopolímero**

Para obtener un biopolímero de alta densidad, se pueden seguir algunos pasos claves como:

- Selección de materiales: Elegir un material base adecuado que tenga la capacidad de formar un biopolímero de alta densidad. Algunos ejemplos comunes incluyen almidón, celulosa, proteínas y polihidroxialcanoatos (PHA).
- Proceso de extracción: Extraer el material base de origen natural, como el almidón de maíz o la celulosa de plantas, de manera adecuada y eficiente. Esto puede implicar procesos como la molienda, el lavado y la separación de impurezas.
- Modificación química: Realizar modificaciones químicas en el material base para mejorar sus propiedades y promover una mayor densidad en el biopolímero resultante. Estas modificaciones pueden incluir reacciones de esterificación, polimerización o copolimerización.
- Procesamiento y moldeo: Una vez que se ha obtenido el biopolímero modificado, se puede procesar y moldear utilizando técnicas como la extrusión, inyección o termoformado. Estos procesos ayudarán a dar forma al biopolímero y aumentar su densidad.

- Control de calidad: Realiza pruebas y análisis para verificar la densidad del biopolímero obtenido. Esto puede incluir pruebas de densidad aparente, densidad real y otras pruebas físicas y químicas relevantes.

Es relevante considerar que el procedimiento exacto puede variar, dependiendo del tipo de biopolímero y los materiales utilizados. Además, es recomendable seguir las pautas y regulaciones establecidas para la producción de biopolímeros, especialmente en términos de sostenibilidad e impacto ambiental (Espinoza, 2020).

#### **2.4.8. Características del biopolímero de alta densidad**

Las características que presenta el biopolímero de alta densidad son:

##### **a) Densidad**

La densidad está influenciada por la cantidad de agua empleada en la formulación y se expresa en  $\frac{kg}{m^3}$ , así como por el tamaño y la cantidad de celdas, tanto abiertas como cerradas (Pérez, 2019).

##### **b) Espesor**

Se refiere al grosor de un elemento, que revela la anchura de la capa de un material particular, está vinculado con la resistencia o elasticidad del material, este parámetro es medido mediante un micrómetro (Avellán y otros, 2020). Según Avellán et al (2020), mencionan que la certificación del producto, tanto a nivel local, nacional e internacional, se encuentra respaldada por la competitividad del producto en relación con los objetivos planteados y su aspecto.

##### **c) Humedad**

Se refiere a la cantidad de agua presente en forma de vapor ya sea dispersa en un sólido o condensada en una superficie debido a que los procesos de secados realizados mediante calentamiento y siguiendo metodologías estandarizadas para conocer el contenido de humedad en diversos productos, la estimación del porcentaje de humedad se hace a través del proceso de desecación en una estufa en lo que implica reducir dicho contenido mediante la evaporación del agua (Guamán, 2019).

#### **d) Fuerza de tensión**

La capacidad de elongación bajo tracción indica el punto de degradación de un material, la cual puede verse influenciada por diversos factores, en esencia, esta prueba suministra información sobre la carga máxima y resistencia a la tracción que el material puede resistir antes de romperse. (Guamán, 2019).

#### **e) Biodegradabilidad**

Es la capacidad de un material para descomponerse en metano, dióxido de carbono agua u otros compuestos mediante la acción de enzimas, por lo que este proceso se mide a lo largo del tiempo mediante análisis estandarizados, en el que refleja la descomposición del material por organismos vivos o enzimas (García, 2019).

#### **f) Solubilidad**

La capacidad de disolverse en agua, lo que se determina es una característica física que influye en la degradabilidad en una película, cuanto mayor sea la solubilidad, menor será la resistencia al agua de la película aumentando la posibilidad de ruptura, esta propiedad desempeña un papel crucial al indicar la funcionalidad del biopolímero siendo relevante para las aplicaciones con alimentos con altos o bajos niveles de humedad (Criollo, 2019).

#### **g) Permeabilidad**

La tasa de transmisión de vapor de agua, medida por unidad de área y diferencia de presión entre dos superficies definidas bajo condiciones específicas de temperatura y humedad, resulta fundamental en la fase de diseño, producción y comercialización de materiales, incluyendo el biopolímero de alta densidad (Chicaiza, 2019).

#### **h) Espectroscopia FTIR**

Este método consiste en una técnica analítica empleada en la identificación de materiales, ya sean poliméricos, orgánicos, y en ocasiones, inorgánicos, su uso implica el uso de luz infrarroja para escanear muestras y examinar sus propiedades químicas (Bize, 2023).

#### 2.4.9. Acetato de polivinilo (PVA)

El acetato de polivinilo, comúnmente conocido con la abreviatura PVA, es un polímero sintético soluble en agua con diversas aplicaciones en numerosas industrias. La fórmula química es  $(C_4H_6O_2)_n$  (García y otros, 2021).

La producción comercial de PVA comenzó en la década de 1930. Según García (2021), menciona que desde entonces su producción y uso ha aumentado exponencialmente debido a su versatilidad que ofrece frente a otros materiales.

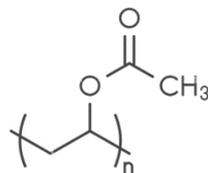
##### Propiedades y características

- **Flexibilidad:** Una de las propiedades más notables del PVA es su flexibilidad. Esta propiedad lo hace ideal para muchas aplicaciones donde se requiere un material fuerte pero flexible.
- **Solubilidad:** El PVA es soluble en agua, por lo tanto, puede usarse en aplicaciones donde se requiere una solución acuosa o donde es deseable que el material se disuelva con el tiempo.
- **No toxicidad:** El PVA no es tóxico y, por lo tanto, es seguro para su uso en aplicaciones que entran en contacto con alimentos o productos de consumo (García y otros, 2021).

El PVA, o alcohol polivinílico, es un polímero sintético soluble en agua que tiene la siguiente estructura química.

##### Figura 4

*Estructura química del PVA*



*Nota.* Contiene una estructura química que incluye unidades repetitivas de acetato de polivinilo, proporcionando al polímero propiedades adhesivas y flexibles.

#### 2.4.10. Gelatina - Almidón

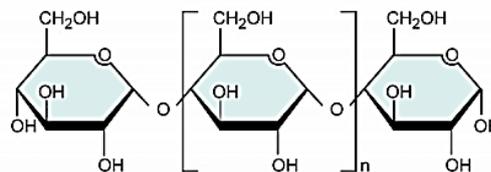
La gelatina, una mezcla coloidal incolora y transparente, se obtiene mediante la ebullición de tejido conectivo animal, específicamente colágeno, en agua, a pesar de ser una proteína compleja compuesta de aminoácidos, carece de ciertos elementos esenciales para la nutrición humana, como la tirosina, el triptófano y la valina, lo que la excluye como un alimento nutritivo (Puyana y otros, 2020).

El almidón es un carbohidrato compuesto por hidrógeno, oxígeno y carbono, tiene como estructura fundamental una unidad de azúcar. Biológicamente, se trata de una macromolécula polimérica formada por la unión de azúcares simples, mayormente glucosa (Rojas y otros, 2020).

El almidón es un polisacárido que se encuentra comúnmente en plantas y constituye una de las principales fuentes de energía en la dieta humana. Su estructura química se presenta en la siguiente figura.

**Figura 5**

*Estructura del almidón*



*Nota:* Extraído del artículo enciclopedia de biología (2019).

#### 2.4.11. Fabricación de un vaso biodegradable

La fabricación de vasos de bioplástico se lleva a cabo en una serie de procesos industriales (FabIndus, 2023). A continuación, se da a conocer cada etapa:

- Extrusión:** Este proceso implica la producción de una lámina de bioplástico, la cual será utilizada para la fabricación de los vasos.
- Termoformado:** En este proceso, la lámina de plástico se calienta y se coloca en un molde, donde se le da la forma deseada al vaso.
- Corte:** Después de que el vaso adquiere su forma, se corta la parte sobrante de la lámina del bioplástico y se separa el vaso del molde.

d) **Acabado:** En esta etapa, se retocan los bordes del vaso y se le da el acabado final.

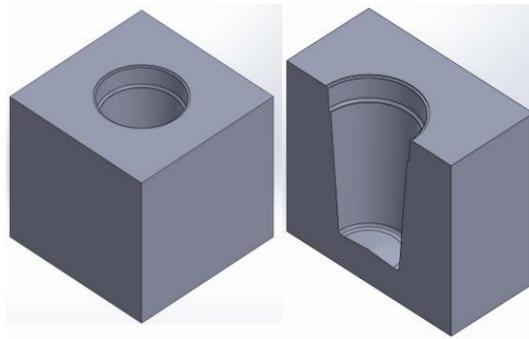
e) **Empaquetado:** Finalmente, los vasos se empaquetan.

## 2.5. PROTOTIPO DEL EQUIPO

Una vez que se obtiene el prototipo del modelo se puede empezar a diseñar el molde, a la hora de diseñarlo hay que tener en cuenta diferentes aspectos como la geometría y posicionamiento de los pernos de ajuste.

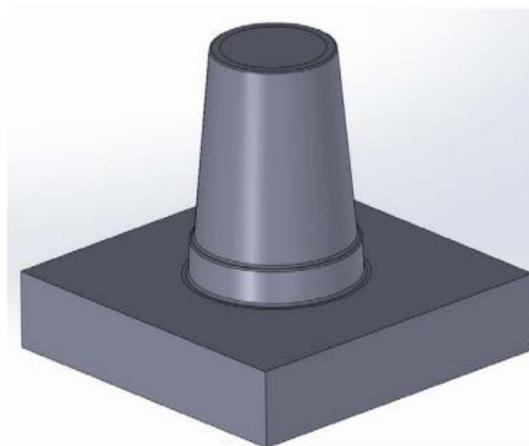
**Figura 6**

*Prototipo de la cavidad*



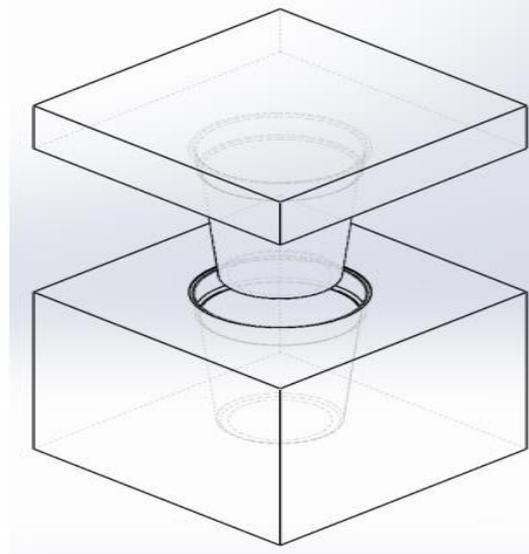
**Figura 7**

*Prototipo del núcleo*



**Figura 8**

*Prototipo del núcleo - cavidad*



## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

##### 3.1.1. Localización de la investigación

**Tabla 6**

*Localización de la investigación*

Ubicación	Localidad
Provincia	Bolívar
Cantón	Guaranda
Parroquia	Gabriel Ignacio Veintimilla
Sector	Laguacoto II
Dirección	Laguacoto II. (Guaranda Km. 1 ½ vía San Simón)

##### 3.1.2. Zona de vida

Según la clasificación del botánico y climatólogo Leslie Holdridge, la región se encuentra dentro del bosque húmedo montano bajo (BHMB).

##### 3.1.3. Situación geográfica y edafoclimática.

**Tabla 7**

*Aspectos generales del territorio*

Parámetros	Valores
Altitud promedio	2 630 msnm
Latitud	01° 36'52''S
Longitud	78° 59'54''W
Temperatura máxima	21 °C
Temperatura mínima	7 °C
Temperatura media	14,4 °C
Humedad relativa	70%
Velocidad de viento	6 m/s

*Nota:* Tomado de Estación Meteorológica Laguacoto II. UEB 2023.

## **3.2. MATERIALES**

### **3.2.1. Material experimental**

- Cascarilla de Sacha Inchi
- Cascarilla de café
- Acetato de polivinilo (PVA)
- Almidón
- Gelatina
- **Material de campo**
  - Computador portátil
  - Esferos
  - Hojas
  - Impresora
  - Calculadora
  - Memoria USB
- **Material de bioseguridad**
  - Visor
  - Guantes
  - Mascarilla
  - Cofia
  - Alcohol
- **Materiales de Laboratorio**
  - Varilla de vidrio
  - Probetas (100 ml, 50 ml)
  - Vaso de precipitación (200 ml, 250 ml)
  - Pinzas
  - Crisoles
  - Erlenmeyer
  - Embudo
- **Reactivos**
  - Agua destilada tipo 1 H<sub>2</sub>O
  - Ácido acético (CH<sub>3</sub>COOH)

➤ **Equipos**

**Tabla 8**

*Equipos a utilizarse*

Equipo	Modelo
Romanilla digital	AeADAM
Balanza gramera	TXB622L
Balanza analítica	PA224
Plancha de agitación magnética	GLASSCO, LABORATORY
Molino PRO-ME-DI	CYCLONE MILL
Plancha de calentamiento	F20710174
Sellador	AIE-200
Plancha de calentamiento	VELP CIENTÍCO
Estufa	memmert 30-1060
Extractor de gases	VA120960ADSG
Plancha de calentamiento y agitación	C-MAG HS 7 S1
Estufa	memmert 100-800
Tamizador	HUMBOLDT, 120 V 60Hz
Balanza analítica	CX 301
Balanza analítica	RADWAG
Plancha de calentamiento y agitación	GLASSCO, 150 MM 50-1500 RPM
Desecador	DURAN
Potenciómetro	HACH HQ, 40D
Balanza analítica	ATX224
Pie de rey Digital	TRUPER DIGITAL CALIPER (0-150 mm)
Bomba de Vacío	ROCKER 610

*Nota.* La ubicación de estos equipos se encuentra distribuidos entre el laboratorio de vinculación e investigación y el laboratorio general de la UEB

### 3.3. MÉTODOS

#### 3.3.1. Factores de estudio

Los factores considerados para la elaboración de un biopolímero son: Factor A, Tipos de materias primas (Sacha Inchi y Café) con dos niveles, Factor B, PVA tres niveles y Factor C, Tipo de espesante con dos niveles. Donde la variable respuesta es la fuerza de tensión y la densidad.

**Tabla 9**

*Factores en estudio*

Factores	Código	Nivel
Tipo de materia Prima	A	$a_1$ : Cascarilla de Sacha inchi
		$a_2$ : Cascarilla de Café
Acetato de polivinilo (PVA)	B	$b_1$ : 42 %
		$b_2$ : 40 %
		$b_3$ : 38 %
Tipo de Espesante	C	$c_1$ : Almidón
		$c_2$ : Gelatina

### 3.3.2. Tratamientos

Los tratamientos se conforman mediante la combinación de todos los niveles de los factores AxBxC.

**Tabla 10**

*Combinaciones de tratamientos*

Tratamiento	Código	Niveles		
		Tipos de materia prima	Acetato de polivinílico (PVA)	Tipo de espesante
T1	$a_1b_1c_1$	Cascarilla de Sacha Inchi	42%	Almidón
T2	$a_1b_1c_2$	Cascarilla de Sacha Inchi	42%	Gelatina
T3	$a_1b_2c_1$	Cascarilla de Sacha Inchi	40%	Almidón
T4	$a_1b_2c_2$	Cascarilla de Sacha Inchi	40%	Gelatina
T5	$a_1b_3c_1$	Cascarilla de Sacha Inchi	38%	Almidón
T6	$a_1b_3c_2$	Cascarilla de Sacha Inchi	38%	Gelatina
T7	$a_2b_1c_1$	Cascarilla de Café	42%	Almidón
T8	$a_2b_1c_2$	Cascarilla de Café	42%	Gelatina
T9	$a_2b_2c_1$	Cascarilla de Café	40%	Almidón
T10	$a_2b_2c_2$	Cascarilla de Café	40%	Gelatina
T11	$a_2b_3c_1$	Cascarilla de Café	38%	Almidón
T12	$a_2b_3c_2$	Cascarilla de Café	38%	Gelatina

### 3.3.3. Descripción técnica del ensayo

Con los factores en estudio se detallan las características del experimento, número de factores, niveles de cada factor, número de réplica y variable respuesta para el diseño.

**Tabla 11**

*Características de la experimentación del biopolímero*

Atributos del Diseño Factorial	
Número de factores experimentales	3
Número de niveles factor A	2
Número de niveles factor B	3
Número de niveles factor C	2
Número de replicas	2
Unidades experimentales	24
Tamaño de la muestra	60 g
Respuestas experimentales	2

### 3.3.4. Tipo de diseño experimental o estadístico

Se empleó un diseño en arreglo factorial AxBxC (2x3x2) con 2 repeticiones, el siguiente modelo matemático es el siguiente:

#### Modelo matemático del diseño

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

#### Donde:

$Y_{ijkl}$  : corresponde a la i-ésima observación de un conjunto de datos.

$\mu$  = media general.

$\alpha_i$  = efecto debido al i-esimo nivel del factor A.

$\beta_j$  = efecto del j-esimo nivel del factor B.

$\gamma_k$  = efecto del j-esimo nivel del factor C.

$(\alpha\beta)_{ij}, (\alpha\gamma)_{ik}, (\beta\gamma)_{jk}$  = efecto de interacción doble en los niveles  $ij, ik, jk$ .

$(\alpha\beta\gamma)_{ijk}$  = efecto de interacción triple en la combinación  $ijk$ .

$\varepsilon_{ijkl}$  = error aleatorio en la combinación  $ijk$ .

➤ **Análisis de varianza (ANOVA) para el diseño AxBxC**

Se utilizó un análisis de varianza para las variables experimentales con el fin de discernir las disparidades entre los tratamientos. En la tabla 12 se presenta el análisis de varianza para el diseño factorial AxBxC, detallando la fuente de variabilidad de los efectos: A, B, C y de las interacciones AB, AC, BC. El desglose o nivel de detalle en el estudio está determinado por la cantidad de niveles empleados en cada factor, así como por el efecto del error experimental.

**Tabla 12**

*Análisis de varianza (Anova) para el diseño en arreglo factorial AxBxC*

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F <sub>0</sub>	Valor-p
Efecto A	SC <sub>A</sub>	a-1	CM <sub>A</sub>	CM <sub>A</sub> /CM <sub>E</sub>	P(F > F <sub>0</sub> <sup>A</sup> )
Efecto B	SC <sub>B</sub>	b-1	CM <sub>B</sub>	CM <sub>B</sub> /CM <sub>E</sub>	P(F > F <sub>0</sub> <sup>B</sup> )
Efecto C	SC <sub>C</sub>	c-1	CM <sub>C</sub>	CM <sub>C</sub> /CM <sub>E</sub>	P(F > F <sub>0</sub> <sup>C</sup> )
Efecto AB	SC <sub>AB</sub>	(a-1)(b-1)	CM <sub>AB</sub>	CM <sub>AB</sub> /CM <sub>E</sub>	P(F > F <sub>0</sub> <sup>AB</sup> )
Efecto AC	SC <sub>AC</sub>	(a-1)(c-1)	CM <sub>AC</sub>	CM <sub>AC</sub> /CM <sub>E</sub>	P(F > F <sub>0</sub> <sup>AC</sup> )
Efecto BC	SC <sub>BC</sub>	(b-1)(c-1)	CM <sub>BC</sub>	CM <sub>BC</sub> /CM <sub>E</sub>	P(F > F <sub>0</sub> <sup>BC</sup> )
Efecto ABC	SC <sub>ABC</sub>	(a-1)(b-1)(c-1)	CM <sub>ABC</sub>	CM <sub>ABC</sub> /CM <sub>E</sub>	P(F > F <sub>0</sub> <sup>ABC</sup> )
Error	SC <sub>E</sub>	abc(n - 1)	CM <sub>E</sub>		
Total	SC <sub>T</sub>	abcn-1			

*Nota:* Tomado de *Análisis y diseño de experimentos*, por (Gutiérrez & Román, 2019)

### ➤ Pruebas de rangos múltiples

Se utilizó la prueba de diferencia mínima significativa (LSD) para establecer si los tratamientos difieren significativamente.

#### Método LSD

$$LSD = |\bar{Y}_i - \bar{Y}_j| > t_{\left(\frac{\alpha}{2}, N-k\right)} \sqrt{CM_E \left(\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j}\right)}$$

*Donde:*

LSD = Valor de la diferencia mínima significativa.

$k$  = número de tratamientos.

$|\bar{Y}_i - \bar{Y}_j|$  = Valor absoluto entre las medias muestrales.

$t_{\left(\frac{\alpha}{2}, N-k\right)}$  = Distribución T de Student con N-k grados de libertad que corresponden al error.

$CM_E$  = Cuadrado medio del error que se obtiene de la tabla ANOVA.

$n_i, n_j$  = Número de observaciones para los tratamientos  $i$  y  $j$ , respectivamente.

En caso de rechazar la  $H_0$ , se acepta la hipótesis alternativa, la cual nos dice que las medias de los tratamientos son diferentes.

## 3.4. CARACTERIZACIÓN DE LAS MATERIAS PRIMAS

### 3.4.1. Humedad

La determinación del contenido de humedad se llevó a cabo en el laboratorio general de la Universidad Estatal de Bolívar (UEB). Para lo cual se utilizó la metodología de la norma técnica ecuatoriana “INEN 518” para harina de origen vegetal. Se tomó una muestra de 1,0000 gr de cascarilla (Sacha Inchi – Café) y se colocó en los crisoles, por consiguiente, se procede a dejar en la estufa. La toma de datos se lo realizo por cada hora para así determinar la cantidad de humedad retirada de las muestras, hasta llegar a estabilizarlas. Finalmente se pesó la muestra con el

objetivo de tener un peso final y poder comparar con el peso inicial, dando como resultado el porcentaje de humedad presente en las materias primas.

La ecuación utilizada para determinar la humedad es la siguiente:

$$H = 100 * \frac{m - m_1}{m}$$

### **3.4.2. pH**

El pH se determinó en el laboratorio general de la Universidad Estatal de Bolívar (UEB), se utilizó la metodología de la norma técnica ecuatoriana “INEN 526” para harinas de origen vegetal. Determinación de la concentración de ion hidrogeno. Por lo que se pesó 1,0000 gr de muestra de cascarilla (Sacha inchi – Café). Se añadieron 20 ml de agua destilada a un vaso de precipitación y se mezclaron las muestras de cascarilla con el agua hasta lograr una mezcla homogénea. Luego, se realizó una lectura directa con el potenciómetro de electrodo de vidrio en el vaso de precipitación con la muestra, tomando precaución de evitar que el electrodo entrara en contacto con las paredes del recipiente. Este procedimiento se realizó dos veces para así obtener una variación estándar menor. Finalmente, los datos obtenidos se comparan con informes anexados por otros autores.

### **3.4.3. Ceniza**

El contenido de cenizas fue desarrollado en el laboratorio general de la Universidad Estatal de Bolívar (UEB), se empleó la metodología de la norma técnica ecuatoriana “INEN 520” para harinas de origen vegetal. Determinación de la ceniza. Se pesó 3,0000 gr de muestra de cascarilla (Sacha inchi – Café). Donde las muestras fueron colocadas en los crisoles para lo cual estos debían estar secos previamente antes de utilizarse. Se procede a incinerar las muestras gradualmente en la mufla, ya incinerada las muestras se coloca dentro de la mufla a 500 °C por 5 horas o hasta que la ceniza de las muestras sea de color blanco. Finalmente se procedió a pesar las muestras para así comparar con las muestras iniciales dando como resultado el porcentaje de ceniza de las materias primas (Sacha inchi -Café).

Ecuación para determinar la humedad:

$$C = \frac{m_1 - m}{m_2 - m} \times 100$$

#### **3.4.4. Celulosa**

La determinación de la celulosa fue realizada en el laboratorio de investigación de la Universidad Estatal de Bolívar (UEB). Por lo que se utilizó la metodología de Kurschner & Hoffer para residuos lignocelulósicos en cascarillas de Sacha Inchi y Café. Se procedió a pesar 1 gr de la muestra (Sacha Inchi y Café), luego se colocó en las bolsas Filter bags y se las selló, se agregó 5 ml de ácido Nítrico y 20 ml de etanol, posterior a esto se colocó en el condensador por 20 min pasado ese tiempo retiramos los residuos químicos y se repitió el proceso esta vez se dejó por 30 min pasado este tiempo se retira los residuos químicos. Posterior se agregó 100 ml de agua destilada en el condensador durante 1 hora, después, se lavó con 100 ml de agua destilada caliente con el objetivo de retirar todos los químicos presentes en las muestras seguido se realizó un lavado con 100 ml de solución saturada de acetado de sodio, finalmente, se realizó un lavado con 500 ml de agua destilada caliente, posteriormente se colocó la muestra en una estufa a 105 °C por 90 min. Una vez concluido este tiempo, se retiraron las muestras y se dejaron enfriar a temperatura ambiente. Finalmente, se procedió a pesar las muestras secas para calcular el porcentaje de celulosa contenido en las materias primas a trabajar.

$$\% \text{ celulosa} = \frac{pf}{pi} \times 100$$

#### **3.4.5. Limpieza y molienda de las materias primas**

Para llevar a cabo el análisis de caracterización de las cascarillas de las semillas de Sacha Inchi y café se debe remover la cascarilla de la parte carnosa como se muestra en las figuras 9 y 10 para posteriormente pasar por una molienda y obtener gránulos pequeños, como se muestra en las figuras 11 y 12.

**Figura 9**

*Cascarilla de Sacha inchi*



**Figura 10**

*Cascarilla de Café*



**Figura 11**

*Cascarilla de Sacha inchi Triturada*



## **Figura 12**

### *Cascarilla de Café Triturada*



Luego de triturar las cascarillas de Sacha Inchi y Café, se realizarán pruebas de composición físico -químicas.

#### **3.4.6. Descripción y diagrama de flujo del proceso**

Este proceso está compuesto por las siguientes etapas:

- a) Recepción
- b) Clasificación
- c) Trituración
- d) Empacado

A continuación, se describen las etapas del proceso:

##### **a) Recepción**

Durante esta fase, se reciben las materias primas para la elaboración del biopolímero, como las cascarillas de Sacha Inchi y café, además de la recepción de otros insumos necesarios.

##### **b) Clasificación**

En esta etapa se procede hacer una limpieza para extraer impurezas presentes en la cascarilla como basuras que no se relacionan al proceso requerido. Como derivación de esta etapa, es posible que se identifiquen materias primas en mal estado que deben ser descartadas y eliminadas.

**c) Trituración**

Una vez que la materia prima (cascarilla de Sacha Inchi, Café) estén limpias y lista para el uso, se procede a ser trituradas hasta lograr un producto en forma de harina.

El molino separa la película de la cascarilla y tritura el cuerpo principal de la materia prima para su proceso, en esta fase, se usa electricidad para el funcionamiento de los molinos y como resultado se obtiene la cascarilla de Sacha Inchi y del café en forma de harina.

**d) Almacenado**

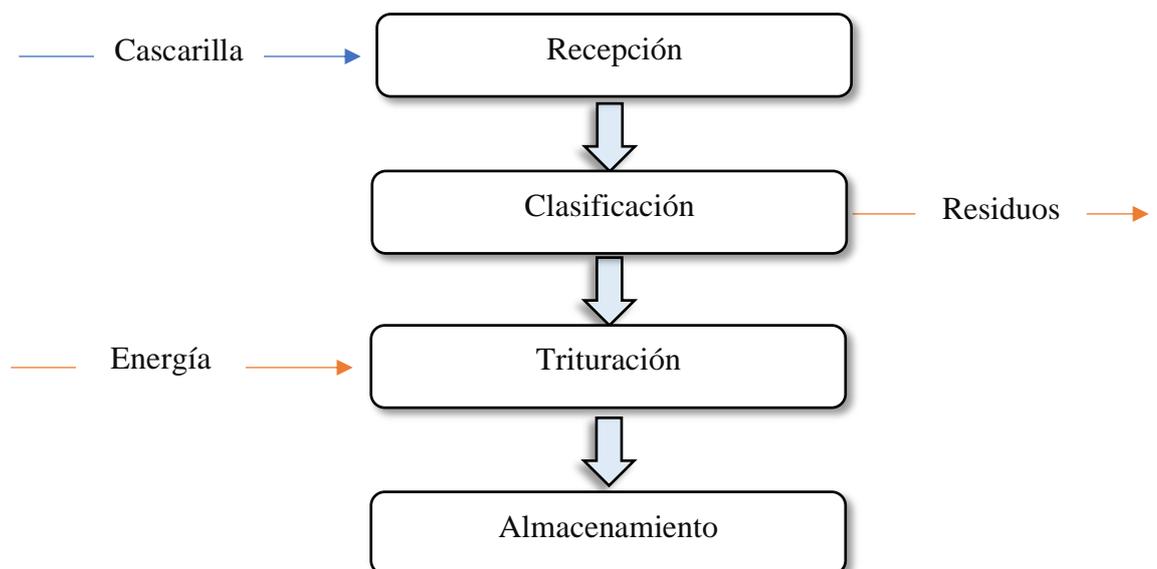
Una vez finalizado el proceso de trituración, se procede a pesar el producto y empacado para luego ser almacenada en un lugar fresco.

Esta etapa necesita electricidad para que las balanzas funcionen, en esta actividad se genera residuos sólidos (fundad dañadas).

**3.4.7. Diagrama de flujo para la trituración de las cascarillas**

**Figura 13**

*Diagrama de flujo de la limpieza y molienda de las cascarillas.*



### **3.5. DESCRIPCIÓN DE LA OBTENCIÓN DEL BIOPOLÍMERO**

Para obtener el biopolímero de alta densidad primero se procedió a pesar todos los aditivos a utilizar como son el acetato de polivinilo (PVA), espesante y materia prima (cascarillas de café y sachá inchi), posterior a ello se procede a realizar la disolución del PVA, donde se dispone un vaso precipitado de 200 ml, que contiene 80 ml de agua destilada en una plancha de calentamiento y agitación, donde se colocó 33,6 gr para la primera combinación del 38 % de concentración, 32 gr para la segunda combinación del 40 % de concentración y 30,4 gr para la tercera combinación del 38 % de concentración, se procede a agitar a 15000 rpm, luego de verificar que se haya disuelto totalmente el PVA en el agua se procede a ir insertando la materia prima en la mezcla de PVA, por último, para lograr una óptima mezcla se procedió a colocar el espesante previamente disuelto. Esta mezcla se mantiene en la plancha de calentamiento hasta que logre llegar a una temperatura de 65 °C – 70 °C, luego de que se logre alcanzar la temperatura mencionada se procede a retirar y colocar la mezcla en moldes de silicón y llevarlo a una estufa a una temperatura de 45 ± 5 °C por 24 horas. Aplicando esta metodología logramos obtener una plancha de biopolímero con un espesor de 1.5 mm ± 0.10 mm.

#### **3.5.1. Descripción del diagrama de flujo**

Este proceso este compuesto por las siguientes etapas:

- a) Recepción de la materia prima
- b) Pesado
- c) Mezclado
- d) Calentamiento
- e) Moldeo
- f) Secado
- g) Desmoldeo
- h) Secado
- i) Almacenamiento

Las etapas del proceso se describen a continuación:

#### **a) Recepción de la materia prima**

Esta fase corresponde a la recepción de la materia prima destinada a la fabricación del biopolímero, antes de iniciar el proceso productivo. Las principales materias primas recibidas son la cascarilla de Sacha Inchi o del café, el PVA, y la gelatina o el almidón. Como consecuencia de esta etapa, es posible que se genere materia prima defectuosa.

#### **b) Pesado**

Esta fase implica la recepción y pesaje de todas las materias primas mediante una balanza electrónica. Para el correcto funcionamiento de esta etapa, se necesita suministro eléctrico para la balanza y una precisión meticulosa.

#### **c) Mezclado**

Es el proceso de combinación de varios materiales, diferentes junto con una aportación de energía.

Se realiza a través de una mezcladora automatizada, donde se mezclan de manera homogénea tanto la materia prima como cada uno de los aditivos que se va aplicar en la obtención de un biopolímero. Como resultado obtenemos residuos de aditivos y de la materia prima.

#### **d) Calentamiento**

El proceso de calentamiento es una operación esencial en la industria agroalimentaria, desempeñando un papel clave en la producción del biopolímero.

Durante el proceso de determino que la temperatura precisa para la obtención del biopolímero es a una temperatura de 60 – 65°C durante un tiempo aproximado de 15 minutos.

#### **e) Moldeo**

En esta etapa consiste en dar forma a la biopelícula del biopolímero mediante la utilización de un molde ya previamente establecido, la mezcla que se obtuvo con la completa homogenización de cascarilla de Sacha inchi, acetato de polivinilo (PVA) y almidón o gelatina.

Donde como resultado de este proceso se obtiene un producto la completamente formado con las características de un vaso convencional.

#### **f) Secado**

La etapa de moldeo es una fase fundamental en muchos procesos de fabricación donde se da forma a un material en estado líquido o plástico para crear un objeto específico. La eliminación de la humedad es fundamental para potenciar la estabilidad, calidad y durabilidad de los productos finales. Obteniendo que el resultado de este proceso es un biopolímero con el contenido de humedad más bajo posible.

#### **g) Desmoldeo**

La etapa de desmoldeo es una fase importante en muchos procesos de fabricación que involucran la creación de objetos moldeados, sobre todo en la industria del plástico. Esta etapa ocurre después de que la biopelícula moldeada se ha solidificado o enfriado lo suficiente como para mantener su forma y se ha conformado según el molde. La función principal de la etapa de desmoldeo es separar el objeto moldeado del molde sin dañar ni deformar el producto final.

#### **h) Secado**

La etapa de secado en un proceso industrial es crucial para eliminar la humedad residual de un material antes de su uso o procesamiento posterior.

Esta etapa se encuentra en varias industrias, desde la de alimentos hasta la farmacéutica, pero también es un proceso muy esencial en la obtención de un biopolímero debido a que luego de este proceso obtener un producto final de mejor calidad.

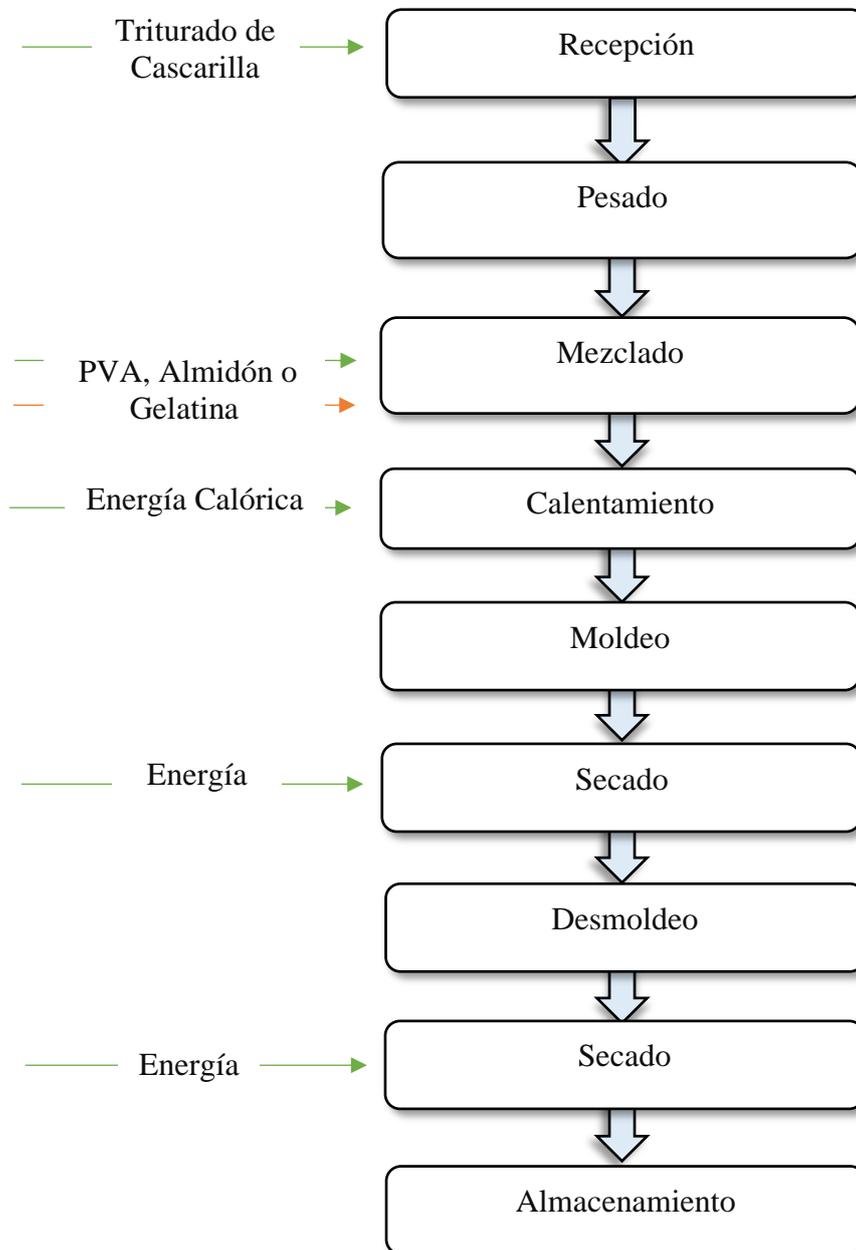
#### **i) Almacenamiento**

La etapa de almacenamiento en un proceso industrial es una fase crítica que ocurre después de la producción y antes de la distribución o el uso final del producto. Durante esta etapa, los productos terminados en este caso el vaso biodegradable es almacenados de manera segura y adecuada hasta que sean necesarios para su posterior utilización.

### 3.5.2. Diagrama de flujo del proceso de obtención del biopolímero

**Figura 14**

*Diagrama de flujo del proceso de obtención del biopolímero*



LEYENDA	
	Entrada de productos químicos al proceso
	Entrada de insumos, servicios básicos, etc. Que no contengan químicos
	Salida de residuos no peligrosos

### 3.6. ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN DEL BIOPOLÍMERO

El análisis de caracterización realizado al biopolímero de alta densidad es un proceso en el que estudia y describen las propiedades, atributos o características de del mismo. Este análisis puede realizarse en una amplia variedad de campos como se presenta a continuación.

**Tabla 13**  
*Análisis y pruebas realizadas al biopolímero*

Análisis de las variables respuesta		
Parámetro	Unidad	Método
Humedad	%	UNE-EN-ISO 18134-3
Densidad	g/mL	Rosales, 2016
Fuerza de tensión	N	Ortega y Mejía, 2022
Espesor	mm	Basiak <i>et al.</i> , 2017
Biodegradabilidad	%	Cárdenas, 2021
Permeabilidad	$\text{g h}^{-1} \text{m}^{-1} \text{MPa}^{-1}$	Arévalo, 2021
Solubilidad	%	Palma <i>et al.</i> , 2016

#### 3.6.1. Determinación de Espectroscopia

Para llevar a cabo este ensayo se utilizó la metodología empleada en el manual de Thermo Fisher Scientific Inc (2013), donde se preparó las dos muestras del tratamiento 6 y del tratamiento 12, se prepararon las muestras designadas para el análisis, posteriormente se introdujeron en el dispositivo de espectroscopia de infrarrojo por transformada de Fourier (FTIR), este equipo cuenta con un software que simplifica la recopilación de datos y la generación del espectro correspondiente, la operación implica seleccionar la opción deseada en la interfaz del software y esperar la generación del espectro requerido.

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. CARACTERIZACIÓN DE LAS MATERIAS PRIMAS

En la Tabla 14 se presentan los resultados obtenidos tras llevar a cabo el análisis de las características fisicoquímicas de las cascarillas de Sacha Inchi y café.

**Tabla 14**

*Caracterización de las materias primas*

Caracterización de las cascarillas de Sacha inchi y Café				
Análisis	Sacha inchi	Café	Unidades	Método de ensayo
pH	7,42	5,21	pH	INEN 526
Humedad	9,090	13,619	%	INEN 518
Ceniza	4,548	3,512	%	INEN 520
Celulosa	42,48	19,02	%	Kurschner&Hoffer

*Nota.* Estos análisis se lo realizo en los laboratorios de la universidad Estatal de Bolívar, basándonos en las normativas INEN.

En cuanto al pH presente en la cascarilla de Sacha inchi fue de 7,42, en otras investigaciones como la de (Bocanegra del Aguila, 2019) menciona un pH de 6,8 y 7,2 y (Betancourth y otros, 2022) reportaron un valor de 6,8 por otro lado el pH presente en la cascarilla del Café fue de 5,21, basándonos en otras investigaciones como la de (Suárez, 2018) reporta un pH entre (5,3 - 6,5), (Vásconez, 2020) reporta un pH por debajo de 5 además menciona que estos valores están dentro de estos rangos es normal debido a que siempre van a variar por las zonas de cultivo de estas frutas

El contenido de humedad presente en la cascarilla de Sacha inchi fue de 9,090%, sin embargo (Romero y otros, 2019) mencionan que es relativamente baja debido a que es una materia seca por lo tanto presenta una humedad de 6,72%. y (Gutiérrez

A. , 2019) obtuvo una humedad de 12,90%; en la cascarilla de Café se obtuvo una humedad de 13,619%, mientras tanto en la investigación de (Manals y otros, 2018) obtienen una humedad de 10,5% y (Cutíño y otros, 2019) reportan un valor de 13,1%. Esto quiere decir que la humedad de las cascarillas va a varias debido a la zona de procedencia.

La ceniza presente en las cascarillas de sachá inchi y café fue de 4,548% y de 3,512%, mientras tanto que en la investigación de (Gutiérrez A. , 2019) reporta un valor de 6,22% de ceniza presente en la cascarilla de sachá inchi, dichos datos obtenidos en base seca. Mientras tanto (Cutíño y otros, 2019) mencionan un valor de 1,2% y (Fonseca y otros, 2021) reportan un valor de 3,7%, estos valores son relativos debido a que se sitúan dentro de los rangos establecidos en las normativas.

En la cascarilla de Sachá inchi el porcentaje de celulosa fue de 42,48% mientras tanto la cascarilla de Café arroja un valor de 19,02%, mientras que en otras investigaciones como la de (Caicedo, 2023) en la que reporta un valor de 57,5% y por otro lado (Cárdenas & Ramón, 2021) mencionan un valor de 23,5%, mientras tanto para el café (Bastidas y otros, 2019) reportan un valor de 36,7%.

La diferencia de los valores reportados en esta investigación en relación con otros autores previamente citados puede atribuirse a la procedencia de los materiales y de la metodología aplicada debido a que estos factores van a jugar un rol muy importante al momento de realizar la caracterización fisicoquímica de las cascarillas.

#### **4.2. DETERMINACIÓN DEL MEJOR TRATAMIENTO**

A continuación, se detalla las cantidades utilizadas de reactivo e insumos para la elaboración de un biopolímero de alta densidad:

**Tabla 15***Resultados en función de sus variables respuesta*

Tto	Variables de respuesta						
	Densidad (g/ml)	Tensión (N)	Humedad (%)	Espesor (mm)	Bio degradabilidad (%)	Solubilidad (%)	Permeabilidad (E-04)
T1	1,50	631,68	8,92	1,54	92,97	48,4993	4,90E-04
T2	1,30	595,55	12,11	1,35	95,24	60,2933	4,10E-04
T3	1,10	673,3	10,30	1,55	94,86	45,7871	6,55E-04
T4	1,30	721,75	10,84	0,95	94,88	42,9117	3,35E-04
T5	1,50	663,21	10,01	1,23	94,95	30,6319	1,77E-04
T6	1,20	613,69	10,55	1,38	94,48	23,2708	2,06E-04
T7	0,90	630,86	9,54	1,02	93,68	35,6616	1,10E-04
T8	1,30	665,90	8,68	1,06	94,33	35,8751	1,14E-04
T9	1,40	617,80	9,75	1,46	95,02	43,7007	7,37E-04
T10	1,10	620,80	10,30	0,99	93,71	22,613	1,85E-04
T11	1,00	654,39	9,92	1,35	94,43	80,277	3,08E-04
T12	1,00	736,70	8,65	1,38	91,38	81,1191	1,23E-03

### ➤ Densidad

Se describen las densidades obtenidas en los distintos tratamientos, destacando que los tratamientos T7, T11 Y T12 presentó un promedio de densidad entre 0.9 y 1 g/ml siendo significativamente superiores a los demás tratamientos, estos tratamientos consistieron en una mezcla de cascarillas de café con concentraciones de 42 y 38 % de PVA y como espesante, gelatina.

Garza (2020), llevó a cabo una investigación sobre plásticos biodegradables elaborados con almidón de lípidos intracelulares de microalgas, donde menciona que la densidad de los biopolímeros de alta densidad suele oscilar entre 0.93 y 0.97 g/ml y el biopolímero realizado a base de microalgas alcanzó una densidad de 0.97 g/ml, la cual está influenciada por el espesor del bioplástico, en los resultados de la presente investigación, reflejan similitudes, mostrando que a menor espesor, menor densidad, esto se vincula con la interacción molecular de los componentes empleados en la investigación..

**Tabla 16***Análisis de varianza de la densidad del biopolímero*

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Materia Prima	0,24	1	0,24	10,39	0,0061
B: Acetato de Polivinilo (PVA)	0,0233333	2	0,0116667	0,51	0,6140
C: Espesante	0,00666667	1	0,00666667	0,29	0,5995
INTERACCIONES					
AB	0,19	2	0,095	4,11	0,0393
AC	0,0266667	1	0,0266667	1,15	0,3008
BC	0,0633333	2	0,0316667	1,37	0,2859
RESIDUOS	0,323333	14	0,0230952		
TOTAL (CORREGIDO)	0,873333	23			

La tabla 16 indica el análisis de varianza, la cual desglosa la variabilidad debido a la variable respuesta de densidad, debido a los factores tipo de materia prima, acetato de polivinilo (PVA), tipo de espesante, con sus diferentes niveles. Puesto que el valor de probabilidad del factor A y de la interacción A, B es menor que 0.05 estos factores ejercen un efecto significativo en el espesor del biopolímero con una confiabilidad del 95,0 %.

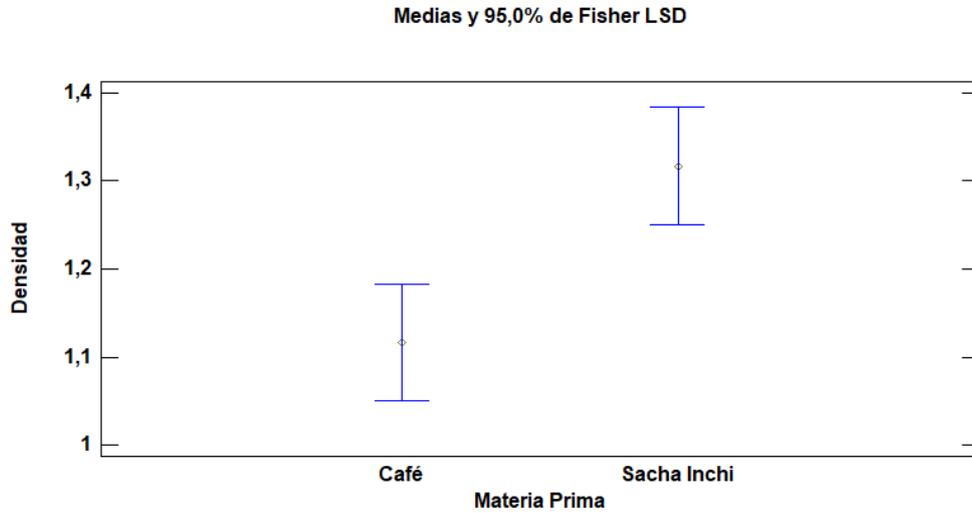
Para establecer la diferencia significativa entre medias, se llevó a cabo pruebas de múltiples rangos mediante el método LSD.

**Tabla 17***Pruebas de rangos múltiples para el factor A la densidad*

<i>Materia Prima</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Café	12	1,11667	0,0438703	X
Sacha Inchi	12	1,31667	0,0438703	X

**Figura 15**

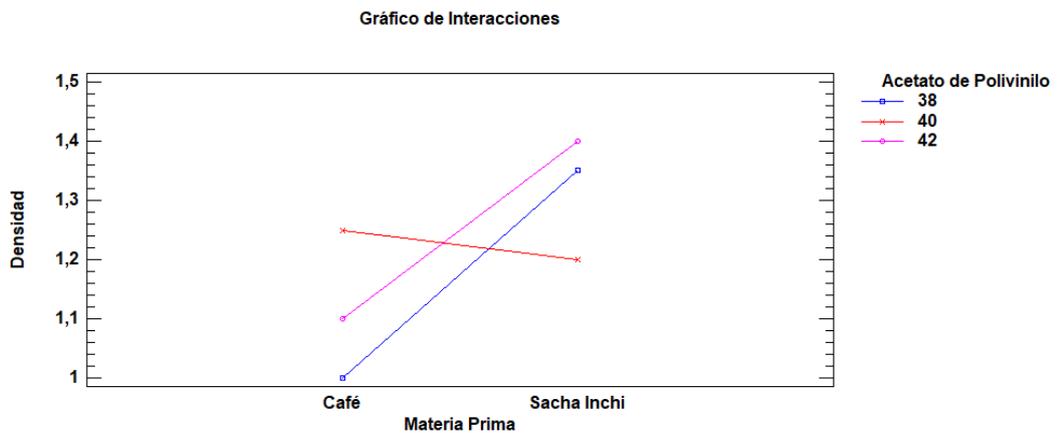
*Medias del factor A de la densidad del Biopolímero*



La tabla revela que los grupos homogéneos son distintos, destacando que la media de densidad más baja pertenece al nivel a2, registrando 1.11 g/mL. Esta disparidad se evidencia también en la figura, donde se observa que el nivel a2 no se superpone con el nivel a1. En consecuencia, se infiere que la cascarilla de café exhibe una densidad inferior. Este hallazgo coincide con los resultados previamente establecidos por (Garza, 2020), atribuyendo esta característica al grosor de la lámina del biopolímero.

**Figura 16**

*Interacción AB para la densidad del Biopolímero*



En la figura de interacciones se evidencia que el extremo correspondiente al nivel a2 exhibe una mayor densidad en el plástico biodegradable, por consiguiente, el tratamiento T7 se destaca como uno de los más efectivos. Este tratamiento consiste en la utilización de cascarilla de café (0,4000 gr), una concentración de 42% de PVA (33.6 gr) como agente espesante, almidón (4.8 gr) y agua como diluyente (80 gr). Según Ramírez J. (2016), la densidad del biopolímero es similar al de los termoplásticos convencionales, particularmente al acetato de celulosa.

### ➤ **Espesor**

Se detallan los espesores de los biopolímeros de los 12 tratamientos propuestos en la investigación, junto con sus respectivas repeticiones (mm), se observa que el tratamiento T7 presentó un espesor promedio de 1,016 mm, notablemente diferente al resto de tratamientos.

La norma NTE INEN 2542 dicta que las láminas de plástico biodegradable deben tener un espesor mínimo de 1 mm, en esta investigación, el tratamiento T8 mostró un espesor promedio de 1,057 mm, por otro lado, Vallero (2016), al trabajar con plástico biodegradable elaborado con almidón de cáscara de papa, obtuvo un espesor de 1,5 mm. Estos resultados contrastan con lo expuesto, lo que podría atribuirse a las variaciones en los porcentajes de espesante y acetato de polivinilo (PVA) utilizados en la fabricación de este tipo de productos

La tabla 18 indica el ANOVA, la cual descompone la variabilidad debido a la variable respuesta de espesor, debido a los factores tipo de materia prima, acetato de polivinilo (PVA) y tipo de espesante, con sus diferentes niveles. Los valores de probabilidad para el factor A y el factor C en las interacciones AB y BC son menores a 0.05, lo que señala que estos factores tienen significancia en el espesor del biopolímero con un nivel de confianza del 95,0 %.

**Tabla 18***Análisis de varianza del espesor en el biopolímero*

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A: Materia Prima	0,0950042	1	0,0950042	40,22	0,0000
B: Acetato de Polivinilo (PVA)	0,0498243	2	0,0249122	10,55	0,0016
C: Espesante	0,181308	1	0,181308	76,76	0,0000
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	0,246926	2	0,123463	52,27	0,0000
AC	0,0098415	1	0,0098415	4,17	0,0606
BC	0,417084	2	0,208542	88,29	0,0000
RESIDUOS	0,033069	14	0,00236207		
TOTAL (CORREGIDO)	1,03306	23			

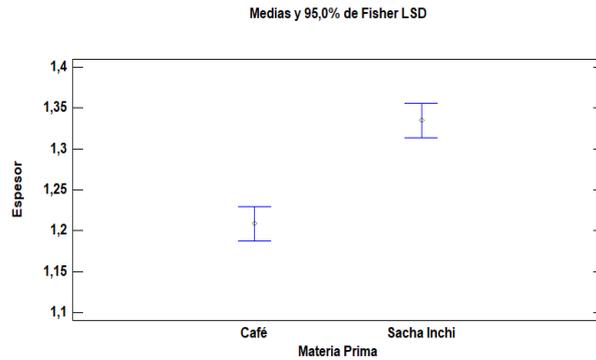
Se llevaron a cabo pruebas de rangos múltiples para confirmar las diferencias estadísticas entre los factores estudiados, evidenciando así la disparidad en las medidas analizadas.

**Tabla 19***Pruebas de rangos múltiples para el factor A del espesor*

<i>Materia Prima</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Café	12	1,20867	0,0140299	X
Sacha Inchi	12	1,3345	0,0140299	X

**Figura 17**

*Medias del factor del factor A del espesor del biopolímero*



La tabla y la figura siguientes revelan que los grupos homogéneos muestran diferencias significativas, así, en la investigación ejecutada por Guamán (2019), menciona cuando el espesor es menor, mayor será la resistencia del material, por tanto, el nivel A2 correspondiente al tipo de materia prima "cascarilla de café", alcanzó un espesor de 1,26 mm.

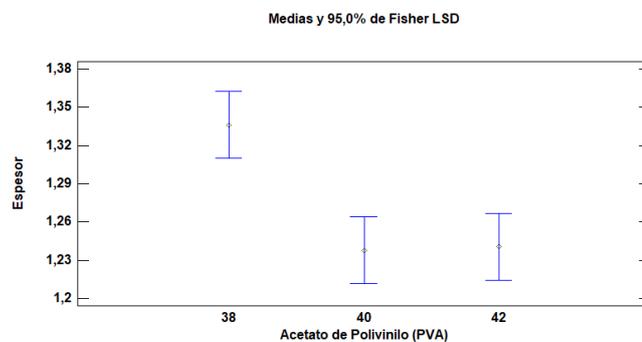
**Tabla 20**

*Prueba de rangos múltiples para el factor B del espesor*

<i>Acetato de Polivinilo (PVA)</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
40	8	1,238	0,0171831	X
42	8	1,24075	0,0171831	X
38	8	1,336	0,0171831	X

**Figura 18**

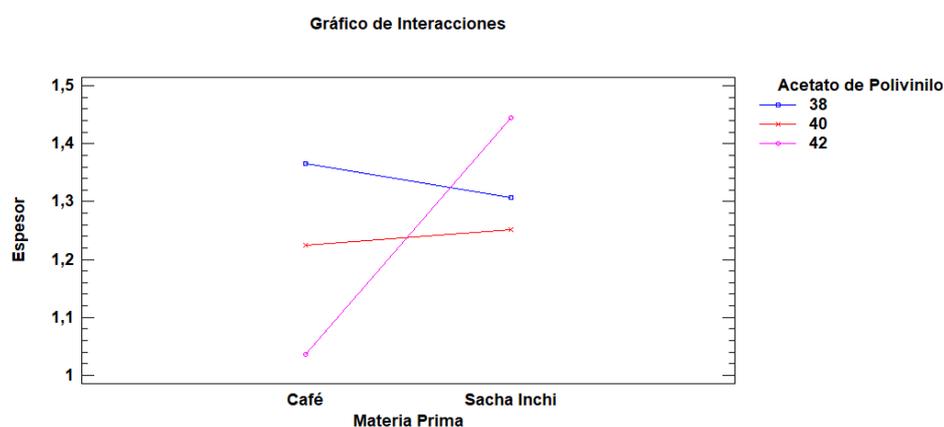
*Medias del factor B del espesor del biopolímero*



La tabla de pruebas de rangos múltiples y la figura presentan dos grupos homogéneos, entre ellos el nivel b3, que contiene una concentración de 38% de acetato de polivinilo (PVA), muestra la menor media en cuanto al espesor del plástico biodegradable. Según la norma NTE INEN 2542, las láminas de plástico deben tener un espesor de 1 mm, en los resultados de la presente investigación en algunos casos se asemejan a esta normativa, mientras que en otros son superiores, esto se debe al uso de diferentes porcentajes de PVA y espesante lo cual incrementa el espesor de las láminas de plástico biodegradable, como señala (Vallero, 2019).

### Figura 19

*Interacción Café - Sacha inchi en relación con el espesor*



La figura de interacciones muestra que en los puntos a2 (cascarilla de café) y b3 (38% de concentración de Acetato de Polivinilo (PVA)), se observa un menor espesor del plástico biodegradable, lo que se correlaciona con una mayor resistencia, según las investigaciones. Según Lopez (2023 un aumento en la cantidad de plastificante conlleva una reducción en las fuerzas intermoleculares presentes en las cadenas del plástico. Por otro lado, Inamura, (2019), sostiene que diversas interacciones entre la gelatina y el plastificante brindan al producto más flexibilidad y maleabilidad.

### ➤ Humedad

La humedad en el tratamiento T12 exhibe el promedio más bajo de humedad, con un 8.65%, mientras que el tratamiento 6 registra un 12.11% de humedad., para García (2019), señala que la cantidad de espesante (gelatina o almidón) utilizada en

la fabricación del bioplástico incrementa la humedad, esto se debe a las propiedades hidrofílicas de estas sustancias.

Cahuana (2019), reportó que el porcentaje de humedad en bioplásticos elaborados con almidón de papa varía entre 15,22% y 22,77 %, además Ramirez (2019), señala que el plástico biodegradable obtenido a partir de cáscaras de papa tiene 20,16% a 22,75 % de humedad, al comparar estos resultados con los de esta investigación la humedad es de 12.11%, lo que indica que todos los tratamientos se encuentran por debajo del nivel de humedad requerido según los autores citados.

**Tabla 21**

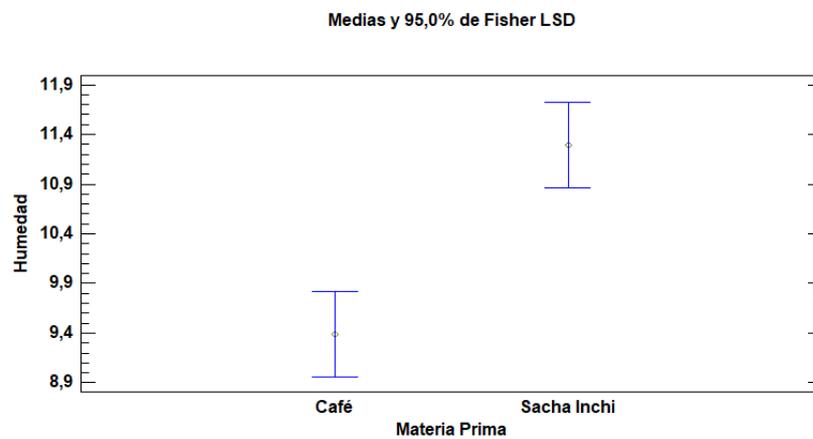
*Análisis de varianza de la humedad del Biopolímero*

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A: Materia Prima	21,8581	1	21,8581	22,62	0,0003
B: Acetato de Polivinilo (PVA)	2,54836	2	1,27418	1,32	0,2988
C: Espesante	4,54593	1	4,54593	4,70	0,0478
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	3,08	2	1,54	1,59	0,2379
AC	10,4243	1	10,4243	10,79	0,0054
BC	15,7498	2	7,87488	8,15	0,0045
RESIDUOS	13,5285	14	0,966318		
TOTAL (CORREGIDO)	71,7349	23			

La tabla 21 indica el análisis ANOVA, que desglosa la variabilidad debido a la variable respuesta de densidad, debido a los factores tipo de materia prima, acetato de polivinilo (PVA), tipo de espesante, con sus diferentes niveles. La probabilidad asociada al factor A y al factor C, así como a las interacciones AC y BC, es inferior a 0.05, indicando que estos factores tienen un efecto significativo en el espesor del biopolímero, con un 95.0% de confiabilidad.

**Tabla 22***Pruebas de rangos múltiples para el factor A de la humedad*

<i>Materia Prima</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Café	12	9,38717	0,283772	X
Sacha Inchi	12	11,2958	0,283772	X

**Figura 20***Medias del factor A de la humedad del Biopolímero*

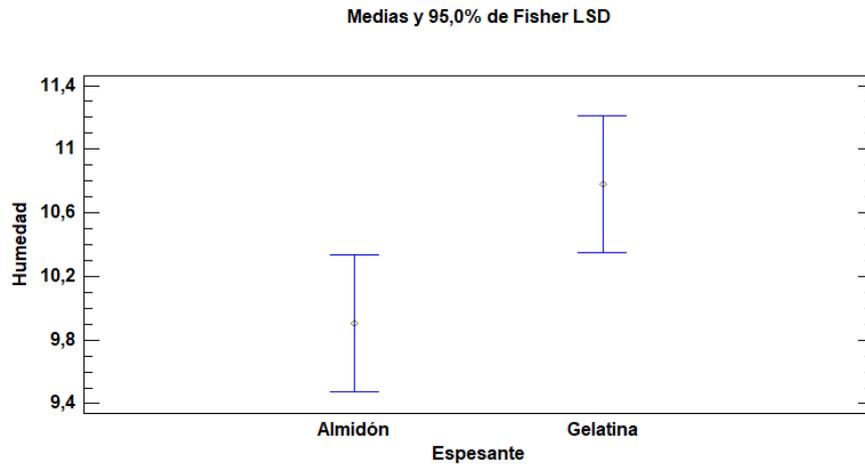
En figura de medias y en tabla de pruebas de rangos múltiples para el factor A, se observa que el nivel a2 presenta una humedad del 9.38%, esto indica que el tipo de materia prima, en este caso la cascarilla de café, ejerce influencia sobre la humedad del biopolímero de alta densidad. Garcia (2021), señala que la humedad resulta ser una característica sustancial en el comportamiento del biopolímero, influenciada por la fuente de la materia prima como por los aditivos empleados en su proceso de degradación del biopolímero.

**Tabla 23***Pruebas de rangos múltiples para el factor C de la humedad*

<i>Espesante</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Almidón	12	9,90628	0,283772	X
Gelatina	12	10,7767	0,283772	X

**Figura 21**

*Medias del factor B de la humedad del Biopolímero*



En la tabla de pruebas de rangos múltiples y en la figura de medias correspondientes al factor B, se destaca que el nivel c3 registra una humedad del 9,90 %. Este fenómeno se atribuye al tipo de espesante empleado en la producción del biopolímero, según lo mencionado por (Ortegón, 2023), la humedad máxima aceptable para un plástico biodegradable es del 16 %, con el fin de prevenir el crecimiento de hongos y levaduras, los cuales provocan deterioro en el producto.

➤ **Fuerza de tensión**

La siguiente tabla presenta la determinación de la fuerza de tensión para los 12 tratamientos, se destaca que el T12 registra una fuerza de tensión de 736,70 N, comparando este valor con el espesor del plástico biodegradable, se concluye que cuando el espesor es mayor también será mayor la fuerza de tensión.

En el estudio realizado por Pascoe (2020), muestra la fuerza de tensión de un biopolímero de alta densidad a partir de almidón de yuca, donde el punto de ruptura fue a 750,70 N, además, se destaca que el plástico biodegradable supera las propiedades de un plástico convencional.

**Tabla 24***Análisis de varianza de la fuerza de tensión del biopolímero*

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFECTOS					
PRINCIPALES					
A: Materia Prima	123,942	1	123,942	0,21	0,6510
B: Acetato de Polivinilo (PVA)	5656,76	2	2828,38	4,88	0,0247
C: Espesante	1152,32	1	1152,32	1,99	0,1805
INTERACCIONES					
AB	21051,2	2	10525,6	18,15	0,0001
AC	4137,0	1	4137,0	7,13	0,0183
BC	709,417	2	354,708	0,61	0,5563
RESIDUOS	8118,01	14	579,858		
TOTAL (CORREGIDO)	40948,7	23			

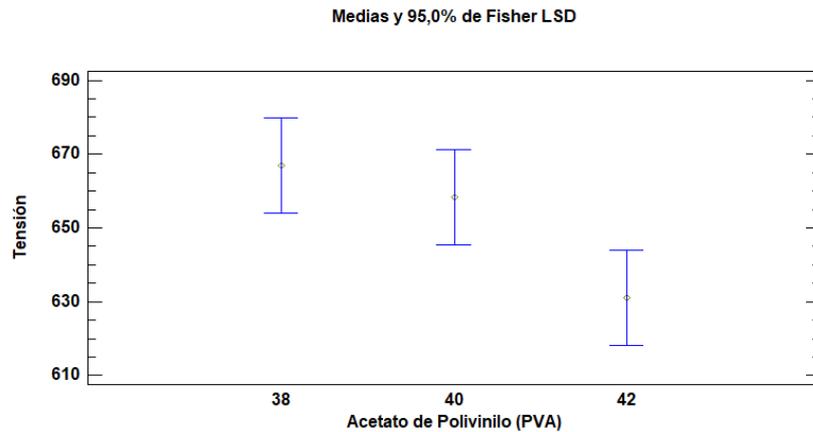
La tabla 24 indica el análisis ANOVA, que desglosa la variabilidad debido a la variable respuesta de fuerza de tensión, debido a los factores tipo de materia prima, acetato de polivinilo (PVA), tipo de espesante, con sus diferentes niveles. Los valores de probabilidad para el factor B y las interacciones AB y AC son inferiores a 0.05, indicando que estos factores tienen significancia sobre el espesor del biopolímero con un nivel de confianza del 95.0%.

**Tabla 25***Pruebas de rangos múltiples para el factor A de la fuerza de tensión*

<i>Acetato de Polivinilo (PVA)</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
42	8	630,997	8,51365	X
40	8	658,412	8,51365	X
38	8	666,997	8,51365	X

## Figura 22

*Medias del factor A de la fuerza de tensión del biopolímero*



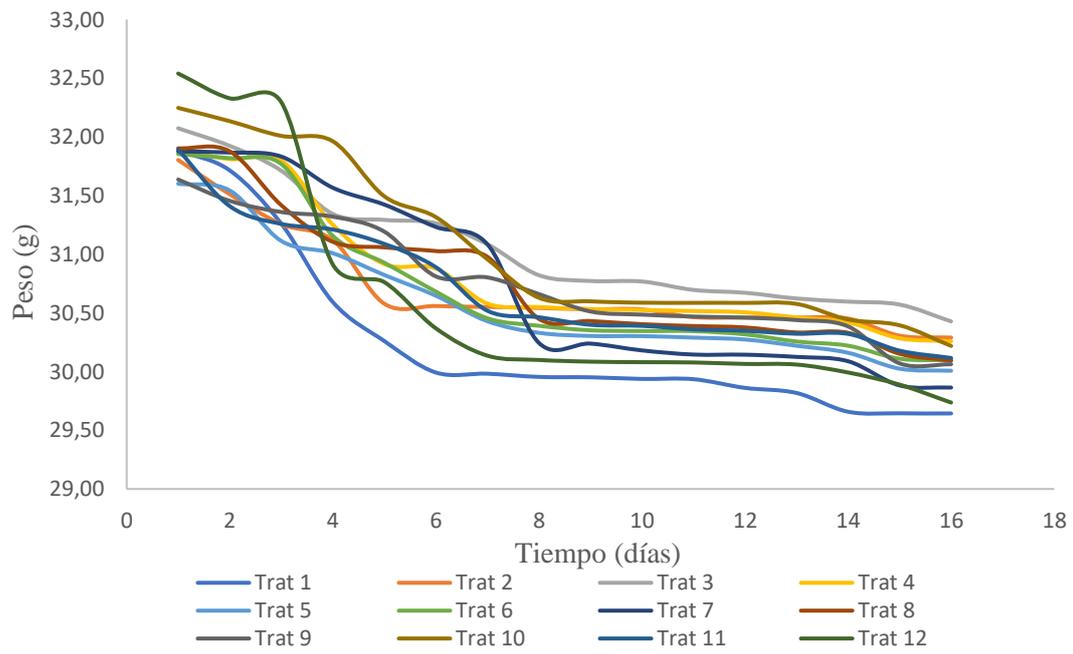
En la figura de medias y en la tabla de pruebas de rangos múltiples se observa que el nivel a3 exhibe la media más alta de fuerza de tensión, por lo tanto, la combinación óptima de espesante y materia prima corresponde al 38% de PVA para la fabricación de un biopolímero de alta densidad, el cual demostró poseer la mayor fuerza de tensión tras los análisis. Coincidiendo con el estudio de Villa (2018), se confirma que concentraciones reducidas de acetato de polivinilo (PVA) en la fabricación de láminas de plástico biodegradable exhiben una mayor fuerza de tensión. Sin embargo, a medida que aumenta la cantidad de esta sustancia, la fuerza de tensión disminuye.

### ➤ **Biodegradabilidad**

Se muestran los resultados de biodegradabilidad del biopolímero realizado a los 12 tratamientos (T), misma que se elaboró a base de cascarilla de Sacha inchi y Café, con polivinilo de acetato (PVA), gelatina, almidón y agua, la biodegradabilidad fue evaluada durante 15 días, el cual se tomó datos de las muestras a diario a todos los tratamientos adquirieron más del 90% de biodegradabilidad, estos resultados se asemejan con la investigación de Guamanquispe & Pardo, (2023), donde realizan una prueba de biodegradabilidad a un bio-plato elaborado a base de salgado de trigo, donde reportan una biodegradabilidad en menos de un mes, las especificaciones de la normativa europea (EN 13432) y su propiedad de biodegradabilidad es de aproximadamente del 90%.

**Figura 23**

*Curvas de biodegradabilidad de los 12 tratamientos*



*Nota: Se compara la biodegradabilidad de los 12 tratamientos a lo largo del tiempo. Fuente elaboración propia (2024).*

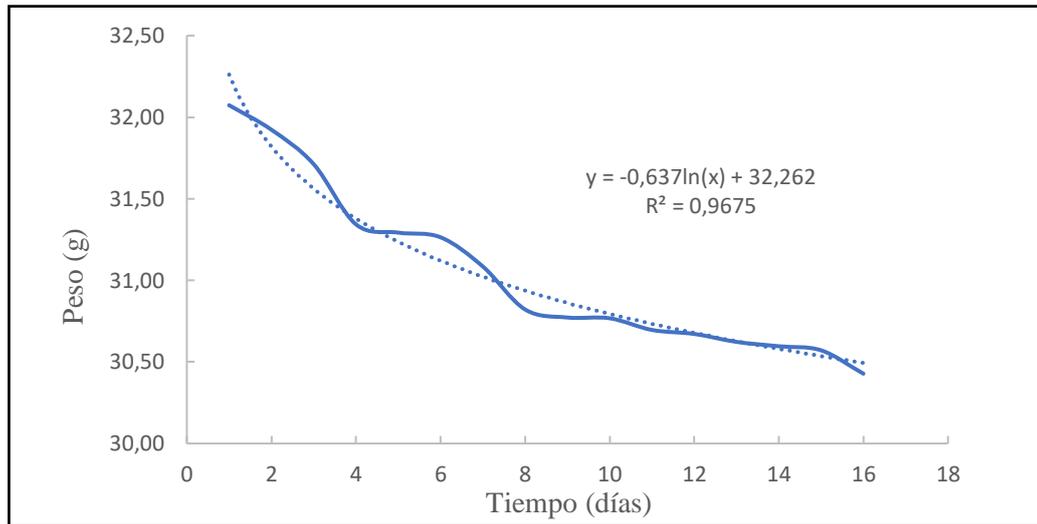
**Tabla 26***Biodegradabilidad del biopolímero en suelo con un pH de 5,7*

Tto	Biodegradabilidad por días															% de Biodegradabilidad	
	Peso Inicial	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7	Dia 8	Dia 9	Dia 10	Dia 11	Dia 12	Dia 13	Dia 14		Dia 15
T1	31,884	31,715	31,261	30,593	30,26	29,992	29,982	29,955	29,952	29,938	29,935	29,861	29,818	29,658	29,644	29,645	92,97
T2	31,808	31,511	31,256	31,121	30,579	30,558	30,551	30,542	30,531	30,530	30,464	30,461	30,461	30,452	30,306	30,290	95,24
T3	32,073	31,923	31,712	31,343	31,293	31,264	31,085	30,822	30,772	30,768	30,695	30,672	30,623	30,596	30,571	30,427	94,86
T4	31,890	31,811	31,798	31,252	30,916	30,878	30,579	30,550	30,533	30,525	30,516	30,505	30,462	30,419	30,283	30,259	94,88
T5	31,601	31,543	31,114	31,009	30,823	30,646	30,429	30,331	30,304	30,302	30,289	30,274	30,220	30,160	30,024	30,007	94,95
T6	31,853	31,819	31,768	31,157	30,928	30,682	30,454	30,39	30,352	30,346	30,344	30,318	30,256	30,220	30,109	30,097	94,48
T7	31,875	31,867	31,832	31,567	31,423	31,232	31,085	30,245	30,239	30,181	30,145	30,144	30,125	30,088	29,882	29,864	93,68
T8	31,903	31,877	31,418	31,106	31,059	31,027	30,978	30,450	30,431	30,404	30,388	30,376	30,334	30,330	30,152	30,094	94,33
T9	31,636	31,455	31,36	31,320	31,193	30,811	30,803	30,660	30,512	30,486	30,468	30,46	30,439	30,385	30,070	30,065	95,02
T10	32,247	32,134	32,009	31,963	31,494	31,316	30,957	30,629	30,599	30,587	30,586	30,586	30,577	30,444	30,394	30,210	93,71
T11	31,891	31,410	31,259	31,211	31,088	30,889	30,519	30,463	30,399	30,390	30,360	30,348	30,322	30,321	30,178	30,116	94,43
T12	32,540	32,329	32,296	30,913	30,762	30,368	30,136	30,099	30,085	30,080	30,077	30,065	30,060	29,992	29,888	29,736	91,38

En las figuras 24 y 25 se puede observar la curva de biodegradabilidad que presenta en biopolimero

### Figura 24

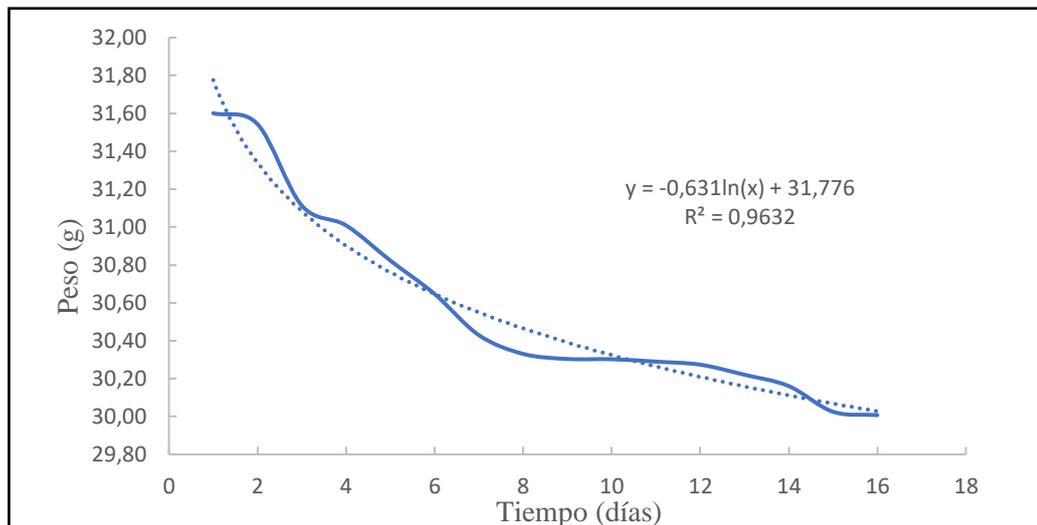
Curva de biodegradabilidad del tratamiento T6



Nota. En este tratamiento la biodegradabilidad es del 94.48% debido a la materia por lo que se utilizó la cascarilla de Sacha inchi.

### Figura 25

Curva de biodegradabilidad del tratamiento T12



Nota. En este tratamiento la biodegradabilidad es del 91.38% debido a la materia por lo que se utilizó la cascarilla de café.

## ➤ Solubilidad

La solubilidad de un film es la capacidad para tolerar el contacto con el agua u otros solventes, una característica determinada por la estructura química y las propiedades de permeabilidad.

Los datos de solubilidad en agua indican que el tratamiento T12 muestra una solubilidad del 81,1191 %, siendo el valor más representativo, mientras que el tratamiento 10 exhibe la solubilidad más baja con un 22,6130 %

Cárdenas (2023), informó sobre la solubilidad de 5 tratamientos de plástico biodegradable, variando entre el 30 % y el 60 %, al comparar estos resultados los expuestos en esta investigación, algunos tratamientos se sitúan en ese rango, mientras que otros superan los datos obtenidos por el autor. Estos altos porcentajes de solubilidad pueden atribuirse al contenido de PVA, además, se destaca que los valores dependen de la formulación del plastificante usado, la velocidad de agitación y los componentes de la materia prima usados durante la elaboración del producto.

**Tabla 27**

*Análisis de varianza de la solubilidad del Biopolímero*

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A: Materia Prima	381,642	1	381,642	28,29	0,0001
B: Acetato de polivinilo (PVA)	916,374	2	458,187	33,97	0,0000
C: Espesante	56,8851	1	56,8851	4,22	0,0592
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	6340,32	2	3170,16	235,00	0,0000
AC	77,6851	1	77,6851	5,76	0,0309
BC	323,569	2	161,784	11,99	0,0009
RESIDUOS	188,859	14	13,4899		
TOTAL (CORREGIDO)	8285,33	23			

El análisis de ANOVA aplicado a la solubilidad del biopolímero elaborado a partir de la cascarilla como café y sachá inchi, a distintas concentraciones de plastificante (PVA), revela que tanto el factor A (variedades de cascarillas) como el factor B

(acetato de polivinilo, PVA) muestran una diferencia altamente significativa, esto se evidencia mediante un valor de  $p$  menor a 0,05, lo que indica que estos factores influyen en la solubilidad del plástico biodegradable con un 95,0% de confiabilidad.

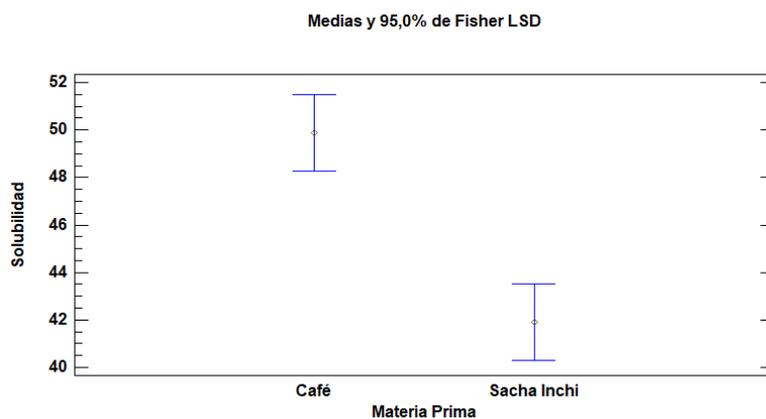
**Tabla 28**

*Pruebas de rangos múltiples para el factor A de la solubilidad*

<i>Materia Prima</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Sacha Inchi	12	41,899	1,06026	X
Café	12	49,8744	1,06026	X

**Figura 26**

*Medias del factor A de la solubilidad del Biopolímero*



La figura de medias y la tabla de pruebas de rangos múltiples, indica que el factor A, en el nivel  $\alpha_2$  tiene una solubilidad del 49,87 %, estableciendo que el tipo de materia prima en este caso cascarilla de café influye significativamente en la solubilidad del biopolímero de alta densidad.

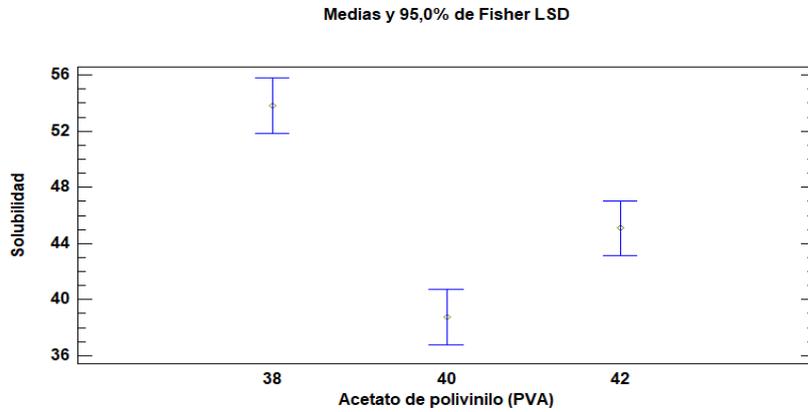
**Tabla 29**

*Pruebas de rangos múltiples para el factor B de la solubilidad*

<i>Acetato de polivinilo (PVA)</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
40	8	38,7531	1,29855	X
42	8	45,0823	1,29855	X
38	8	53,8247	1,29855	X

**Figura 27**

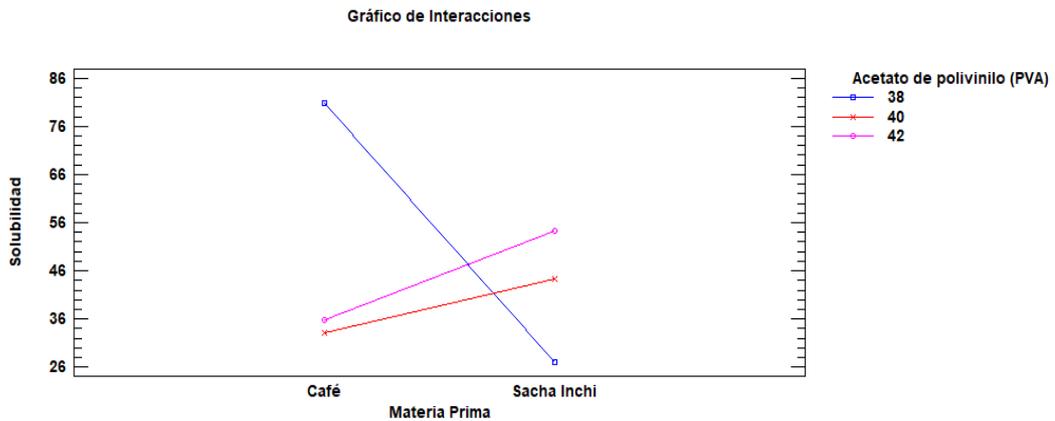
*Medias del factor B de la solubilidad del plástico Biopolímero*



La tabla de pruebas de rangos múltiples referente al factor B y la figura de medias asociada, resaltan que los niveles b3 logran el mejor rendimiento en cuanto al porcentaje de solubilidad, registrando un 53,82%, de igual modo, se aprecia que el nivel b2 presenta una solubilidad inferior en comparación con los otros niveles. Durante este estudio, se examinó la solubilidad del plástico biodegradable, la cual se ve afectada por la proporción de Acetato de Polivinilo (PVA), por ende, los niveles que muestran significativa en la concentración de PVA son el b1, con una concentración del 42%, y el b3, con una concentración del 38%.

**Figura 28**

*Interacción AB para la solubilidad del Biopolímero*



En la figura de interacciones se evidencia que el extremo correspondiente al nivel b3 exhibe mayor solubilidad del plástico biodegradable, por consiguiente, se destaca que el tratamiento T12 se posiciona como uno de los más efectivos, este tratamiento está compuesto de cascarilla de café (0,4000 g), PVA del 38% (30,4 g), espesante de gelatina (8 g), diluyente en agua (80 g). De acuerdo con Cárdenas (2023), los elevados niveles de solubilidad pueden atribuirse al contenido de PVA, estos valores están influenciados por la composición del plastificante utilizado, la velocidad de la agitación y los elementos de la materia prima.

### ➤ **Permeabilidad**

La solubilidad en agua representa la capacidad del material para disolverse en agua, y estos valores son fundamentales en el diseño, producción y distribución de materiales. Es imperativo seleccionar condiciones de prueba que reflejen el entorno práctico más relevante, especialmente porque el vapor de agua desempeña un papel fundamental en materiales tan variados como el papel, los plásticos y las láminas (Gutiérrez M. , 2023).

La permeabilidad del plástico en cada tratamiento supera los resultados obtenidos por Calo (2022) en su investigación sobre las propiedades ópticas y la permeabilidad de vapor de agua en películas elaboradas a partir de almidón. Este estudio recalca que la variación en la permeabilidad está influenciado por la cantidad de plastificante utilizado en la producción de la biopelícula, esta variabilidad se atribuye a la presencia de numerosos espacios intermoleculares en los biopolímeros, los cuales pueden ser ocupados por las moléculas de agua.

**Tabla 30***Análisis de varianza de la permeabilidad del Biopolímero*

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A: Materia Prima	2,81535E-8	1	2,81535E-8	1,17	0,2975
B: Acetato de polivinilo (PVA)	2,09372E-7	2	1,04686E-7	4,35	<b>0,0339</b>
C: Espesante	1,5E-12	1	1,5E-12	0,00	0,9938
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	8,69659E-7	2	4,3483E-7	18,08	<b>0,0001</b>
AC	9,25042E-8	1	9,25042E-8	3,85	0,0700
BC	8,35279E-7	2	4,1764E-7	17,37	<b>0,0002</b>
RESIDUOS	3,3666E-7	14	2,40472E-8		
TOTAL (CORREGIDO)	0,00000237163	23			

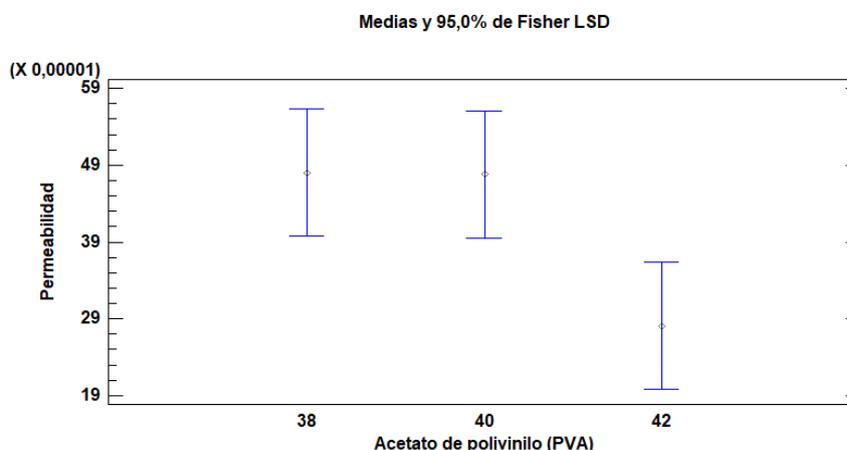
El análisis de ANOVA aplicado a la permeabilidad del biopolímero, elaborado a partir de cascarilla (café y sachá inchi) a distintas concentraciones de plastificante (PVA), revela que el factor B (Acetato de Polivinilo, PVA) exhibe una diferencia significativa, dado que el valor- $p$  es inferior a 0,05. Además, se observa que las interacciones AB y BC también presentan diferencias significativas, indicando que estos factores influyen en la solubilidad del plástico biodegradable con 95,0% de confiabilidad.

**Tabla 31***Pruebas de rangos múltiples para el factor B de la permeabilidad*

<i>Acetato de polivinilo (PVA)</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
42	8	0,000281	0,0000548261	X
40	8	0,000478	0,0000548261	X
38	8	0,00048025	0,0000548261	X

**Figura 29**

*Medias del factor A de la permeabilidad del Biopolímero*



La tabla de pruebas de rangos múltiples y la figura de medias para el factor B, destaca que el nivel b3 arroja el mejor resultado en cuanto al porcentaje de permeabilidad, con  $0,00048 \text{ g h}^{-1} \text{ m}^{-1} \text{ MPa}^{-1}$ . En este estudio, se evaluó la permeabilidad del plástico biodegradable, la cual depende de la proporción de Acetato de Polivinilo (PVA), por ende, se encontró que el nivel b3, con una concentración del 38 % de PVA, es significativo.

#### ➤ **Espectrometría Infrarroja con Transformada de Fourier (FTIR)**

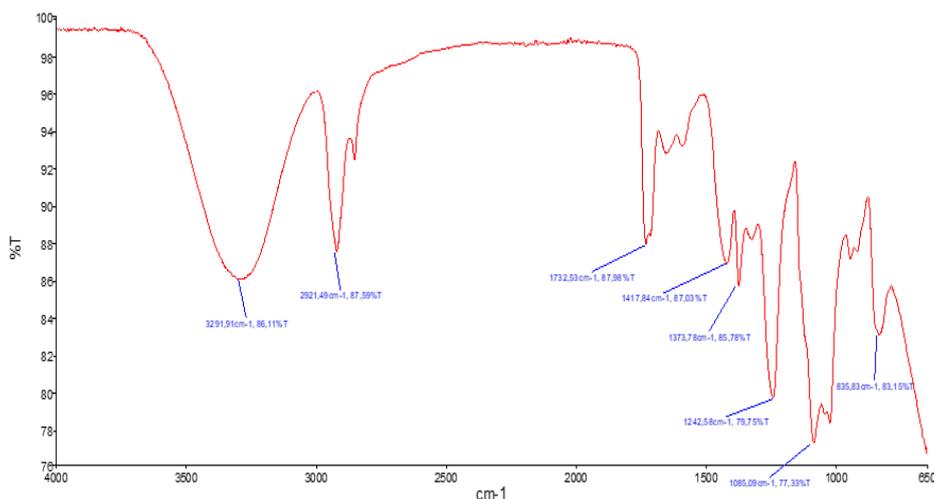
Se realizó las pruebas en las láminas de los dos mejores tratamientos (T6 – T12).

La figura siguiente ilustra el espectro del tratamiento T6 (cascarilla de Sacha Inchi + PVA (38 %) + Gelatina + agua). El pico mostrado en  $3291,91 \text{ cm}^{-1}$  indica vibraciones de O-H debido al estiramiento de alcoholes y fenoles en una intensidad fuerte, lo que permite determinar la presencia de hidroxilos libres, el pico observado en  $2921,49 \text{ cm}^{-1}$  indica un grupo C-H con una intensidad fuerte. En los picos  $1732,53$  y  $1417,84 \text{ cm}^{-1}$  se observa un estiramiento debido al grupo carbonilo C=O (Aldehídos Saturados) y  $\alpha\text{-CH}_2$ . En cuanto al pico a  $1373,78 \text{ cm}^{-1}$  se relaciona con vibraciones de Alcoholes y Fenoles O-H debido a la presencia de Alcoholes y Fenoles con una intensidad media. En los picos  $1242,58$  y  $1085,09 \text{ cm}^{-1}$  representan vibraciones de Ácidos carboxílicos y derivados O-C, con una intensidad media –

Fuerte y en el pico  $835,83\text{ cm}^{-1}$  presenta una vibración de Aréno C-H con una intensidad fuerte – media.

### Figura 30

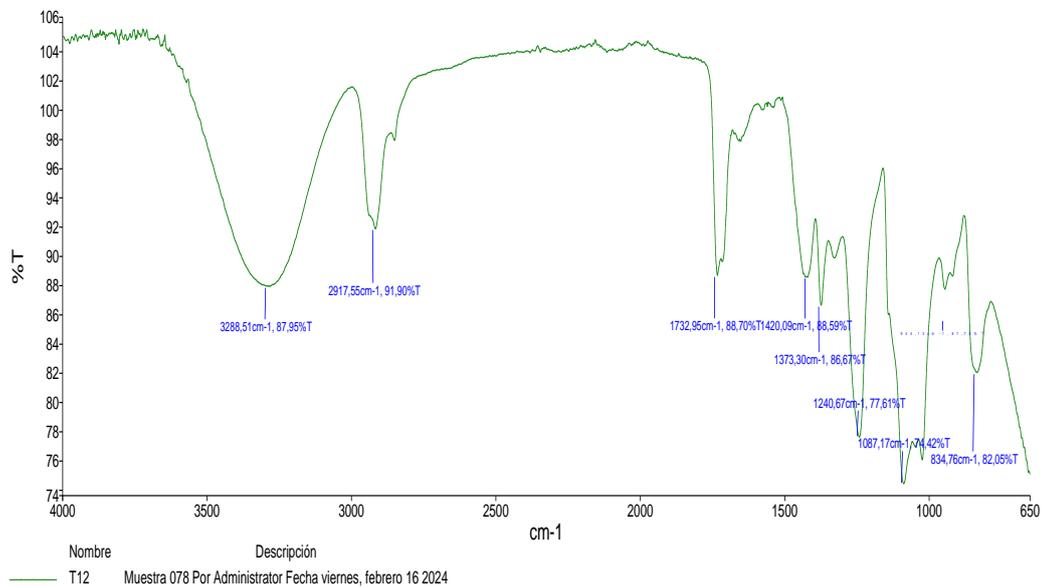
*Espectroscopia del tratamiento 6 del biopolímero*



La figura siguiente muestra el espectro del tratamiento T12 (cascarilla de Café + PVA (38 %) + Gelatina + agua). El pico mostrado en  $3288,51\text{ cm}^{-1}$  indicativo de vibraciones de O-H debido al estiramiento de alcoholes y fenoles en una intensidad fuerte, lo que permite determinar la presencia de hidroxilos libres. El pico observado en  $2917,55\text{ cm}^{-1}$  indica un grupo C-H con una intensidad fuerte. En los picos  $1732,95$  y  $1420,09\text{ cm}^{-1}$  se observa un estiramiento debido al grupo carbonilo C=O (Aldehídos Saturados) y  $\alpha\text{-CH}_2$  con una intensidad fuerte. En el pico  $1373,3\text{ cm}^{-1}$  se aprecian las vibraciones de Alcanos C-H<sub>3</sub> con una intensidad media. En los picos  $1240,67$  y  $1087.17\text{ cm}^{-1}$  señalan vibraciones de Ácidos carboxílicos y derivados O-C con una intensidad media – Fuerte y en los picos  $944,13$  y  $834,76\text{ cm}^{-1}$  presenta una vibración de C-H & CH<sub>2</sub> debido a los estiramientos de los alquenos con una intensidad fuerte – media.

**Figura 31**

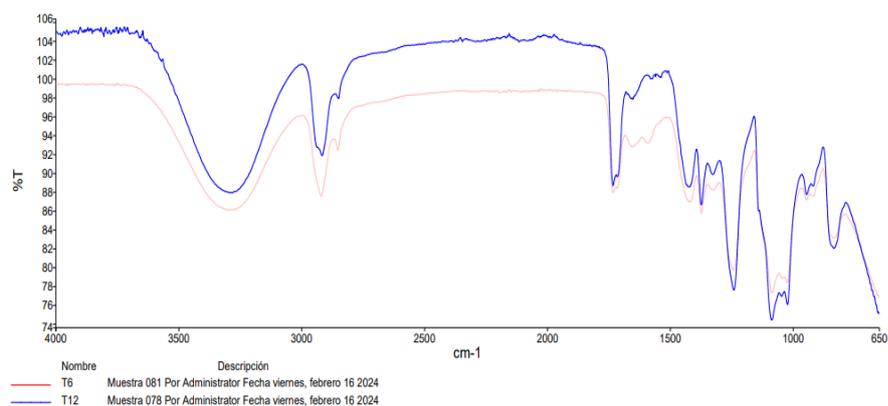
*Espectroscopia del tratamiento 12 del biopolímero*



En la siguiente figura se presenta una comparación entre los dos tratamientos y se ve que existe una semejanza en la formación de los picos, pero claramente se puede evidenciar que en el tratamiento (T6) y (T12) existe una diferencia debida a la diferencia de las materias primas.

**Figura 32**

*Comparación entre el tratamiento (T6 - T12)*

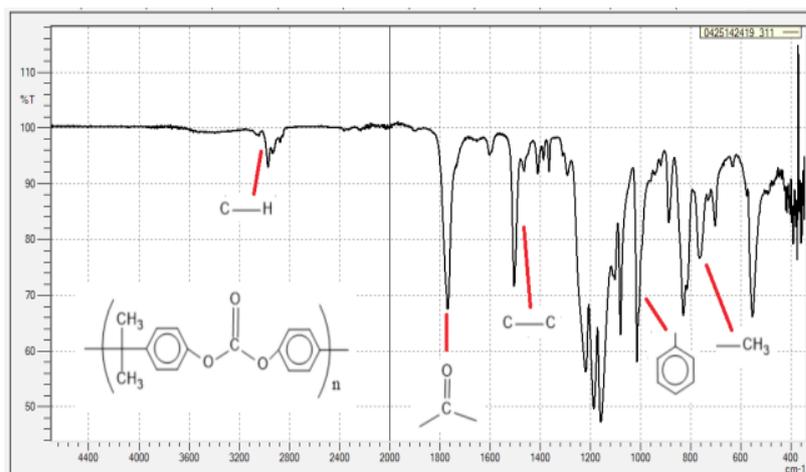


En este análisis espectral, se pueden identificar diversas bandas características de un polímero común, se aprecia bandas que indican los movimientos de tensión de los enlaces C-H a 2800-3000 cm<sup>-1</sup>, es destacable el movimiento de tensión del

enlace C=O, que se presenta alrededor de  $1750\text{ cm}^{-1}$ , y los movimientos de tensión de enlaces C-C en el rango de  $1400\text{-}1600\text{ cm}^{-1}$ , asimismo, se destacan movimientos de flexión y tensión de grupos  $\text{-CH}_2$  aromático y  $\text{-CH}_3$  entre  $500\text{-}1300\text{ cm}^{-1}$  (Velandia, 2020).

### Figura 33

*Análisis del espectro del policarbonato PC*



Nota. Se observa bandas similares al biopolímero, pero con mayor intensidad a lo que hace que su degradabilidad sea muy lenta. Modificado de (Velandia, 2020).

## 4.3. OBTENCIÓN DEL ENVASE

### 4.3.1. Preparación del molde

Se utilizó un molde elaborado en acero inoxidable, el cual fue cuidadosamente seleccionado por su capacidad para mantener la forma y la integridad de la superficie del producto en el proceso de elaboración.

### Figura 34

*Molde para el envase*



Previo a incorporar el biopolímero se realiza un proceso de preparación en el que se calienta el molde a una temperatura precisa de 120°C. Se ha determinado que este nivel de temperatura es óptimo para el desmolde del envase, asegurando un desmolde suave y eficiente sin comprometer su estructura. Este proceso de calentamiento se lo realiza durante 1 hora y asegura que el calor se distribuya uniformemente por todo el molde, evitando puntos calientes podrían comprometer la calidad del producto final.

Este tratamiento térmico no sólo facilita el desmolde, sino que también tiene la ventaja de ayudar significativamente a eliminar la humedad presente en el biopolímero (Sanchez K. , 2021). La temperatura de 120 °C, en combinación con el tiempo de exposición adecuado, garantiza una evaporación eficaz de la humedad, lo que da como resultado un producto final eficiente.

#### **4.3.2. Biopelícula para la obtención de un vaso**

Se procedió a la preparación del biopolímero utilizando una combinación de cascarillas de Sacha Inchi y café, junto con acetato de polivinilo (PVA), gelatina y agua, esta preparación se lo realizo usando los mejores tratamientos que en base al estudio realizado en esta investigación se consideró a los tratamientos T6 – T12.

El proceso de preparación se realizó a una temperatura de 60°C, la cual se ha determinado como óptima para iniciar la gelatinización de los componentes. Durante este proceso, será crucial mantener una mezcla constante para garantizar una distribución uniforme de los componentes y evitar la formación de grumos o irregularidades en la obtención del biopolímero.

#### **Figura 35**

*Preparación de la mezcla del biopolímero*



La temperatura y la agitación constante son factores críticos para lograr una adecuada gelatinización y homogeneización de la mezcla, lo que contribuirá a la calidad y consistencia del biopolímero. Una vez alcanzado el punto de gelatinización y obtenida una mezcla homogénea, el biopolímero está listo para ser vertido en el molde preparado previamente donde continuará con el proceso de fabricación según las especificaciones establecidas, finalmente se lo deja secar por 24 horas a temperatura ambiente, transcurrido este lapso de tiempo se lo desmoldeará y se obtendrá el envase.

**Figura 36**

*Obtención del vaso en base al mejor tratamiento*



**4.4. COSTO DE PRODUCCIÓN A NIVEL DE LABORATORIO**

**4.4.1. Costo de producción**

Para calcular el costo de producción, se inició con el cálculo del costo de elaboración del biopolímero, considerando todos los materiales utilizados en el proceso.

**Tabla 32***Costo beneficio*

Costo de la elaboración del biopolímero					
Insumos	Cantidad	Precio/u nitario \$	Unidades utilizadas	Precio \$	25% de utilidad
Cascarilla de Sacha Inchi /Café	454 gr	1,35	0,4000 gr	0,0011	PVP= (Costo de producción) / (1-25%)
Acetato de polivinilo (PVA)	500 gr	1,07	30,4 gr	0,0650	
Gelatina	1000 gr	13,50	8 gr	0,108	
Costo total de producción				0,1741	0,23

$$PVP = \frac{\text{Costo de producción}}{1 - 25\%}$$

$$PVP = \frac{0,1741}{1 - 25\%}$$

$PVP = 0,23$  ctvs. De 60 gr de biopolímero.

$$\text{Costo beneficio} = \frac{0,23}{0,1742}$$

$$\text{Costo beneficio} = \$ 1,35$$

La producción de 60 gr del biopolímero a partir de cascarilla de Sacha inchi/ café junto con acetato de polivinilo (PVA) y gelatina tiene un costo de 0,1741 ctvs y con un margen de ganancia del 25%, el precio de venta será de 0,23 ctvs. Al aplicar la relación costo-beneficio, se consigue un valor de \$1,35, lo que implica que cada dólar invertido en la producción del biopolímero generará un beneficio de 0,35 ctvs.

## **4.5. COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS**

En el desarrollo de esta investigación, se formularon las siguientes hipótesis:

### **4.5.1. Hipótesis nula ( $H_0$ )**

Las cascarillas de sachá inchi y café sometido a diferentes tratamientos con factores de estudio en diferentes porcentajes de PVA y diferentes espesantes, no influyen en la formulación y elaboración de un biopolímero de alta densidad.

$$H_0 = T1 = T2 = T3 = T4 = \dots \dots = Tn$$

### **4.5.2. Hipótesis Alterna ( $H_a$ )**

Las cascarillas de sachá inchi y café sometido a diferentes tratamientos con factores de estudio en diferentes porcentajes de PVA y diferentes espesantes, influyen en la formulación y elaboración de un biopolímero de alta densidad.

$$H_a \neq T1 \neq T2 \neq T3 \neq T4 \neq \dots \dots \dots Tn$$

En función a la investigación desarrollada del biopolímero de alta densidad, tanto los hallazgos de este estudio como la bibliografía previamente citada proporcionan evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula, esto indica que, las cascarillas de sachá inchi y café sometido a diferentes tratamientos con factores de estudio en diferentes porcentajes de PVA y diferentes espesantes, influyen en la formulación y elaboración de un biopolímero de alta densidad.

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. CONCLUSIONES

- En resumen, se menciona que la cascarilla de sachá inchi presenta un pH, cenizas y celulosa significativamente más alto en relación a la cascarilla de café que presenta un contenido de humedad más alto en relación a la humedad del sachá inchi, dado que la una de las cascarillas es más seca y menos áspera en comparación a la otra, determinando que la cascarilla de sachá inchi tiene mejores cualidades a la cascarilla de café.
- En síntesis los mejores tratamientos en relación a las variables de respuesta fueron el tratamiento 6 siendo su estructura la cascarilla de Sachá inchi, 38 % de concentración de PVA y gelatina y tratamiento 12 con su estructura cascarilla de café, 38 % de concentración de PVA y gelatina; debido a que sus resultados tanto como de: densidad, fuerza de tensión, espesor, biodegradabilidad, solubilidad y permeabilidad son semejantes a normativas ya establecidas como también a resultados de estudios ya reportados. Tomando en cuenta que el tratamiento 12 presenta resultados mínimamente superiores al tratamiento 6 podemos concluir que es la biopelícula que mejor se adapta a las características que desea.
- Se concluye que en base al estudio de biodegradabilidad del biopolímero resulta que es muy prometedor debido a que posee una tasa de biodegradabilidad superior al 80% en 15 días, este biopolímero muestra un gran potencial como alternativa ambiental en diversas aplicaciones, cabe destacar que los tratamientos T6 y T12 lograron una biodegradabilidad aún mayor, que oscila entre 91,38% y 94,48%, lo que sugiere una posible mejora en el proceso, estos resultados apoyan el uso de biopolímeros en lugar de plásticos convencionales y resaltan la necesidad de estudiar tratamientos específicos para mejorar su impacto ambiental.
- Se finaliza que para la obtención de un vaso biodegradable es importante utilizar la cantidad exacta de biopolímero para evitar mal formaciones

durante la elaboración del vaso. El proceso de fabricación debe minimizar el uso de recursos no renovables y evitar la generación de residuos no biodegradables, además, es crucial que la producción de vasos sea realizada con enfoque en la reducción del impacto ambiental, desde la elección de la materia prima hasta el empaquetado del producto.

- En síntesis, la producción del biopolímero de alta densidad a partir de la combinación de cascarilla de Sacha inchi/Café, acetato de polivinilo (PVA) y gelatina resulta económicamente viable, con un costo de fabricación de 0,1741 ctvs por cada 60 gramos, al agregar un margen de utilidad del 25%, el precio de venta es de 23 ctvs lo que hace atractivo para las industrias que buscan plásticos biodegradables.

## 5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda la adquisición de equipos analíticos que permitan realizar más estudios de variables respuestas específicas para el estudio de biopolímeros esto se llevaría a cabo con la inversión en equipos y tecnologías que permitan automatizar tareas repetitivas o manuales. Esto puede incluir sistemas de calentamiento que permitan un mejor control de la temperatura en ciertos análisis, esto no solo aumentará la eficiencia, sino que también reducirá los errores humanos y liberará tiempo para realizar más análisis.
- Se recomienda contar con equipos que permitan un mejor escalamiento de los procesos para poder dar un paso crucial en la industria y pasar de una producción a escala pequeña a de gran escala. También este mejoramiento permitirá ajustar y optimizar las condiciones de manejo del proceso para maximizar la eficiencia y la calidad del producto a gran escala, esto implica ajustar la temperatura, la presión, la velocidad de agitación, los tiempos de reacción, las concentraciones de reactantes, entre otros parámetros.
- Se aconseja que para la obtención de un biopolímero de alta densidad que posea las características de una buena densidad y fuerza de tensión estas puede requerir un enfoque cuidadoso y la consideración de varios factores como la selección de materia prima, tipo de espesante y plastificante, hay que considerar también cada una de las diferentes concentraciones en las cuales poder trabajar, debido a que si se trabaja con concentraciones muy elevadas o muy bajas puede alterar drásticamente la composición del biopolímero y disminuir sus características normadas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alayón, A., & Echeverri, I. (2018). Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* Hnneo): ¿una experiencia ancestral desaprovechada? Evidencias clínicas asociadas a su consumo. *Revista Chilena de nutrición*, 43(6). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182016000200009>
- Álvarez, S., & Rios, I. (2020). Estudio de viabilidad económica del cultivo de *Plukenetia Volubilis* Linneo "Sacha Inchi". Bogota, Colombia: Andrade.
- Arizaga, M. (2020). Tesis. *Estudio de la sensibilidad del PVA utilizado como aglutinante pictórico frente a las limpiezas acuosas*. España: Universitat politècnica de València.
- Avellán, A., Díaz, D., & Mendoza, A. (2020). Obtención de bioplástico a partir de almidón de maíz (*Zea mays* L.). *Colon.ciencias*, 7(1). <https://doi.org/2313-7819>
- Basiak, E., Lenart, A., & Debeaufort, F. (2020). Effect of starch type on the physico-chemical properties of edible films. *International Journal of Biological Macromolecules*, 98, 348-356. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.01.122>
- Bastidas, M., Melo, G., & Torres, D. (2019). Analisis exergoambiental en fuentes no convencionales de energia (FNCE): Caso cascarilla de café. *Renovat*, 2(1), 8 - 23. <https://doi.org/ISSN: 2619-2896>
- Benítez, R., Coronel, C., Ordoñez, Z., & Martín, J. (2019). Composición química de la cáscara de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) y alternativas para su aprovechamiento como subproducto agroindustrial. *Universidad del Cauca*, 3(46). Obtenido de <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/10673/A0056.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Betancourth, C., Rodríguez, A., & Millán, P. (2022). Estabilidad oxidativa de aceite de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* Linneo) microencapsulado enriquecido con compuestos fenólicos extraídos de su cascarilla. *Ingeniería y Competitividad*, 25(4). <https://doi.org/10.25100/iyc.v25i04.13164>

- BioPat Perú. (2018). SACHA INCHI. *Indecopi*, 4(7), 2. Obtenido de <https://www.indecopi.gob.pe/documents/20791/2291514/Boletin+N%C2%B0+7+-+Sacha+inchi.pdf/dd949728-fe4b-6bcc-1130-b09261758790>
- Bize, U. (2023). *EUROLAB Laboratory Services*. Obtenido de <https://www.laboratuar.com/es/testler/kimyasal-testler/ftir-spektroskopi-analizleri/#:~:text=Este%20m%C3%A9todo%20de%20an%C3%A1lisis%20conocido%20como%20an%C3%A1lisis%20FTIR,materiales%20org%C3%A1nicos%20polim%C3%A9ricos%20y%20en%20algunos%20caso>
- Bocanegra del Aguila, I. (2019). Tesis. *Estudio de pre factibilidad para la producción y comercialización de cacao en polvo fortificado con Sacha Inchi y de té a base de cascarilla de cacao*. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Cabezas, A. (2020). *Extracción de compuestos antioxidantes de la cascarilla de café*. Universidad de las Americas. Obtenido de <https://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/12185/1/UDLA-EC-TIAG-2020-11.pdf>
- Cahuana, J. (2019). Comparación de condiciones para la degradabilidad de biopolímero, plásticos oxo-biodegradables y polietileno de baja densidad. *Universidad Peruana Unión*, 1(1). Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12840/2433>
- Caicedo, N. (2023). Tesis. *Bioconversión de Residuos Agrícolas por Micelio de Macrohongos Para la Elaboración de Prototipos de Bioproductos*. Colombia: Universidad de Santander.
- Calo, S. (2022). Desarrollo de un biopolímero a partir de la mezcla de almidón de trigo (*Triticum aestivum* L.) y centeno (*Secale cereale*) para el uso en el embalaje de alimentos. *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo*, 1(3), 75-95. <https://doi.org/http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/17761>

- Calvo, G. (2018). Los residuos biomásicos: algunos ejemplos de aprovechamiento integral. *Universidad Internacional de Andalucía*. <https://doi.org/ISBN:978-84-7993-048-6>
- Cárdenas, L. (2021). Tesis de pregrado. *Obtención y caracterización de un bioplástico a partir de papa chaucha (Solanum phureja) para el uso en alimentos*. Riobamba, Chimborazo, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Cárdenas, L., & Ramón, M. (2021). Evaluación de los residuos de Sacha Inchi tratados mediante el proceso de pirólisis como medio filtrante para la remoción de cromo en aguas potenciadas. *Universidad de la Salle*. [https://doi.org/https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_ambiental\\_sanitaria](https://doi.org/https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria)
- Cárdenas, S. (2023). Empaque bioplástico para alimentos con propiedades antifúngicas elaborado a partir de residuos agroindustriales. *Universidad Autónoma de Querétaro*, 1(8), 802 - 806. <https://doi.org/https://doi.org/10.29105/idcyta.v8i1.103>
- Castellano, N. (2022). ¿Por qué Ecuador importa tanto café? pág. 1;2. Obtenido de <https://perfectdailygrind.com/es/2022/03/07/por-que-ecuador-importa-tanto-cafe/>
- Chicaiza, R. (2019). Tesis de Pregrado. *Desarrollo de un material compuesto con base en los polímeros polidimetilsiloxano y politetrafluoruro de etileno para su uso en recubrimientos de prótesis humanas*. Latacunga, Ecuador: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/15618>
- Chirinos, A., Calderón, L., Larrea, F., Mucha, L., & Gustavo, L. (2021). Exportación de sachá inchi al mercado de Estados Unidos. *Lima : Universidad ESAN, Serie Gerencia Global*(16), 179. <https://doi.org/ISBN978-9972-622-69-4>

- Chirinos, O. (2021). Exportación de sacha inchi al mercado de Estados Unidos. *Lima : Universidad ESAN, Serie Gerencia Global*(16), 179. <https://doi.org/ISBN 978-9972-622-69-4>
- Criollo, J. (2019). Tesis de pregrado. *Propiedades físicas y mecánicas de películas comestibles elaboradas a base de almidón de banano*. Machala, Ecuador: Universidad técnica de Ambato.
- Cutiño, M., Salas, T., & Medina, M. (2019). Caracterización de la biomasa vegetal “cascarilla de café”. *Tecnologías Químicas*, 39(1). <https://doi.org/e-ISSN: 2224-6185>
- Demera, V., & Mesa, A. K. (2021). Obtención de biopolímero evaluando el almidón de dos variedades de malanga, blanca (*Colocasia esculenta* (L.) Schoot) y morada (*Xanthosoma sagittifolium* (L) Schoot & Endl) dos espesantes y relación agua almidón para la producción de empaques biodegradables. Santo Domingo, Ecuador: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- Echeverria, M. (2019). *Caracterización energetica de la cascarilla de arroz y café para generacion termogravimetrica*. Universidad Politécnica Nacional.
- Espinoza, G. (2020). *Elabopración de un Biopolimero para uso agroindustrial a partir del suero de leche*. Quito: Universidad de las Americas. Obtenido de <https://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/12183/1/UDLA-EC-TIAG-2020-10.pdf>
- FabIndus. (2023). *Fabricación de vasos de plasticos: como se hacen*. Obtenido de Fabricación Industrial: <https://fabricacionindustrial.com/fabricacion-de-vasos-de-plastico-como-se-hacen/>
- Fonseca, F., Mesa, J., Dilcio, J., Filippetto, D., Luengo, C., & Walfrido, A. (2021). Biomass briquetting and its perspectives in Brazil. *ELSEVIER*, 35(1), 236 - 242. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2010.08.011>
- Garcés, A. (2018). “Utilización de diferentes niveles de Sacha Inchi (*Plukenetia Volubilis*) en la alimentación de terneras en la estación experimental Tunshi”.

Riobamba, Chimborazo, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

García. (2019). Tesis de Pregrado. *Determinación de concentración óptima de ácido acético-glicerol en la elaboración de plástico biodegradable a partir del almidón de cáscara de plátano (Musa paradisiaca) en Pucallpa*. Perú: Universidad nacional de Ucayali. Obtenido de <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/3626>

García, G. (2019). Obtención de un biopolímero a partir de harina de plátano de desecho (Musa x Paradisiaca). VillaHermosa, Tabasco, Mexico: Instituto Tecnológico de Villahermosa.

García, L. (2021). Desarrollo e implementación de estrategias de mejora de las propiedades estéticas de biopolímeros. *Universidad de Zaragoza*, 4(6), 13. Obtenido de <https://zagan.unizar.es/record/107430#>

García, R., Ruiz, M., & Garrido, A. (2021). Preparación y caracterización de películas fotoluminiscentes de PVAdopadas con complejos metal-orgánicos deEu<sup>3+</sup>. *Universidad tecnológica de Tecámac*, 9(Especial 2), 123-127. <https://doi.org/https://doi.org/10.29057/icbi.v9iEspecial2.8022>

Garza, A. P. (2020). Comparación de la producción de biopolímeros extracelulares de alta densidad y lípidos intracelulares a partir de la microalga Neochloris oleoabundans. *Universidad Autónoma de Nuevo León*, 1(1), 45-50. Obtenido de <http://eprints.uanl.mx/22383/1/1080315392.pdf>

González, A., Montes, C., & Rodríguez, D. (2019). Prospectivas de aprovechamiento de algunos residuos agroindustriales. *Scielo*. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/ind/v31n1/2224-5421-ind-31-01-31.pdf>

Guamán, J. (2019). Trabajo de titulación (Pregrado). *Obtención de plásticos biodegradables a partir de almidón de cáscaras de papa para su aplicación industrial*. Riobamba, Chimborazo, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

- Guaranguay, J. (2021). Obtencion y evaluación de un biopolimero a partir de almidon de papa de rechazo de la variedad betina. Bogotá, Colombia: Universidad de la Salle.
- Gutiérrez, A. (2019). Tesis de pregrado. *Estudio del potencial de la cáscara de Sacha Inchi (Plukenetia Volubilis Linneo) para la producción de biocombustible vía gasificación con aire y vapor de agua como agentes oxidantes* . Bogotá, Colombia: Universidad de los Andes.
- Gutiérrez, H., & Román, S. (2019). *Analisis y diseño de experimentos*. Ana Laura Delgado R. <https://doi.org/ISBN> segunda edición: 978-607-15-0315-2
- Gutiérrez, M. (2023). Influencia de nanopartículas de Montmorillonita en la permeabilidad al vapor de agua de biopolímeros a partir de Ipomoea batatas L. *AJEA (Actas de Jornadas y Eventos Académicos de UTN)*, 1(3), 45-63. <https://doi.org/https://doi.org/10.33414/ajea.1299.2023>
- Hernandez, T., & Garcia, L. (2019). Etanol lignocelulósico, a partir de cascarilla de café, por medio de hidrólisis química-enzimática y fermentación. Veracruz, Veracruz, Mexico: Universidad Veracruzana.
- Inamura, P. (2019). Obtención de Biopolimeros de gelatina por radiación Ionizante. *Universidad de Sao Paulo*, 150-156. Obtenido de <https://pdfs.semanticscholar.org/5c88/560b37be8ccb3d358b88e1e7174160520566.pdf>
- INEN. (2019). Café soluble. Determinación de cenizas Totales. *INEN*. Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1117-1R.pdf>
- Jaume, I. (2018). Biopolomero y proceso de obtención. España: Oficina Española de Patentes y marcas.
- Lopez, A., Mejía, N., Zabala, A., & Ramos, M. (2023). Biopolimeros a partir de almidón de Yuca (Manihot Esculenta). *Revista Científica Agropecuaria*, 3(3), 23-27. <https://doi.org/https://doi.org/10.47187/reciena.v3i1.59>

- Manals, E., Salas, D., & Medina, M. (2018). Caracterización de la biomasa vegetal cascarilla de café. *Scielo*, 38(1). Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2224-61852018000100013&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2224-61852018000100013&script=sci_arttext&tlng=pt)
- Mespolimeros. (2021). Biopolimeros disponibles en la actualidad. *mespolimeros*, 14-23. Obtenido de <https://www.mexpolimeros.com/biopol%C3%ADmeros.html>
- Morocho, M. (2021). Tesis de Pregrado. “*Obtención de bioplástico a partir del trigo (Triticum) y cebada (Hordeum vulgare) para uso como envolturas biodegradables de alimentos*”. Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Chimborazo,.
- Noriega, L. S. (2021). Analisis de la Porducción de Sacha Inchi para la potencialización de la Exportación del Aceite. Guayaquil, Guayas, Ecuador: Universidad Catolica de Santiago de Guayaquil.
- NTE INEN 2644. (2024). NORMA TÉCNICA ECUATORIANA. *ESPECIFICACIÓN PARA PLÁSTICOS COMPOSTABLES*. Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/reglamentos/RTE-074.pdf>
- Orellana, D. (2018). La realidad Ecuatoriana en la producción de café. *Revista Científica de Investigación actualización del mundo de las Ciencias*, 2(2), 82. [https://doi.org/10.26820/recimundo/2.\(2\).2018.24-44](https://doi.org/10.26820/recimundo/2.(2).2018.24-44)
- Ortegón, J. (2023). BIOPOLÍMEROS: AVANCES Y PERSPECTIVAS. *Universidad de la Sabana*, 80(181), 19. <https://doi.org/ISSN 0012-7353>
- Pascoe, S. (2020). Identificación de propiedades presentes en jugo de Opuntia megacantha Salm-Dyck importantes para la producción de biopolímeros. *Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 22(04), 1-12. <https://doi.org/https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2019.0.197>
- Perez, E. (2019). *Café I (G. Coffea)*. Bogota, Bogota, Colombia: Universidad Complutense.

- Perez, P. (2018). La realidad Ecuatoriana en la producción de café. *Revista Científica de Investigación actualización del mundo de las Ciencias*, 2(2), 91. [https://doi.org/10.26820/recimundo/2.\(2\).2018.24-44](https://doi.org/10.26820/recimundo/2.(2).2018.24-44)
- Pérez, R. (2019). Tesis Doctoral. *Estudio de la cinética de absorción de agua en espumas de*. Mérida: Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C.
- Petrich, I. (2019). Café de calidad y sostenibilidad ambiental. *Perfect Daily Grind*, 2(3), 3-4. Obtenido de <https://perfectdailygrind.com/es/2019/09/12/cafe-de-calidad-y-sostenibilidad-ambiental-como-lograrlos/>
- Pilco, c., & Yazuma, n. (2018). Tesis. *Efecto del nivel de procesamiento en el contenido de polifenoles y capacidad antioxidante de cinco tubérculos de la Provincia Bolívar*. Obtenido de <https://dspace.ueb.edu.ec/bitstream/123456789/2816/1/TESIS%20FINAL%20%28Bi>
- Posada, S. (2019). Subproductos del Café: Valor agregado para el negocio. *Qué Café*, 1(8). Obtenido de <https://quecafe.info/usos-alternativos-subproductos-cafe/>
- Puyana, V., Valle, J., Guerrero, A., & Romero, A. (2020). Estudio de colágeno y gelatina como potenciales materias primas para ingeniería tisular. *Universidad de Sevilla*. Obtenido de [https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/130612/perez-puyana\\_2020\\_estudio.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/130612/perez-puyana_2020_estudio.pdf?sequence=3&isAllowed=y)
- Ramirez, J. (2019). Estudio de las propiedades mecánicas y físicas del adobe con biopolímeros de fuentes locales. *CONCYTEC*, 1(1), 23-25. <https://doi.org/http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/12054>
- Ramirez, J. (2021). Obtención y evaluación de un biopolimero a partir de almidón de papa de rechazo de la variedad betina. Bogotá, Colombia: Universidad de la Salle.
- Ramirez, J. E. (2021). Estudio de las propiedades mecánicas y físicas del adobe con biopolímeros de fuentes locales. *Consejo Nacional de Ciencia Tecnología*

*e Innovación Tecnológica ( Pontificia Universidad Católica del Perú)*, 1(1), 15. Obtenido de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/12054>

Riaño, J. (2020). Polihidroxicanoatos (PHAs): Biopolímeros producidos por microorganismos. Una solución frente a la contaminación del medio ambiente. *Teoría y Praxis Investigativa*, 5(2). Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3702404>

Rodríguez, E., & Villegas, E. (2022). Caracterización de polímeros aplicando el método termogravimétrico. *Laboratorio de Ligantes Asfálticos*, 3. Obtenido de <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/materiales/article/view/13470/13366>

Rodríguez, I. (2019). Investigación de mercado para la aceptación del aceite Sacha Inchi (*Plukenetia Volubilis*) en zona Quevedo. Quevedo, Los Rios, Ecuador.

Rodríguez, L., & Orrego, C. (2019). Aplicaciones de mezclas de biopolímeros y polímeros sintéticos: Revisión bibliográfica. *Revista Científica*(25), 252. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.RC.2016.25.a9>

Rojas, M., Basantes, A., & Moína, H. (2020). Producción de láminas de plástico biodegradables a partir del almidón de arracacia xanthorrhiza. *Dominio de las Ciencias*, 6(2), 981-994. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.23857/dc.v6i3.1261>

Romero, L., Valdiviezo, C., & Bonilla, S. (2019). Caracterización del aceite de la semilla de Sacha Inchi (*plukenetia volubilis*) del cantón San Vicente, Manabí, Ecuador, obtenida mediante procesos no térmicos de extrusión. *SciELO*, 30(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.17163/lgr.n30.2019.07>

Rosales, A. (2018). Obtención de biopolímero plástico a partir del almidón de malanga (*Colocasia esculenta*), por el método de polimerización por condensación en el laboratorio 110 de la UNAN-Managua. Managua, Managua, Nicaragua: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.

Sanchez, K. (2021). Tesis de pregrado. *Identificación de la concentración óptima de almidón de malanga (Colocasia esculenta) en la producción de un*

*biopolimero*. Riobamba, Chimborazo, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Sanchez, S. (2020). La realidad Eciatoriana en la produccion de Cafe. *Revista Científica de Investigación actualización del mundo de las Ciencias*, 2(2), 79. [https://doi.org/10.26820/recimundo/2.\(2\).2018.24-44](https://doi.org/10.26820/recimundo/2.(2).2018.24-44)

Sánchez, W. (2023). Tesis de pregrado. *Desarrollar el plan de extensión agropecuario en el cultivo de cacao desde el componente ambiental en el municipio de Guapotá/Santander*. Guapotá, Santander, Colombia: Universidad Libre.

Suárez, D. (2018). Tesis. *Aprovechamiento agroindustrial de la pulpa y cascarilla del café (Coffea arábica) variedad caturra en el noroccidente de Pichincha*. Pichincha, Ecuador: Universidad de las Americas.

Tapia, L. (2019). *Politica para gestion integral de pasticos en el Ecuador*. Ministerio del Ambiente Ecuador.

Thermo Fisher Scientific Inc. (2023). Sample Types Index, Methods, and Ratings. *FT-IR Sample Handling*. Obtenido de [www.thermoscientific.com](http://www.thermoscientific.com)

Valdivieso, M., Ortegón, Y., & Uscategui, Y. (2018). Biopolímeros: Avances y perspectivas. *SciELO Analytics*, 80(181). Obtenido de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0012-73532013000500019](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532013000500019)

Valdiviezo, P., Ramos, M., & Cepeda, L. (2020). Aplicaciones medicas de los biopolimeros. *Universidad Autonoma de Coahuila*, 2(63). Obtenido de <http://www.cienciacierta.uadec.mx/2020/07/03/aplicaciones-medicas-de-biopolimeros/#:~:text=Los%20biopol%C3%ADmeros%20tienen%20un%20amplio,Davidson%20y%20Reyes%2C%202019>.

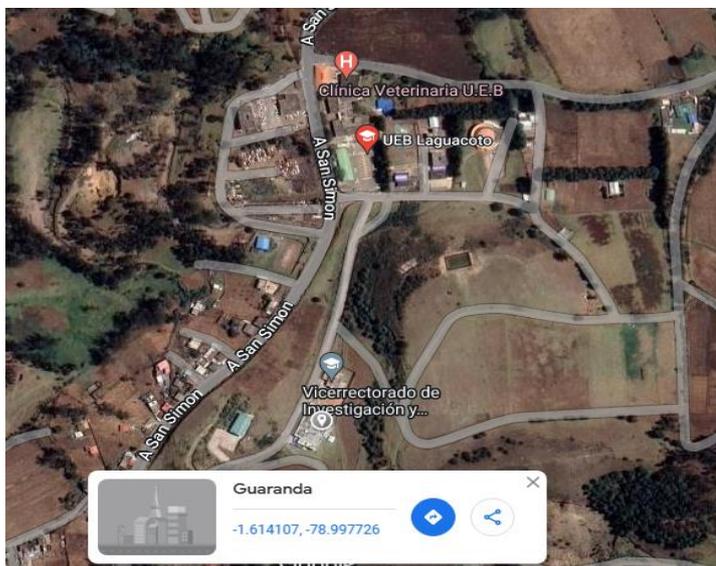
Vallero, M. F. (2019). Biopolimeros: Avances y Perspectivas. *Universidad de la Sabana*, 80(181), 6-9. <https://doi.org/ISSN 0012-7353>

- Vásconez, M. (2020). Tesis. *Extracción de compuestos antioxidantes de la cascarilla de café (Coffea spp.)*. Quito, Pichincha: Universidad de las Americas.
- Velandia, J. (2020). Identificación de polímeros por espectroscopía infrarroja. *Ontare*, 5, 21 - 26. <https://doi.org/https://doi.org/10.21158/23823399.v5.n0.2017.2005>
- Vélez, L. (2020). Tesis de Magister. *Modelo de gestión eficiente con enfoque de auto-sostenibilidad para empresas familiares agrícolas cafetaleras de la provincia de Manabí*. Guayaquil, Ecuador: Universidad Tecnológica Empresarial de Guayaquil.
- Vera, P. (2020). Avances en nutrición acuicola con *Plukenetia volubilis* (Sacha Inchi) como sustituto proteico en formulación de alimento balanceado. Machala, El Oro, Ecuador: Universidad Técnica de Machala.
- Villa, A. (2018). Envases alimentarios basados en biopolímeros y técnicas aplicadas para la mejora de sus propiedades. *Revista Doctorado UMH*, 1(1), 1. Obtenido de <https://revistas.innovacionumh.es/index.php/doctorado/article/view/p8>
- Wang, S., Zhu, F., & Kakuda, Y. (2018). Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.): Nutritional composition, biological activity, and uses. *Siencedirect*, 265, 316-328. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.05.055>

## ANEXOS

### Anexo 1

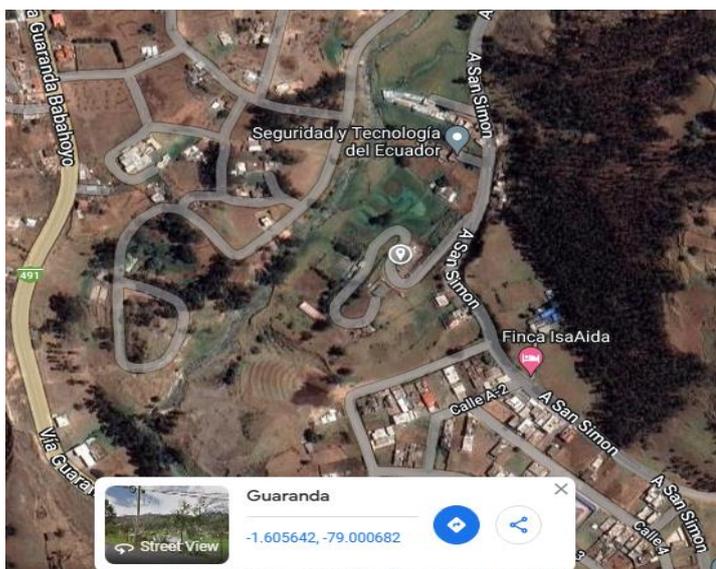
*Mapa y coordenadas del laboratorio de vinculación de la UEB*



*Nota:* Toma de la ubicación mediante “Google Maps”

### Anexo 2

*Mapa y coordenadas del laboratorio general de la UEB*



*Nota:* Toma de la ubicación mediante “Google Maps”

### **Anexo 3**

#### *Glosario de términos técnicos*

##### **Biomateriales**

Los biomateriales son materiales diseñados y utilizados en aplicaciones médicas y biológicas que interactúan de forma segura y efectiva con los sistemas biológicos. Estos materiales se utilizan para reemplazar, reparar o mejorar tejidos y órganos del cuerpo humano, promoviendo la regeneración y restauración de funciones biológicas.

##### **Almidón**

El almidón es un tipo de carbohidrato presente en muchas plantas, como los cereales, las legumbres y las patatas. Se compone de cadenas largas de glucosa, y sirve como reserva de energía para las plantas. En la alimentación humana, el almidón se utiliza como fuente de carbohidratos y se encuentra en alimentos como el arroz, el pan, las pastas y las papas.

##### **Biopolímero**

Un biopolímero es un tipo de polímero que se origina a partir de fuentes naturales, como plantas, animales o microorganismos. Estos polímeros son biodegradables y se caracterizan por su origen renovable y su baja huella ambiental.

##### **Bioplásticos**

Los bioplásticos son materiales plásticos que se derivan de fuentes renovables, como plantas y microorganismos, en contraste con los plásticos convencionales que se obtienen del petróleo, estos materiales son biodegradables o compostables, lo que significa que pueden descomponerse de forma natural y no persisten en el medio ambiente durante largos períodos de tiempo. Los bioplásticos se utilizan en diversas aplicaciones, como envases, bolsas, utensilios desechables y productos de embalaje, como alternativas más sostenibles a los plásticos convencionales.

## Anexo 4

Caracterización de las cascarillas de Sacha inchi y Café.

 <b>VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN</b>	<b>LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN</b> <small>Leguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.</small>	<b>Código</b>	FG12-01
	<b>INFORME DE RESULTADOS</b>	<b>Versión</b>	1
		<b>Año</b>	2023
		<b>Página</b>	Página 1 de 1

### INFORME DE ENSAYOS N°297-2023

Descripción de la muestra				
<b>Solicitantes</b>	Frank Alexis Ledesma García - Jonathan David Carrillo Dávila			
<b>Muestra</b>	Cascarilla de Sacha Inchi - Cascarilla de café			
<b>Código asignado UEB</b>	INV 613 - INV 614			
<b>Estado de la muestra</b>	Solido seco			
<b>Envase de recepción</b>	Fundas plásticas con aprox. 500 g de contenido de muestra			
<b>Análisis requerido(s)</b>	Celulosa			
<b>Fecha de recepción</b>	20 de noviembre de 2023			
<b>Fecha de análisis</b>	20 de noviembre al 01 de diciembre de 2023			
<b>Fecha de informe</b>	20 de diciembre de 2023			
<b>Técnico asignado</b>	ECCR			
RESULTADOS OBTENIDOS				
Matriz de ensayo	Parámetro	Unidad	Método	Resultado
INV 613 Cascarilla de Sacha Inchi	Celulosa R1	%	Método de Kurschner & Hoffer	42,5
	Celulosa R2	%	Método de Kurschner & Hoffer	41,31
	Celulosa R3	%	Método de Kurschner & Hoffer	43,63
INV 614 Cascarilla de café	Celulosa R1	%	Método de Kurschner & Hoffer	18,87
	Celulosa R2	%	Método de Kurschner & Hoffer	17,51
	Celulosa R3	%	Método de Kurschner & Hoffer	20,67

  
 Ing. Favian Bayas Morejón PhD.  
 Director DIVIUEB  
 Teléf. (+593) 99 031 6224



## Anexo 5

Características del biopolímero en base a sus variables para el tratamiento (T6).

 <b>VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN</b>	<b>LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN</b> <small>Laguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador</small>	Código	FPG12-01
	<b>INFORME DE RESULTADOS</b>	Versión	1
		Año	2024
		Página	1 de 1

**INFORME DE ENSAYOS N°035-2024**

Descripción de la muestra	
Solicitantes	Frank Alexis Ledesma García - Jonathan David Carrillo Dávila
Muestra	T6: Cascarilla de Sacha Inchi + PVA (38%) + Gelatina + Agua
Código asignado UEB	INV 017
Estado de la muestra	Sólido
Envase de recepción	Biopolímero con aprox. 100 g de muestra
Análisis requerido(s)	Humedad - Densidad - Fuerza de tensión - Espesor - Permeabilidad - Solubilidad
Fecha de recepción	02 de enero de 2024
Fecha de análisis	02 de enero al 14 de febrero de 2024
Fecha de informe	15 de febrero de 2024
Técnico asignado	ECCR

RESULTADOS OBTENIDOS				
Matriz de ensayo	Parámetro	Unidad	Método	Resultado
T6: Cascarilla de Sacha Inchi + PVA (38%) + Gelatina + Agua  INV 017	Humedad R1	%	UNE-EN-ISO 18134-3	10.6778
	Humedad R2	%	UNE-EN-ISO 18134-3	10.4200
	Densidad R1	g/mL	Rosales, 2016	1.2000
	Densidad R2	g/mL	Rosales, 2016	1.2000
	Fuerza de tensión R1	N	Ortega y Mejía, 2022	601.6380
	Fuerza de tensión R2	N	Ortega y Mejía, 2022	625.9585
	Espesor R1	mm	Basiak <i>et al.</i> , 2017	1.3500
	Espesor R2	mm	Basiak <i>et al.</i> , 2017	1.4117
	Permeabilidad R1	$\text{g h}^{-1} \text{m}^{-1} \text{MPa}^{-1}$	Arévalo, 2021	3.11E-04
	Permeabilidad R2	$\text{g h}^{-1} \text{m}^{-1} \text{MPa}^{-1}$	Arévalo, 2021	1.00E-04
	Solubilidad R1	%	Palma <i>et al.</i> , 2016	22.6922
	Solubilidad R2	%	Palma <i>et al.</i> , 2016	23.8495

Los resultados de los análisis corresponden a 2 determinaciones por muestra.  
 Valor de gravedad usado para el cálculo de Fuerza de tensión es 9.80665 m/s<sup>2</sup>



Ing. Javier Rayas Morejón, PhD  
 Director DIVIUEB  
 Teléf. (+593) 99 031 6224

## Anexo 6

Características del biopolímero en base a sus variables para el tratamiento (T12).

 <b>VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN</b>	<b>LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN</b> <small>Laguacoto II, Km 1, 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador</small>	<b>Código</b>	FPG12-01
	<b>INFORME DE RESULTADOS</b>	<b>Versión</b>	1
		<b>Año</b>	2024
		<b>Página</b>	1 de 1

**INFORME DE ENSAYOS N°041-2024**

Descripción de la muestra	
<b>Solicitantes</b>	Frank Alexis Ledesma García - Jonathan David Carrillo Dávila
<b>Muestra</b>	T12: Cascarilla de Café + PVA (38%) + Gelatina + Agua
<b>Código asignado UEB</b>	INV 023
<b>Estado de la muestra</b>	Sólido
<b>Envase de recepción</b>	Biopolímero con aprox. 100 g de muestra
<b>Análisis requerido(s)</b>	Humedad – Densidad - Fuerza de tensión – Espesor – Permeabilidad - Solubilidad
<b>Fecha de recepción</b>	02 de enero de 2024
<b>Fecha de análisis</b>	02 de enero al 14 de febrero de 2024
<b>Fecha de informe</b>	15 de febrero de 2024
<b>Técnico asignado</b>	ECCR

**RESULTADOS OBTENIDOS**

Matriz de ensayo	Parámetro	Unidad	Método	Resultado
T12: Cascarilla de Café + PVA (38%) + Gelatina + Agua  INV 023	Humedad R1	%	UNE-EN-ISO 18134-3	8 5500
	Humedad R2	%	UNE-EN-ISO 18134-3	8 7500
	Densidad R1	g/mL	Rosales, 2016	1 0000
	Densidad R2	g/mL	Rosales, 2016	1 0000
	Fuerza de tensión R1	N	Ortega y Mejía, 2022	739 8137
	Fuerza de tensión R2	N	Ortega y Mejía, 2022	733 8316
	Espesor R1	mm	Basiak <i>et al.</i> , 2017	1 3950
	Espesor R2	mm	Basiak <i>et al.</i> , 2017	1 3617
	Permeabilidad R1	$\text{g h}^{-1} \text{m}^{-1} \text{MPa}^{-1}$	Arévalo, 2021	1 42E-03
	Permeabilidad R2	$\text{g h}^{-1} \text{m}^{-1} \text{MPa}^{-1}$	Arévalo, 2021	1 04E-03
	Solubilidad R1	%	Palma <i>et al.</i> , 2016	78 7972
	Solubilidad R2	%	Palma <i>et al.</i> , 2016	80 1340

Los resultados de los análisis corresponden a 2 determinaciones por muestra  
 Valor de gravedad usado para el cálculo de Fuerza de tensión es 9 80665 m/s<sup>2</sup>



**Ing. Favian Bayas Morejón, PhD**  
**Director DIVIUEB**  
**Teléf. (+593) 99 031 6224**

## Anexo 7

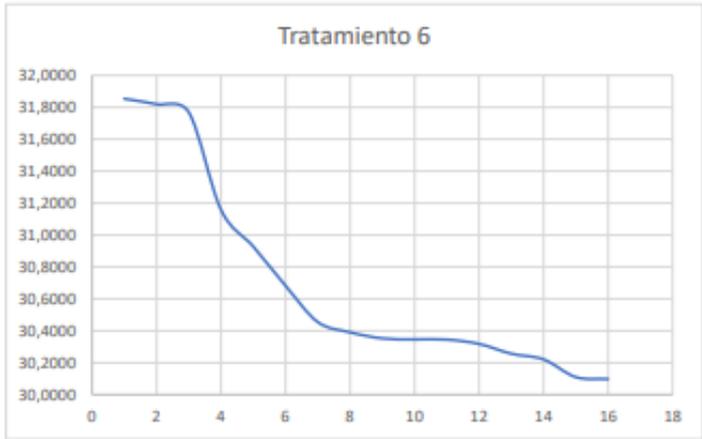
### Biodegradabilidad del tratamiento 06

	<b>LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN</b> <small>Laguacillo II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador</small>	<b>Código</b>	FPG12-01
	<b>INFORME DE RESULTADOS</b>	<b>Versión</b>	1
		<b>Año</b>	2024
		<b>Página</b>	Página 1 de 1

#### INFORME DE ENSAYOS N°100 - 2024

Descripción de la muestra	
<b>Solicitantes</b>	Frank Alexis Ledesma García - Jonathan David Carrillo Dávila
<b>Muestra</b>	T6: Cascarilla de. Sacha Inchi +PVA (38%) + Gelatina + Agua
<b>Código asignado UEB</b>	INV 012
<b>Estado de la muestra</b>	Sólido
<b>Envase de recepción</b>	Biopolímero con aprox. 100 g de muestra
<b>Análisis requerido(s)</b>	Biodegradabilidad
<b>Fecha de recepción</b>	20 de febrero de 2024
<b>Fecha de análisis</b>	20 de febrero al 12 de marzo 2024
<b>Fecha de informe</b>	18 de marzo de 2024
<b>Técnico asignado</b>	ECCR

RESULTADOS OBTENIDOS		
		
<b>Peso inicial (g)</b>	<b>Peso final (g)</b>	<b>Biodegradabilidad (%)</b>
31,8533	30,0975	94,4879



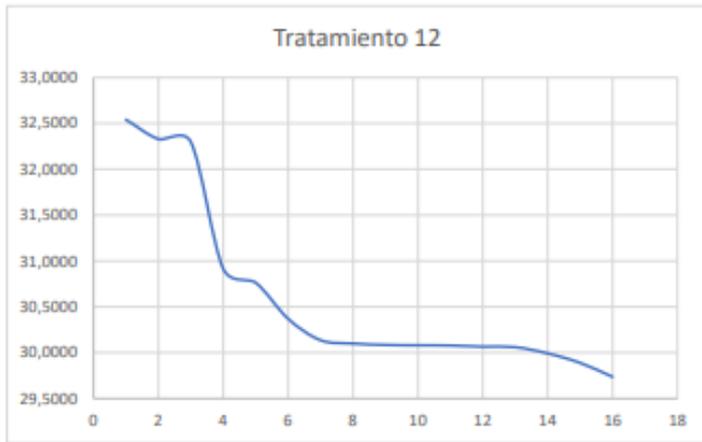
Ing. Favian Bayas Morejón PhD.  
Director DIVIUEB  
Teléf. (+593) 99 031 6224

## Anexo 8

### Biodegradabilidad del tratamiento 12

	<b>LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN</b> <small>Lagacolo II, Km 1 1/2, vía a San Sebastián, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.</small>	<b>Código</b>	FPG12-01
	<b>INFORME DE RESULTADOS</b>	<b>Versión</b>	1
		<b>Año</b>	2024
		<b>Página</b>	Página 1 de 1

#### INFORME DE ENSAYOS N°106 - 2024

Descripción de la muestra	
<b>Solicitantes</b>	Frank Alexis Ledesma García - Jonathan David Carrillo Dávila
<b>Muestra</b>	T12: Cascarella de Café +PVA (38%) + Gelatina + Agua
<b>Código asignado UEB</b>	INV 012
<b>Estado de la muestra</b>	Sólido
<b>Envase de recepción</b>	Biopolímero con aprox. 100 g de muestra
<b>Análisis requerido(s)</b>	Biodegradabilidad
<b>Fecha de recepción</b>	20 de febrero de 2024
<b>Fecha de análisis</b>	20 de febrero al 12 de marzo 2024
<b>Fecha de informe</b>	18 de marzo de 2024
<b>Técnico asignado</b>	ECCR
RESULTADOS OBTENIDOS	
	
<b>Peso inicial (g)</b>	<b>Peso final (g)</b>
32,5401	29,7362
<b>Biodegradabilidad (%)</b>	
91,3832	



FAVIAN BAYAS MOREJÓN

Ing. Favian Bayas Morejón PhD.  
**Director DIVIUEB**  
 Teléf. (+593) 99 031 6224

## Anexo 9

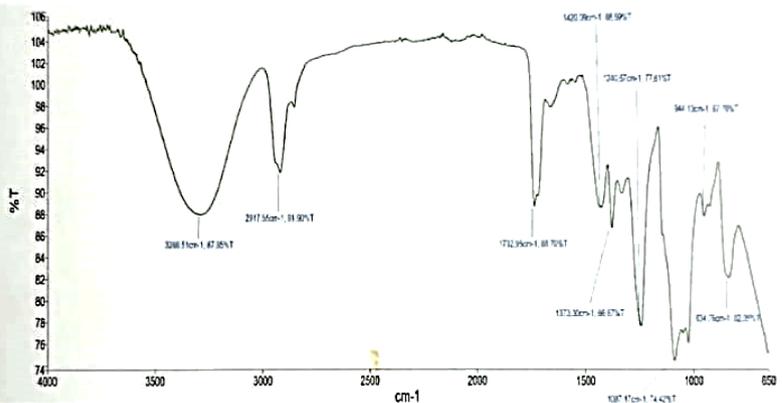
### Espectroscopia (FTIR) del tratamiento 12

 <b>VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN</b>	<b>LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN</b> <small>Lagunaco II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador</small>	Código	FPG12-01
	<b>INFORME DE RESULTADOS</b>	Versión	1
		Año	2024
		Página	1 de 2

**INFORME DE ENSAYOS N°079-2024**

Descripción de la muestra	
<b>Solicitantes</b>	Frank Alexis Ledesma García - Jonathan David Carrillo Dávila
<b>Muestra</b>	T12: Cascarilla de Café + PVA (38%) + Gelatina + Agua
<b>Código asignado UEB</b>	INV 023
<b>Estado de la muestra</b>	Sólido
<b>Envase de recepción</b>	Biopolímero con aprox. 100 g de muestra
<b>Análisis requerido(s)</b>	Espectroscopia Infrarroja por Transformada de Fourier
<b>Fecha de recepción</b>	16 de febrero de 2024
<b>Fecha de análisis</b>	16 febrero de 2024
<b>Fecha de informe</b>	19 de febrero de 2024
<b>Técnico asignado</b>	ECCR

**RESULTADOS OBTENIDOS**



Número pico	X (cm-1)	Y (%T)
1	3288,51	87,95
2	2917,55	91,9
3	1732,95	88,7
4	1420,09	88,59
5	1373,3	86,67
6	1240,67	77,61
7	1087,17	74,42
8	944,13	87,76
9	834,76	82,05

 <b>VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN</b>	<b>LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN</b> <small>Lagunaco II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador</small>	Código	FPG12-01
	<b>INFORME DE RESULTADOS</b>	Versión	1
		Año	2024
		Página	2 de 2

  
 Ing. Favián Bayas Morejón, PhD.  
 Director DIVIUEB  
 Teléf. (+593) 99 031 6224

# Anexo 10

## Espectroscopia (FTIR) del tratamiento 06

<b>VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN</b>	<b>LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN</b> <small>Laiguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.</small>	Código	FPG12-01	
	<b>INFORME DE RESULTADOS</b>	Versión	1	
		Año	2024	
		Página	1 de 2	

**INFORME DE ENSAYOS N°078-2024**

Descripción de la muestra	
<b>Solicitantes</b>	Frank Alexis Ledesma García - Jonathan David Carrillo Dávila
<b>Muestra</b>	T6. Cascariilla de Sacha Inchi + PVA (38%) + Gelatina + Agua
<b>Código asignado UEB</b>	INV 017
<b>Estado de la muestra</b>	Sólido
<b>Envase de recepción</b>	Biopolímero con aprox. 100 g de muestra
<b>Análisis requerido(s)</b>	Espectroscopia Infrarroja por Transformada de Fourier
<b>Fecha de recepción</b>	16 de febrero de 2024
<b>Fecha de análisis</b>	16 febrero de 2024
<b>Fecha de informe</b>	19 de febrero de 2024
<b>Técnico asignado</b>	ECCR

**RESULTADOS OBTENIDOS**

Número pico	X (cm-1)	Y (%T)
1	3291,91	86,11
2	2921,49	87,59
3	1732,53	87,98
4	1417,84	87,03
5	1373,78	85,78
6	1242,58	79,75

<b>VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN</b>	<b>LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN</b> <small>Laiguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.</small>	Código	FPG12-01	
	<b>INFORME DE RESULTADOS</b>	Versión	1	
		Año	2024	
		Página	2 de 2	

7	1085,09	77,33
8	835,83	83,15

Ing. Favian Bayas Morejón Ph.D.  
 Director DIVIUEB  
 Teléf. (+593) 99 031.6224

# Anexo 11

pH del suelo donde se biodegrado el biopolímero

 <b>UNIVERSIDAD ESTADAL DE BOLÍVAR</b>	<b>DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN</b>	<b>LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN</b> <small>Laguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador</small>		<b>Código</b>	<b>FPG12-01</b>
		<b>INFORME DE RESULTADOS</b>		<b>Versión</b>	<b>1</b>
				<b>Año</b>	<b>2024</b>
				<b>Página</b>	<b>Página 1 de 1</b>

INFORME N° 080-2024

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA							
<b>Solicitante</b>		Frank Alexis Ledesma Garcia- Jonathan David Carrillo Dávila					
<b>Muestra</b>		Suelo					
<b>Código asignado UEB</b>		INV 079					
<b>Estado de la muestra</b>		Sólido					
<b>Envase de recepción</b>		Recipiente de plástico					
<b>Análisis requerido(s)</b>		Determinación de Ph.					
<b>Fecha de recepción</b>		16/02/2024					
<b>Fecha de análisis</b>		16/02/2024					
<b>Fecha de informe</b>		19/02/2024					
<b>Técnico (s) asignado</b>		MIPV					
RESULTADOS OBTENIDOS							
Código	Identidad de la muestra		Parámetro	Unidad	Método de análisis	Resultados	Promedio
INV-079	T1	T1R1	pH	.....	Potenciométrico	6,97	6,97
		T1R2				6,98	
	T2	T2R1				6,90	6,86
		T2R2				6,82	
	T3	T3R1				6,76	6,79
		T3R2				6,83	
	T4	T4R1				6,73	6,71
		T4R2				6,69	
	T5	T5R1				6,73	6,75
		T5R2				6,78	
	T6	T6R1				6,71	6,79
		T6R2				6,87	
	T7	T7R1				6,75	6,76
		T7R2				6,78	
	T8	T8R1				6,68	6,70
		T8R2				6,73	
	T9	T9R1				6,78	6,73
		T9R2				6,69	
	T10	T10R1				6,74	6,73
		T10R2				6,72	
	T11	T11R1				6,63	6,69
		T11R2				6,75	
	T12	T12R1				6,78	6,74
		T12R2				6,70	
Suelo inicial						7,21	7,21

  
  
**Dr. Faviano Bayas Morejón**  
 Director DIVIUEB

## Anexo 12

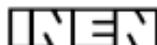
Normativas empleadas en la investigación para determinar el pH

CDU: 664.2:543.062		AL 02.02-310
<b>Norma Técnica Ecuatoriana</b>	<b>HARINAS DE ORIGEN VEGETAL. DETERMINACION DE LA CONCENTRACION DE ION HIDROGENO</b>	<b>INEN 526 1980-12</b>
<p style="text-align: center;"><b>1. OBJ ETO</b></p> <p>1.1 Esta norma establece el método para determinar la concentración de ion (pH) en las harinas de origen vegetal.</p> <p style="text-align: center;"><b>2. ALCANCE</b></p> <p>2.1 Este método es aplicable a harinas de trigo y pan.</p> <p style="text-align: center;"><b>3. RESUMEN</b></p> <p>3.1 Determinar la concentración de ion hidrógeno (pH) utilizando el potenciómetro.</p> <p style="text-align: center;"><b>4. INSTRUMENTAL</b></p> <p>4.1 Potenciómetro, con electrodos de vidrio.</p> <p>4.2 Vaso de precipitación de 250 cm<sup>3</sup>.</p> <p>4.3 Piceta.</p> <p style="text-align: center;"><b>5. REACTIVOS</b></p> <p>5.1 Solución estándar, de valores de pH conocidos entre 4,5 y 7,0.</p> <p style="text-align: center;"><b>6. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA</b></p> <p>6.1 Las muestras para el ensayo deben estar acondicionadas en recipientes herméticos, limpios, secos (vidrio, plástico u otro material inoxidable), completamente llenos para evitar que se formen espacios de aire.</p> <p>6.2 La cantidad de muestra de la harina de origen vegetal extraída dentro de un lote determinado debe ser representativa y no debe exponerse al aire mucho tiempo.</p> <p>6.3 Se homogeniza la muestra invirtiendo varias veces el recipiente que lo contiene.</p> <p style="text-align: center;"><b>7. PROCEDIMIENTO</b></p> <p>7.1 La determinación debe efectuarse por duplicado sobre la misma muestra preparada.</p>		

## Anexo 13

Normativa empleada para determinar el contenido de humedad

CDU: 664.2:543.81



AL 02.02-302

Norma Técnica Ecuatoriana	HARINA DE ORIGEN VEGETAL. DETERMINACIÓN DE LA PÉRDIDA POR CALENTAMIENTO	INEN 518 1980-12
<p style="text-align: center;"><b>1. OBJ ETO</b></p> <p>1.1 Esta norma establece el método para determinar el contenido de humedad y otras materias volátiles en las harinas de origen vegetal.</p> <p style="text-align: center;"><b>2. TERMINOLOGÍA</b></p> <p>2.1 Pérdida por calentamiento. En las harinas de origen vegetal y para efectos de esta norma, es la pérdida de una determinada cantidad de masa en las condiciones del presente método.</p> <p style="text-align: center;"><b>3. RESUMEN</b></p> <p>3.1 El método se base en calentar las harinas de origen vegetal a <math>130 \pm 3^{\circ}\text{C}</math> y pesar.</p> <p style="text-align: center;"><b>4. INSTRUMENTAL</b></p> <p>4.1 <i>Pesafiltro de vidrio</i>, con tapa esmerilada.</p> <p>4.2 <i>Desecador</i>, con cloruro de calcio u otro deshidratante adecuado.</p> <p>4.3 <i>Estufa</i>, con regulador de temperatura.</p> <p>4.4 <i>Balanza analítica</i>, sensible al 0,1 mg.</p> <p style="text-align: center;"><b>5. PREPARACION DE LA MUESTRA</b></p> <p>5.1 Las muestras para el ensayo deben estar acondicionadas en recipientes herméticos, limpios y secos (vidrio plástico u otro material inoxidable), completamente llenos para evitar que se formen espacios de aire.</p> <p>5.2 La cantidad de muestra de las harinas de origen vegetal y extraída dentro de un lote determinado debe ser representativa y no debe exponerse al aire mucho tiempo.</p> <p>5.3 Se homogeniza la muestra invirtiendo varias veces el recipiente que la contiene.</p> <p style="text-align: center;"><b>6. PROCEDIMIENTO</b></p> <p>6.1 La determinación debe efectuarse por duplicado sobre la misma muestra preparada.</p> <p>6.2 Calentar el pesafiltro y tapa durante 30 min en la estufa a <math>130 \pm 3^{\circ}\text{C}</math>. Enfrir en el desecador hasta temperatura ambiente y pesar.</p>		

## Anexo 14

Normativa empleada para determinar el contenido de ceniza

CDU: 664.2:543



AL 02.02-304

Norma Técnica Ecuatoriana	HARINAS DE ORIGEN VEGETAL DETERMINACION DE LA CENIZA	INEN 520 1980-12
<p style="text-align: center;"><b>1. OBJ ETO</b></p> <p>1.1 Esta norma establece el método para determinar el contenido de cenizas en las harinas de origen vegetal.</p> <p style="text-align: center;"><b>2. TERMINOLOGIA</b></p> <p>2.1 <b>Ceniza.</b> Es el residuo obtenido después de incinerar la muestra, dentro de las condiciones descritas en la presente norma.</p> <p style="text-align: center;"><b>3. RESUMEN</b></p> <p>3.1 Incinerar la muestra a <math>550 \pm 15^{\circ}\text{C}</math> y pesar el residuo que corresponde a las cenizas en las harinas de origen vegetal.</p> <p style="text-align: center;"><b>4. INSTRUMENTAL</b></p> <p>4.1 <i>Crisol de porcelana</i>, o de otro material inalterable a las condiciones del ensayo.</p> <p>4.2 <i>Mufa</i>, con regulador de temperatura, ajustado a <math>550 \pm 15^{\circ}\text{C}</math>.</p> <p>4.3 <i>Desecador</i>, con cloruro de calcio u otro deshidratante adecuado.</p> <p>4.4 <i>Pinza</i>, para la cápsula.</p> <p>4.5 <i>Balanza analítica</i>, sensible al 0,1 mg.</p> <p style="text-align: center;"><b>5. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA</b></p> <p>5.1 Las muestras para el ensayo deben estar acondicionadas en recipientes herméticos, limpios, secos (vidrio plástico u otro material inoxidable) y completamente llenos para evitar que se formen espacios de aire.</p> <p>5.2 La cantidad de muestra de harina de origen vegetal extraída dentro de un lote determinado debe ser representativa y no debe exponerse al aire mucho tiempo.</p> <p>5.3 Se homogeniza la muestra invirtiendo varias veces el recipiente que la contiene.</p> <p style="text-align: center;"><b>6. PROCEDIMIENTO</b></p> <p>6.1 La determinación debe efectuarse por duplicado sobre la misma muestra preparada.</p>		

## Anexo 15

Normativa empleada para determinar el porcentaje de celulosa

# norma española

UNE-EN ISO 18134-3

Marzo 2016

### TÍTULO

**Biocombustibles sólidos**

**Determinación del contenido de humedad**

**Método de secado en estufa**

**Parte 3: Humedad de la muestra para análisis general**

(ISO 18134-3:2015)

*Solid biofuels. Determination of moisture content. Oven dry method. Part 3: Moisture in general analysis sample (ISO 18134-3:2015).*

*Biocombustibles sólidos. Método de determinación de la tenese en humedad. Método de séchage à l'étuve. Partie 3: Humidité de l'échantillon pour analyse générale (ISO 18134-3:2015).*

### CORRESPONDENCIA

Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN ISO 18134-3:2015, que a su vez adopta la Norma Internacional ISO 18134-3:2015.

### OBSERVACIONES

Esta norma anula y sustituye a la Norma UNE-EN 14774-3:2010.

### ANTECEDENTES

Esta norma ha sido elaborada por el Subcomité 1 *Biocombustibles sólidos* cuya Secretaría desempeña CIEMAT, dentro del AEN/CTN 164 *Biocombustibles sólidos*.

## EXTRACTO DEL DOCUMENTO UNE-EN ISO 18134-3

Editada e impresa por AENOR  
Depósito legal: M 7437:2015

© AENOR 2015  
Reproducción prohibida

LAS OBSERVACIONES A ESTE DOCUMENTO HAN DE DIRIGIRSE A:

**AENOR** Asociación Española de  
Normalización y Certificación

Génova, 6  
28004 MADRID-España

info@aenor.es  
www.aenor.es

Tel.: 902 102 201  
Fax: 913 104 032

11 Páginas

**Anexo 16***Desarrollo de ecuaciones (Humedad de las Cascarillas)*

$$H = 100 * \frac{m - m_1}{m}$$

$$H = 100 * \frac{2,000 - 1,831}{2,000}$$

$$H = 100 * \frac{0,1169}{2,000}$$

$$H = 100 * 0,0845$$

$$H = 8,45 \%$$

**Anexo 17***Cenizas de las Cascarillas*

$$C = \frac{m_1 - m}{m} * 100$$

$$C = \frac{24,920 - 22,056}{24,920} * 100$$

$$C = \frac{2,864}{24,920} * 100$$

$$C = 0,1145 * 100$$

$$C = 11,49 \%$$

**Anexo 18***Celulosa de las Cascarillas*

$$C = \frac{P_f}{P_i} * 100$$

$$C = \frac{0,1476}{1,0014} * 100$$

$$C = 0,1474 * 100$$

$$C = 14,73 \%$$

### **Anexo 19**

*Densidad del biopolímero*

$$d = \frac{m}{v}$$

$$d = \frac{(57 - 50)}{5}$$

$$d = \frac{7}{5}$$

$$d = 1,4000 \text{ g/ml}$$

### **Anexo 20**

*Humedad del biopolímero*

$$M_{ad} = \left( \frac{m_1 - m_2}{m_1} \right) * 100$$

$$M_{ad} = \left( \frac{(32,4934 + 1,0000) - (33,4065)}{1,0000} \right) * 100$$

$$M_{ad} = \left( \frac{(33,4934) - (33,4065)}{1,0000} \right) * 100$$

$$M_{ad} = \left( \frac{0,0869}{1,0000} \right) * 100$$

$$M_{ad} = (0,0869) * 100$$

$$M_{ad} = 8,69 \%$$

### **Anexo 21**

*Fuerza de Tensión del biopolímero*

$$\sigma = f * g$$

$$\sigma = 63,40 * 9,81$$

$$\sigma = 621,954 \text{ N}$$

## **Anexo 22**

*Biodegradabilidad del biopolímero*

$$\% \text{ de degradabilidad} = \left( \frac{P_f}{P_i} * 100 \right)$$

$$\% \text{ de degradabilidad} = \left( \frac{29,6435}{31,8843} * 100 \right)$$

$$\% \text{ de degradabilidad} = (0,929 * 100)$$

$$\% \text{ de degradabilidad} = 92,9$$

## **Anexo 23**

*Solubilidad del biopolímero*

$$\% \text{ de solubilidad} = \left( \frac{P_i - P_f}{P_i} * 100 \right)$$

$$\% \text{ de solubilidad} = \left( \frac{0,4424 - 0,2215}{0,4424} * 100 \right)$$

$$\% \text{ de solubilidad} = (0,4993 * 100)$$

$$\% \text{ de solubilidad} = 49.93$$

## **Anexo 24**

*Permeabilidad del biopolímero*

$$WVP = \frac{P_2 - P_1 * e}{t * pv * (\varphi_2 - \varphi_1)}$$

$$WVP = \frac{\left( \frac{43,1989 - 431975}{0,0225} \right) * 0,0012}{1 * 0,003171 * (50 - 0)}$$

$$WVP = \frac{(0,062222) * 0,0012}{1 * 0,003171 * (50 - 0)}$$

$$WVP = \frac{(0,062222) * 0,0012}{0,1586}$$

$$WVP = 4,83E - 04$$

## Anexo 25

### *Cantidades utilizadas en la obtención de un biopolímero de alta densidad*

Niveles				
	Tipos de materia prima	Acetato de polivinílico (PVA)	Tipo de espesante	Diluyente
T1	Cas. de Sacha Inchi (0.4000 g)	42% (33.6 g)	Almidón (4.8 g)	Agua (80 g)
T2	Cas. de Sacha Inchi (0.4000 g)	42% (33.6 g)	Gelatina (4.8 g)	Agua (80 g)
T3	Cas. de Sacha Inchi (0.4000 g)	40% (32 g)	Almidón (6.4 g)	Agua (80 g)
T4	Cas. de Sacha Inchi (0.4000 g)	40% (32 g)	Gelatina (6.4 g)	Agua (80 g)
T5	Cas. de Sacha Inchi (0.4000 g)	38% (30.4 g)	Almidón (8 g)	Agua (80 g)
T6	Cas. de Sacha Inchi (0.4000 g)	38% (30.4 g)	Gelatina (8 g)	Agua (80 g)
T7	Cas. de Café (0.4000 g)	42% (33.6 g)	Almidón (4.8 g)	Agua (80 g)
T8	Cas. de Café (0.4000 g)	42% (33.6 g)	Gelatina (4.8 g)	Agua (80 g)
T9	Cas. de Café (0.4000 g)	40% (32 g)	Almidón (6.4 g)	Agua (80 g)
T10	Cas. de Café (0.4000 g)	40% (32 g)	Gelatina (6.4 g)	Agua (80 g)
T11	Cas. de Café (0.4000 g)	38% (30.4 g)	Almidón (8 g)	Agua (80 g)
T12	Cas. de Café (0.4000 g)	38% (30.4 g)	Gelatina (8 g)	Agua (80 g)

Nota. La cantidad utilizada de la materia prima es muy baja debido a que es muy voluminosa y no pesa baja en comparación a las demás materias primas.

**Anexo 26**

*Evidencia fotográfica del desarrollo del trabajo de investigación*

<p>Pulverización a las cascarillas de Sacha inchi y Café</p>	<p>Tamizado de las muestras de las cascarillas pulverizadas</p>
	

<p>Determinación del pH en las cascarillas se Sacha inchi y Café</p>	<p>Determinación de humedad a las cascarillas de Sacha inchi y Café</p>
	

Determinación de cenizas a las  
cascarillas de Sacha inchi y café



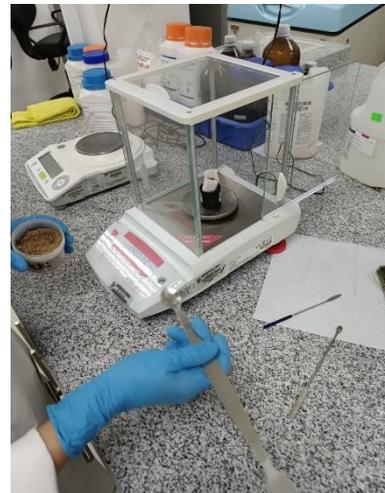
Muestras calcinadas



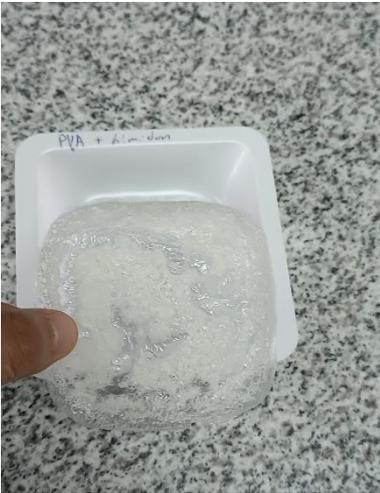
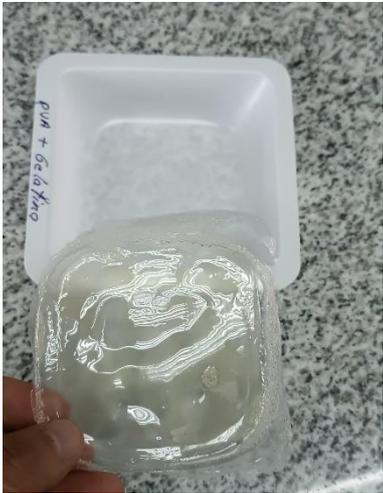
Análisis de celulosa a las cascarillas  
de Sacha inchi y Café



Ubicación de la muestra de las  
cascarillas en filtros y sellados



<p>Prueba preliminar en la obtención del biopolímero</p>	<p>Preparación de una mezcla preliminar</p>
	

<p>Comportamiento de los componentes PVA + Almidón</p>	<p>Comportamiento de los componentes PVA + Gelatina</p>
	

<p>Mezcla Preliminar en la obtención de un biopolímero</p>	<p>Secado de la muestra preliminar</p>
	

<p>Asistencia del técnico para el análisis de celulosa en las materias primas</p>	<p>Desecho de los químicos presentes en las cascarillas</p>
	

Segunda prueba preliminar en la obtención del biopolímero



Tercera prueba preliminar en la obtención del biopolímero



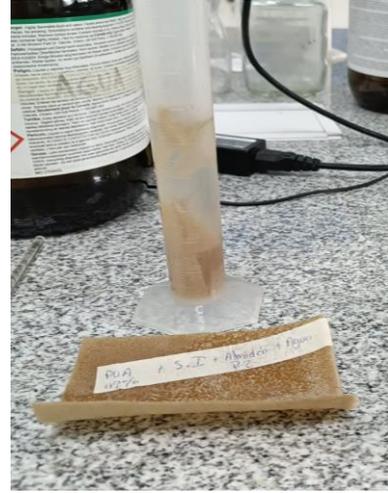
Prueba valida en la obtención del biopolímero



Realización del biopolímero en laminas para someterle a diferentes análisis



Esparcido por todo el molde para que quede homogéneo	Análisis de densidad realizada en el biopolímero
--	--



Todos los tratamientos del biopolímero con su respectiva replica	
--	--



---

Determinación de humedad en el biopolímero

---



---

Análisis de tensión de fuerza del biopolímero

---



---

Análisis de biodegradabilidad a todos los tratamientos, para así determinar la vida útil del biopolímero

---



---

Biodegradabilidad del biopolímero



---

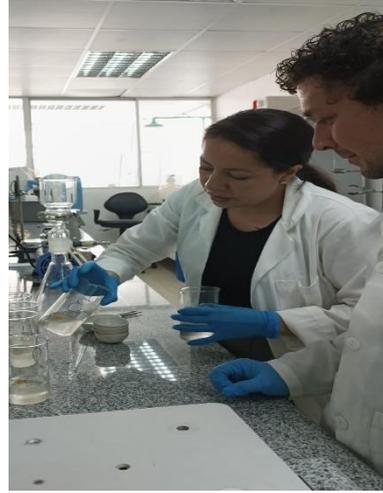
Restos del biopolímero en el proceso de biodegradabilidad



Análisis de solubilidad del biopolímero



Asistencia del técnico en el análisis de solubilidad del biopolímero



Análisis de permeabilidad del biopolímero



Pesaje de los componentes para la elaboración del biopolímero

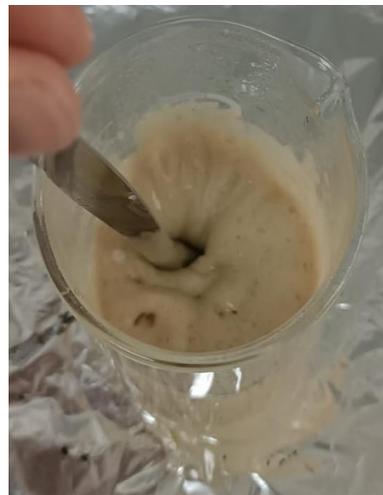


Prueba preliminar en la elaboración del vaso con el mejor tratamiento



Molde para para la elaboración del envase

Mezcla para la obtención del biopolímero



---

Envase final

---

