



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA**

**“OBTENCIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A PARTIR DE  
ALMIDÓN DE LA CÁSCARA DE CACAO (*Teobroma cacao.L.*)  
EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE”**

**Trabajo de integración curricular**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA QUÍMICA**

**AUTORA:** VIVIANA MARISELA CANDO SINALUISA

**DIRECTOR:** Ing. HANNIBAL LORENZO BRITO MOINA PhD.

Riobamba – Ecuador

2021

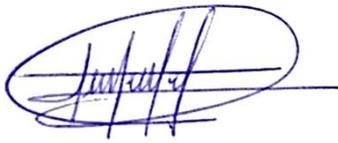
© 2021, Viviana Marisela Cando Sinaluisa

Se Autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Viviana Marisela Cando Sinaluisa declaro que el presente trabajo de integración curricular es de mi auditoria y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de integración curricular. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 16 de septiembre de 2021.



**Viviana Marisela Cando Sinaluisa**

**210059923-8**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA**

El Tribunal del trabajo de integración curricular certifica que: El trabajo de integración curricular:  
Tipo: Proyecto de Investigación de Investigación, **OBTENCIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A PARTIR DE ALMIDÓN DE LA CÁSCARA DE CACAO “ (Teobroma cacao.L.) EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE** realizado por la señorita: **VIVIANA MARISELA CANDO SINALUISA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembro del Tribunal del trabajo de titulación. El mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Danielita Fernanda Borja Mayorga Msc. <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>	 Firmado electrónicamente por: <b>DANIELITA FERNANDA BORJA MAYORGA</b>	2021-09-16
Ing. Hannibal Lorenzo Brito Moina PhD. <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>	 Firmado digitalmente por <b>HANNIBAL LORENZO BRITO MOINA</b> DN: C=EC, O=SECURITY DATA S.A. 2, OU=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE INFORMACION, CN=AUTORIDAD DE CERTIFICACION SUBCA-2 SECURITY DATA Serial: Soy el autor de este documento Fecha: miércoles, 1 de diciembre de 2021 07:51:15 a. m.	2021-09-16
Ing. Silvana Paola Ocaña Coello Msc. <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	 Firmado electrónicamente por: <b>SILVANA PAOLA OCANA COELLO</b>	2021-09-16

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a Dios por sus bendiciones, a mi familia quienes me han guiado con sus exhortaciones y me han formado con virtudes, valores a lo largo de mi vida, este es un logro más que he alcanzado.

A mis amigos, que con gran frenesí me brindaron su amistad y cariño, creando fuertes lazos con la imagen que perduren por toda la vida.

Y a todas aquellas personas que formaron parte del proceso académico, quienes me acompañaron desde el inicio hasta la finalización de la carrera y a los que por diferentes motivos se unieron en el camino.

*Viviana*

## **AGRADECIMIENTOS**

El presente trabajo es gracias a Dios que me ha dado sabiduría, a mis padres Víctor Cando y Anita Sinaluisa mis pilares fundamentales en este proceso educativo los cuales han estado a mi lado en situaciones y momentos de alegría y tristeza. No fue sencillo llegar, pero sin embargo la motivación de ti hizo efecto para terminar exitosamente este escalón en mi vida profesional.

Mi gratitud al Ing. Hannibal Brito y Paola Ocaña que instituyeron en el seguimiento de mi trabajo de integración curricular lo que al principio parecía interminable.

*Viviana*

## TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvii
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xviii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xviii
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	xixx
RESUMEN.....	xx
ABSTRACT.....	xxi
INTRODUCCIÓN.....	1

### CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	3
1.1. Identificación del problema.....	3
1.2. Justificación de la investigación.....	3
1.3. Objetivos de la investigación.....	4
1.3.1. <i>General</i> .....	4
1.3.2. <i>Específicos</i> .....	4

### CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO.....	5
2.1. Antecedentes de la Investigación.....	5
2.2. Marco Conceptual.....	7
2.2.1. <i>Cacao (Theobroma cacao. L.)</i> .....	7
2.2.1.1. <i>Morfología del cacao</i> .....	7
2.2.1.2. <i>Clasificación Taxonómica</i> .....	8
2.2.1.3. <i>Clima y Suelo</i> .....	8
2.2.1.4. <i>Valor Nutricional de la cáscara de cacao</i> .....	9
2.2.2. <i>Biopelículas</i> .....	9
2.2.2.1. <i>Biopelícula de almidón</i> .....	10
2.2.3. <i>Almidón</i> .....	10

2.2.3.1.	<i>Composición del almidón</i> .....	10
2.2.4.	<i>Amilosa</i> .....	10
2.2.5.	<i>Amilopectina</i> .....	11
2.2.6.	<i>Plásticos</i> .....	11
2.2.6.1.	<i>Convencionales</i> .....	12
2.2.6.2.	<i>Bioplástico</i> .....	12
2.2.6.3.	<i>Componentes del plástico biodegradable</i> .....	13
2.2.7.	<i>Glicerol</i> .....	13
2.3.	<b>Planteamiento de la Hipótesis</b> .....	14
2.3.1.	<i>Hipótesis General</i> .....	14
2.3.2.	<i>Hipótesis Específicas</i> .....	14
2.4.	<b>Identificación de variables</b> .....	15
2.5.	<b>Operación de variables</b> .....	16
2.5.1.	<i>Operacionalización de las variables para la obtención de almidón</i> .....	16
2.6.	<b>Matriz de Consistencia</b> .....	17
2.7.	<b>Tipo y diseño de Investigación</b> .....	18
2.7.1.	<b>Tipo de investigación</b> .....	18
2.7.1.1.	<i>Según el método de investigación</i> .....	18
2.7.1.2.	<i>Según el objetivo de investigación</i> .....	18
2.7.1.3.	<i>Según el objeto de investigación</i> .....	18
2.7.1.4.	<i>Según el nivel de profundización</i> .....	18
2.7.1.5.	<i>Según la manipulación de variables</i> .....	18
2.7.1.6.	<i>Según el tipo de inferencia</i> .....	19
2.7.1.7.	<i>Según el periodo temporal</i> .....	19
2.7.2.	<b>Diseño de la investigación</b> .....	19
2.7.3.	<b>Diseño factorial <math>2^k</math></b> .....	19
2.7.3.1.	<i>Diseño factorial <math>2^k</math> para la extracción del almidón de la cáscara de cacao</i> .....	20
2.7.3.2.	<i>Diseño Factorial <math>2^k</math> para la elaboración del plástico biodegradable</i> .....	20
2.7.3.3.	<i>Esquema de Tratamiento y Formulaciones del Diseño Factorial <math>2^2</math></i> .....	21
2.7.4.	<b>Descripción de equipos, recursos y materiales</b> .....	22
2.7.4.1.	<i>Equipos</i> .....	22
2.7.4.2.	<i>Materiales</i> .....	22
2.7.4.3.	<i>Materiales de Vidrio, Porcelana</i> .....	23
2.7.4.4.	<i>Reactivos</i> .....	23

<b>2.8.</b>	<b>Unidad de Análisis</b> .....	23
<b>2.9.</b>	<b>Población de Estudio</b> .....	24
<b>2.10.</b>	<b>Tamaño de Muestra</b> .....	24
<b>2.11.</b>	<b>Selección de muestra</b> .....	24
<b>2.12.</b>	<b>Técnicas de Recolección de Datos</b> .....	25
<b>2.12.1.</b>	<b>Obtención del almidón</b> .....	25
<b>2.12.1.1.</b>	<i>Técnica de extracción del almidón en Vía seca y Húmeda</i> .....	25
<b>2.12.1.2.</b>	<i>Técnica para la caracterización del almidón de cáscara de cacao</i> .....	29
<b>2.12.1.3.</b>	<i>Análisis Microbiológicos</i> .....	35
<b>2.12.2.</b>	<b>Técnicas de caracterización del plástico biodegradable</b> .....	36
<b>2.12.2.1.</b>	<i>Formulación de la biopelícula</i> .....	36
<b>2.12.2.2.</b>	<i>Técnica de Humedad del plástico biodegradable</i> .....	36
<b>2.12.2.3.</b>	<i>Técnica de solubilidad en agua del plástico biodegradable</i> .....	37
<b>2.12.2.4.</b>	<i>Técnica de transmisión de vapor en agua del plástico biodegradable</i> .....	37
<b>2.12.2.5.</b>	<i>Técnica de ensayo de tracción del plástico biodegradable</i> .....	39
<b>2.12.2.6.</b>	<i>Técnica de biodegradabilidad del plástico biodegradable</i> .....	40

### CAPÍTULO III

<b>3.</b>	<b>DATOS, RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	41
<b>3.1.</b>	<b>Datos, resultados y análisis realizados a la cáscara de cacao</b> .....	41
<b>3.1.1.</b>	<i>Análisis sensorial de la cáscara de cacao</i> .....	41
<b>3.1.2.</b>	<i>Datos, resultados y análisis cualitativos de la cáscara de cacao</i> .....	41
<b>3.2.</b>	<b>Datos y análisis realizados al almidón a partir de la cáscara de cacao</b> .....	42
<b>3.2.1.</b>	<i>Datos, resultados y análisis de la obtención por método de Vía Seca del almidón.</i> .....	42
<b>3.2.2.</b>	<i>Datos y análisis de la obtención por método de Vía Húmeda del almidón</i> .....	43
<b>3.2.2.1.</b>	<i>Cálculos del rendimiento del almidón a partir de la cáscara de cacao</i> .....	43
<b>3.2.2.2.</b>	<i>Análisis de la aplicación del diseño factorial 2<sup>2</sup> para determinar el rendimiento del almidón de cáscara de cacao</i> .....	45
<b>3.2.2.3.</b>	<i>Análisis ANOVA del rendimiento del almidón</i> .....	46
<b>3.2.2.4.</b>	<i>Análisis Tukey del rendimiento del almidón obtenido</i> .....	46
<b>3.3.</b>	<b>Datos, resultados y análisis de la caracterización físico -químico del almidón</b> .....	47
<b>3.3.1.</b>	<i>Ensayo de Lugol</i> .....	47
<b>3.3.2.</b>	<i>Ensayo densidad aparente</i> .....	47

3.3.2.1.	<i>Densidad aparente suelta</i> .....	47
3.3.2.2.	<i>Densidad aparente empacada</i> .....	48
3.3.3.	<b>Viscosidad de Brookfield del almidón</b> .....	49
3.3.3.1.	<i>Datos y resultado de viscosidad Brookfield del almidón</i> .....	49
3.3.4.	<b>pH</b> .....	50
3.3.4.1.	<i>Análisis y resultado del pH del almidón obtenido</i> .....	50
3.3.5.	<b>Temperatura de Gelatinización</b> .....	50
3.3.5.1.	<i>Análisis y resultados de la Temperatura de Gelatinización</i> .....	50
3.3.6.	<b>Humedad y Materia seca</b> .....	51
3.3.6.1.	<i>Datos, resultados y análisis de la Humedad y Materia seca</i> .....	51
3.3.6.2.	<i>Cálculo de Humedad</i> .....	52
3.3.6.3.	<i>Cálculo de Materia Seca</i> .....	52
3.3.6.4.	<i>Resultado de humedad base seca y húmeda</i> .....	52
3.3.7.	<b>Índice de absorción de agua, índice de solubilidad en agua y poder de hinchamiento</b> .	53
3.3.7.1.	<i>Datos de Índice de absorción de agua</i> .....	53
3.3.7.2.	<i>Cálculo del Índice de absorción de agua</i> .....	53
3.3.7.3.	<i>Resultado de Índice de absorción de agua, solubilidad y poder de hinchamiento</i> .....	54
3.3.7.4.	<i>Datos de Índice de solubilidad de agua</i> .....	55
3.3.7.5.	<i>Cálculo de Índice de absorción de agua, índice de solubilidad y poder de hinchamiento</i>	55
3.3.7.6.	<i>Resultado del Índice de solubilidad en agua</i> .....	55
3.3.7.7.	<i>Datos de Poder de hinchamiento</i> .....	56
3.3.7.8.	<i>Cálculo del poder de hinchamiento</i> .....	56
3.3.7.9.	<i>Resultado de poder de hinchamiento</i> .....	57
3.3.8.	<b>Ceniza por calcinación</b> .....	58
3.3.8.1.	<i>Datos de ceniza por calcinación</i> .....	58
3.3.8.2.	<i>Cálculo de la ceniza por calcinación</i> .....	58
3.3.8.3.	<i>Resultado de la ceniza por calcinación</i> .....	58
3.3.9.	<b>Amilosa y amilopectina</b> .....	59
3.3.10.	<b>Análisis de pruebas microbiológicas</b> .....	59
3.4.	<b>Caracterización Físico- Químico del almidón</b> .....	59
3.5.	<b>Datos y resultado del tratamiento del diseño factorial del bioplástico 2<sup>k</sup></b> .....	61
3.5.1.	<i>Análisis del espesor de la biopelícula</i> .....	61
3.5.2.	<i>Análisis sensorial de la biopelícula</i> .....	62
3.6.	<b>Análisis físico – químico y mecánico del plástico biodegradable</b> .....	64

<b>3.6.1.</b>	<b><i>Formulación de la biopelícula</i></b> .....	64
<b>3.6.1.1.</b>	<i>Análisis de la formulación de la biopelícula</i> .....	65
<b>3.6.2.</b>	<b><i>Análisis de la Humedad de la biopelícula</i></b> .....	65
<b>3.6.2.1.</b>	<i>Datos de Humedad de la biopelícula</i> .....	65
<b>3.6.2.2.</b>	<i>Cálculo de la Humedad de la biopelícula</i> .....	65
<b>3.6.2.3.</b>	<i>Resultados de la Humedad de la biopelícula</i> .....	66
<b>3.6.2.4.</b>	<i>Análisis de la Humedad de la biopelícula</i> .....	66
<b>3.6.3.</b>	<b><i>Análisis de Solubilidad de la biopelícula</i></b> .....	67
<b>3.6.3.1.</b>	<i>Datos de Solubilidad de la biopelícula</i> .....	67
<b>3.6.3.2.</b>	<i>Cálculo de Solubilidad de la biopelícula</i> .....	67
<b>3.6.3.3.</b>	<i>Resultado de Solubilidad de la biopelícula</i> .....	68
<b>3.6.3.4.</b>	<i>Análisis de Solubilidad de la biopelícula</i> .....	68
<b>3.6.4.</b>	<b><i>Análisis de Permeabilidad de la biopelícula</i></b> .....	69
<b>3.6.4.1.</b>	<i>Datos de Permeabilidad de la biopelícula</i> .....	69
<b>3.6.4.2.</b>	<i>Cálculos de Permeabilidad de la biopelícula</i> .....	69
<b>3.6.4.3.</b>	<i>Resultado de Permeabilidad de la biopelícula</i> .....	70
<b>3.6.4.4.</b>	<i>Análisis de Permeabilidad de la biopelícula</i> .....	70
<b>3.6.5.</b>	<b><i>Análisis de Ensayos de Tracción o Mecánica</i></b> .....	71
<b>3.6.5.1.</b>	<i>Datos de Ensayo de Tracción</i> .....	71
<b>3.6.5.2.</b>	<i>Cálculos de Ensayo de Tracción</i> .....	71
<b>3.6.5.3.</b>	<i>Resultado de Ensayo de Tracción</i> .....	72
<b>3.6.5.4.</b>	<i>Análisis de ensayo de Tracción</i> .....	73
<b>3.7.</b>	<b><i>Análisis de Biodegradabilidad de la biopelícula</i></b> .....	73
<b>3.7.1.</b>	<b><i>Biodegradabilidad en el Ambiente</i></b> .....	73
<b>3.7.1.1.</b>	<i>Datos de Biodegradabilidad al Ambiente</i> .....	73
<b>3.7.1.2.</b>	<i>Cálculos de Biodegradabilidad al Ambiente</i> .....	74
<b>3.7.1.3.</b>	<i>Resultados de biodegradabilidad al Ambiente</i> .....	74
<b>3.7.1.4.</b>	<i>Análisis de Biodegradabilidad al Ambiente</i> .....	75
<b>3.7.2.</b>	<b><i>Biodegradabilidad en el Agua</i></b> .....	76
<b>3.7.2.1.</b>	<i>Datos de Biodegradabilidad en el Agua</i> .....	76
<b>3.7.2.2.</b>	<i>Cálculos de Biodegradabilidad en el Agua</i> .....	76
<b>3.7.2.3.</b>	<i>Resultados de Biodegradabilidad en el Agua</i> .....	77
<b>3.7.2.4.</b>	<i>Análisis de Biodegradabilidad en el Agua</i> .....	78
<b>3.7.3.</b>	<b><i>Biodegradabilidad en el Suelo</i></b> .....	78

3.7.3.1.	<i>Datos de Biodegradabilidad al en el Suelo</i> .....	78
3.7.3.2.	<i>Cálculos de Biodegradabilidad en el Suelo</i> .....	79
3.7.3.3.	<i>Resultados de biodegradabilidad en el Suelo</i> .....	79
3.7.3.4.	<i>Análisis de Biodegradabilidad en el Suelo</i> .....	80
3.8.	<b>Prueba de Hipótesis</b> .....	81
3.8.1.	<i>Comprobar las variables adecuadas en la producción de un polímero biodegradable y la determinación de las características óptimas del almidón de cáscara de cacao</i> .....	81
3.8.2.	<i>Determinación de la eficacia utilizando el método húmedo en la extracción del almidón, y la valoración los 4 tratamientos a través del estudio factorial 2<sup>2</sup>, y formulación de la película basándose en la concentración de agua y glicerina, y la aplicación del producto final en la biopelícula obtenida</i> .....	81
4.8.3.	<i>Determinación de la evaluación del diseño 2<sup>2</sup> factorial para la obtención de plástico biodegradable</i> .....	82
4.8.4.	<i>Determinación de la calidad del plástico biodegradable del almidón de cáscara de cacao</i> .....	82
4.8.5.	<i>Reemplazo de la utilización del plástico sintético convencional por el plástico biodegradable</i> .....	83
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	84
	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	85
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
	<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b>	Revisión Bibliográfica de obtención de biopelículas .....	6
<b>Tabla 2-2:</b>	Taxonomía del cacao (Teobroma cacao. L.) forastero .....	8
<b>Tabla 3-2:</b>	Valor nutricional de la cascara de cacao (Teobroma cacao.L.) forastero .....	9
<b>Tabla 4-2:</b>	Variables dependientes e independientes para la extracción de almidón .....	15
<b>Tabla 5-2:</b>	Variables para la obtención del bioplástico .....	15
<b>Tabla 6-2:</b>	Operacionalización de variables para la obtención de almidón.....	16
<b>Tabla 7-2:</b>	Matriz de Consistencia .....	17
<b>Tabla 8-2:</b>	Esquema de tratamiento y formulaciones del diseño 2 <sup>2</sup> .....	21
<b>Tabla 9-2:</b>	Técnica de extracción del almidón por Vía Seca.....	25
<b>Tabla 10-2:</b>	Extracción del almidón por Vía Húmeda .....	26
<b>Tabla 11-2:</b>	Técnica de ensayo de Lugol .....	29
<b>Tabla 12-2:</b>	Técnica de la densidad aparente del almidón de cáscara de cacao .....	29
<b>Tabla 13-2:</b>	Técnica de viscosidad de Brookfield.....	30
<b>Tabla 14-2:</b>	Técnica de pH en el almidón de cáscara de cacao.....	31
<b>Tabla 15-2:</b>	Técnica de la Temperatura de gelatinización .....	31
<b>Tabla 16-2:</b>	Técnica de la Humedad y Materia seca del almidón de cáscara de cacao.....	32
<b>Tabla 17-2:</b>	Técnica de índice de absorción de agua, solubilidad.....	33
<b>Tabla 18-2:</b>	Técnica contenido de Cenizas por calcinación del almidón de cáscara de cacao....	34
<b>Tabla 19-2:</b>	Resultados del rendimiento obtenido del almidón .....	36
<b>Tabla 20-2:</b>	Técnica de Humedad del plástico biodegradable .....	36
<b>Tabla 21-2:</b>	Técnica de solubilidad en agua.....	37
<b>Tabla 22-2:</b>	Técnica de transmisión de vapor de agua .....	37
<b>Tabla 23-2:</b>	Técnica de ensayo de tracción o mecánicas .....	39
<b>Tabla 24-2:</b>	Técnica de biodegradabilidad.....	40
<b>Tabla 25-3:</b>	Datos cualitativos de la cáscara de cacao .....	41
<b>Tabla 26-3:</b>	Datos y análisis cuantitativos de la cáscara de cacao .....	41
<b>Tabla 27-3:</b>	Datos y análisis de la obtención por método de Vía Seca .....	42
<b>Tabla 28-3:</b>	Resultado del rendimiento del almidón .....	43
<b>Tabla 29-3:</b>	Extracción y obtención del almidón a partir de la cáscara de cacao.....	45
<b>Tabla 30-3:</b>	Análisis de varianza ANOVA del rendimiento del almidón obtenido .....	46
<b>Tabla 31-3:</b>	Análisis TUKEY .....	46
<b>Tabla 32-3:</b>	Datos del ensayo de la densidad aparente suelta .....	47

<b>Tabla 33-3:</b>	Datos del ensayo de la densidad aparente .....	48
<b>Tabla 34-3:</b>	Resultado de Densidad del almidón obtenido .....	48
<b>Tabla 35-3:</b>	Resultado de viscosidad Brookfield del almidón obtenido .....	49
<b>Tabla 36-3:</b>	Resultado de pH del almidón obtenido.....	50
<b>Tabla 37-3:</b>	Resultado de la Temperatura de Gelatinización del almidón obtenido .....	50
<b>Tabla 38-3:</b>	Datos del ensayo de Humedad y Materia seca .....	51
<b>Tabla 39-3:</b>	Resultado de Humedad y Materia Seca.....	52
<b>Tabla 40-3:</b>	Datos de Índice de absorción de agua .....	53
<b>Tabla 41-3:</b>	Resultado de índice de absorción de agua .....	54
<b>Tabla 42-3:</b>	Datos de Índice de solubilidad de agua .....	55
<b>Tabla 43-3:</b>	Resultado de índice de solubilidad en agua.....	55
<b>Tabla 44-3:</b>	Datos de Poder de hinchamiento .....	56
<b>Tabla 45-3:</b>	Resultado de poder de hinchamiento.....	57
<b>Tabla 46-3:</b>	Datos de ceniza por calcinación .....	58
<b>Tabla 47-3:</b>	Resultado de la ceniza por calcinación.....	58
<b>Tabla 48-3:</b>	Caracterización Físico- químico del almidón de la cáscara de cacao.....	60
<b>Tabla 49-3:</b>	Análisis sensorial de la biopelícula .....	62
<b>Tabla 50-3:</b>	Determinación del espesor de la biopelícula .....	63
<b>Tabla 51-3:</b>	Análisis de Varianza ANOVA .....	64
<b>Tabla 52-3:</b>	Formulación de la biopelícula .....	64
<b>Tabla 53-3:</b>	Datos de Humedad de la biopelícula .....	65
<b>Tabla 54-3:</b>	Resultados de Humedad de la biopelícula.....	66
<b>Tabla 55-3:</b>	Datos de Solubilidad de la biopelícula .....	67
<b>Tabla 56-3:</b>	Resultados de Solubilidad .....	68
<b>Tabla 57-3:</b>	Datos de Permeabilidad de la biopelícula.....	69
<b>Tabla 58-3:</b>	Resultado de Permeabilidad .....	70
<b>Tabla 59-3:</b>	Datos de Ensayo de Tracción .....	71
<b>Tabla 60-3:</b>	Resultados de Ensayo de Tracción .....	72
<b>Tabla 61-3:</b>	Datos de Biodegradabilidad al Ambiente.....	73
<b>Tabla 62-3:</b>	Resultado de Biodegradabilidad al Ambiente .....	74
<b>Tabla 63-3:</b>	Imágenes de Biodegradabilidad en el Ambiente .....	74
<b>Tabla 64-3:</b>	Datos de Biodegradabilidad en el Agua .....	76
<b>Tabla 65-3:</b>	Resultado de Biodegradabilidad en el Agua.....	77
<b>Tabla 66-3:</b>	Imágenes de Biodegradabilidad en el Agua .....	77

<b>Tabla 67-3:</b>	Datos de Biodegradabilidad en el Suelo.....	78
<b>Tabla 68-3:</b>	Resultado de Biodegradabilidad en el Suelo .....	79
<b>Tabla 69-3:</b>	Imágenes de Biodegradabilidad en el Suelo.....	79

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-3:</b>	Rendimiento del almidón .....	44
<b>Gráfico 2-3:</b>	Densidad Suelta .....	49
<b>Gráfico 3-3:</b>	Densidad Empacada .....	49
<b>Gráfico 4-3:</b>	Viscosidad Brookfield del almidón .....	49
<b>Gráfico 5-3:</b>	pH del almidón .....	50
<b>Gráfico 6-3:</b>	Temperatura de Gelatinización del almidón.....	51
<b>Gráfico 7-3:</b>	Índice de absorción de agua en el almidón.....	54
<b>Gráfico 8-3:</b>	Índice de solubilidad en agua en el almidón .....	56
<b>Gráfico 9-3:</b>	Poder de Hinchamiento .....	57
<b>Gráfico 10-3:</b>	Ceniza por calcinación del almidón .....	59
<b>Gráfico 11-3:</b>	Espesor del plástico biodegradable .....	61
<b>Gráfico 12-3:</b>	Permeabilidad al Vapor de Agua.....	71
<b>Gráfico 13-3:</b>	Biodegradabilidad al Ambiente .....	75
<b>Gráfico 14-3:</b>	Biodegradabilidad en el Agua .....	78
<b>Gráfico 15-3:</b>	Biodegradabilidad en el Suelo.....	80

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-2:</b>	Fruta cascara de cacao (Teobroma cacao.L.) forastero .....	7
<b>Figura 2-2:</b>	Estructura de la Amilosa .....	10
<b>Figura 3-2:</b>	Estructura de la Amilopectina.....	11
<b>Figura 4-2:</b>	Plástico convencional no degradable .....	11
<b>Figura 5-2:</b>	Clasificación de los plásticos convencionales .....	12
<b>Figura 6-2:</b>	Clasificación de Bioplásticos .....	12
<b>Figura 7-2:</b>	Diseño Factorial del almidón de la cáscara de cacao.....	20
<b>Figura 8-2:</b>	Diseño Factorial del plástico biodegradable .....	20
<b>Figura 9-2:</b>	Simbología de la obtención del almidón y elaboración del plástico .....	21
<b>Figura 10-2:</b>	Diagrama de la extracción por vía Seca del almidón de la cáscara de cacao.....	27
<b>Figura 11-2:</b>	Diagrama de la extracción por vía Húmeda del almidón cáscara de cacao .....	28
<b>Figura 12-2:</b>	Diagrama de caracterización del almidón de la cáscara de cacao.....	35
<b>Figura 13-2:</b>	Probeta de medición.....	39
<b>Figura 14-3:</b>	Caracterización morfológica del fruto .....	42

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1-2:</b>	Densidad Suelta .....	30
<b>Ecuación 2-2:</b>	Densidad Compacta .....	30
<b>Ecuación 3-2:</b>	Porcentaje de Humedad del Almidón de cáscara de cacao.....	32
<b>Ecuación 4-2:</b>	Porcentaje de Materia Seca del Almidón de cáscara de cacao .....	32
<b>Ecuación 5-2:</b>	Índice de absorción de agua.....	33
<b>Ecuación 6-2:</b>	Índice de solubilidad en agua.....	33
<b>Ecuación 7-2:</b>	Poder de hinchamiento .....	34
<b>Ecuación 8-2:</b>	Porcentaje de residuos de Calcinación del almidón.....	34
<b>Ecuación 9-2:</b>	Porcentaje de Humedad del plástico biodegradable .....	36
<b>Ecuación 10-2:</b>	Porcentaje de solubilidad en agua del plástico biodegradable.....	37
<b>Ecuación 11-2:</b>	Transmisión de vapor de agua .....	38
<b>Ecuación 12-2:</b>	Transmisión de vapor de agua .....	38
<b>Ecuación 13-2:</b>	Formula de Esfuerzo de Tracción.....	39
<b>Ecuación 14-2:</b>	Formula Porcentaje de Elongación.....	39
<b>Ecuación 15-2:</b>	Biodegradabilidad por IMAGE J.....	40
<b>Ecuación 16-3:</b>	Rendimiento del almidón obtenido.....	43

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO A:</b>	RECEPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA
<b>ANEXO B:</b>	PROCESO EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN
<b>ANEXO C:</b>	CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN OBTENIDO
<b>ANEXO D:</b>	CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN OBTENIDO
<b>ANEXO E:</b>	FORMULACIÓN DE LA BIOPELÍCULA
<b>ANEXO F:</b>	CARACTERIZACIÓN DE LA BIOPELÍCULA
<b>ANEXO G:</b>	BIODEGRADABILIDAD DE LA BIOPELÍCULA
<b>ANEXO H:</b>	ANÁLISIS DE AMILOSA DEL ALMIDÓN
<b>ANEXO I:</b>	ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DEL ALMIDÓN
<b>ANEXO J:</b>	ENSAYO DE TRACCIÓN, $T_{R1}$
<b>ANEXO K:</b>	ENSAYO DE TRACCIÓN $T_{R2}$
<b>ANEXO L:</b>	ENSAYO DE TRACCIÓN $T_{R3}$
<b>ANEXO M:</b>	ENSAYO DE TRACCIÓN $T_{R4}$

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<b>A:</b>	Área total de la Biopelícula
<b>Fa:</b>	Fracción de Almidón
<b>Hb:</b>	Humedad de la Biopelícula
<b>H<sub>R1</sub>:</b>	Humedad Relativa en el interior de la celda
<b>H<sub>R2</sub>:</b>	Humedad Relativa
<b>ISA:</b>	Índice de Solubilidad en Agua
<b>Q:</b>	Peso Ganado del Desecante de Vapor de Agua
<b>Ha:</b>	Humedad del Almidón
<b>IAA:</b>	Índice de Absorción en Agua
<b>ISA:</b>	Índice de Solubilidad en Agua
<b>F<sub>R</sub>:</b>	Formulación
<b>Kg:</b>	Kilogramos
<b>Mh:</b>	Peso capsula más almidón
<b>Mr:</b>	Peso de capsula
<b>Ms:</b>	Peso de capsula más muestra seca
<b>Ms:</b>	Materia Seca
<b>Mcc:</b>	Peso crisol + muestra calcinada
<b>Mcv:</b>	Peso crisol vacío
<b>Mcs:</b>	Peso crisol +muestra seca
<b>Ms:</b>	Materia Seca
<b>P.i.p:</b>	Peso inicial del almidón
<b>P.i.f:</b>	Peso final del almidón
<b>Pg:</b>	Pego en Gel
<b>PH:</b>	Poder de Hinchamiento
<b>ρ<sub>S</sub>:</b>	Densidad Suelta
<b>ρ<sub>E</sub>:</b>	Densidad Empacada
<b>RPM:</b>	Revoluciones por minuto
<b>t:</b>	tiempo de la prueba en horas
<b>V:</b>	Volumen
<b>WVTR:</b>	Tasa de Transmisión de Vapor de Agua
<b>WVTR:</b>	Tasa de Transmisión de agua
<b>e:</b>	espesor

## RESUMEN

El objetivo de la investigación se encausa en la fabricación de una película biodegradable a partir del almidón del residuo de la cáscara de cacao (*Theobroma cacao. L*). En primer lugar, se inició con la obtención del almidón la cual se realizó por dos métodos; método húmedo el cual se llevó a cabo con un diseño factorial que nos permitió obtener variables como es la velocidad de licuado en (RPM) y tiempo en (s) de los cuales se realizó cuatro tratamientos con cuatro repeticiones cada uno obteniendo un porcentaje de 17,08 de almidón, de modo simultaneo se realizó el método seco que es similar solo que este cuenta con extrusión de la materia prima hasta convertir en gránulos de almidón. Subsiguiente a esto se realizó ensayos a nivel de laboratorio como, por ejemplo; proximales, microbiológicos, físico- químicas y un ensayo externo que se realizó en el INIAP (*Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias*), este ensayo determino la cantidad de amilosa y humedad existente en el almidón. Posterior a esto se procedió a la elaboración de un ensayo idóneo para la película biodegradable la cual se aplicó variables independientes; volumen de glicerina (de 2,5 a 4 mL) y agua (de 60 a 70 ml), posteriormente se realizó la caracterización de la biopelícula como por ejemplo la biodegradabilidad, espesor, humedad, permeabilidad al vapor de agua, solubilidad en agua y ensayo de tracción el resultado de estos ensayos nos permitió afirmar que el tratamiento uno es el más fiable. Asimismo, se realizó revisión bibliográfica de artículos similares que empleaban técnicas, ensayos y análisis similares que ayudaron a la viabilidad de la elaboración de la película biodegradable óptima.

**Palabras clave:** <ALMIDÓN>, <AMILOSA>, <ANOVA>, <MÓDULO DE FLEXIÓN>, <PERMEABILIDAD>, <TRACCIÓN >, <TENSIÓN DE FLEXIÓN>

LEONARDO  
FABIO  
MEDINA  
NUSTE

Firmado  
digitalmente por  
LEONARDO FABIO  
MEDINA NUSTE  
Fecha: 2021.12.15  
17:59:46 -05'00'



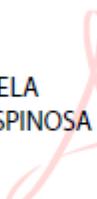
1605-DBRA-UTP-2021

## ABSTRACT

The investigation objective dealt with the manufacturing of a biodegradable film from the starch of the cocoa shell residue (*Theobroma cacao. L*). It started with the starch obtainment which was carried out by two methods: the humid method which was conducted with the factorial design which permitted to obtain variables such as: the blending speed in (RPM) and the time in (s), of which, four treatments with four replications each were carried out, obtaining a percentage of 17.08 starch; Simultaneously, the dry method was carried out, which is similar, except that it includes extrusion of the raw material until it becomes starch granules. Subsequently, tests at the laboratory level were carried out, such as, for example, proximal, microbiological, physicochemical and an external test which was carried out at the *National Institute of Agricultural Research (INRA)*. This trial determined the amount of amylose and moisture in the starch. Later the elaboration of an idoneous trial for the biodegradable film was performed and independent variables were applied: glycerin volume (from 2,5 to 4ml) and water (from 60 to 70 ml). Finally, the characterization of the biofilm was conducted: biodegradability, thickness, moisture, water vapor permeability, water solubility and tensile test. The result of this trials permitted to affirm that treatment one is the most reliable. Likewise, the bibliographic revision of articles employing similar techniques, trials and analyses which helped to the viability of the elaboration of the optimum biodegradable film was performed.

**Keywords:**<STARCH>, <AMYLOSE>, <ANOVA>, <BENDING STRESS> <FLEXION  
MODULE>, <PERMEABILITY>, <TRACTION>.

ANA GABRIELA  
REINOSO ESPINOSA



Firmado  
digitalmente por  
ANA GABRIELA  
REINOSO ESPINOSA  
Fecha: 2021.12.02  
10:37:57 -05'00'

## INTRODUCCIÓN

El plástico tiene como materia prima el carbono, el cual constituye macromoléculas producidas por transformación ya sean estas naturales o sintéticas que son extraídas del petróleo, gas natural u otros minerales, es resistente, flexible es un buen aislante de electricidad, su flexibilidad hace que sea de fácil moldeo y admite pigmentos, además de que pueden combinarse con otras materias primas para mejorar sus propiedades, son de baja resistencia al calor (Saramago, 2018, p.2). Estas macromoléculas están formadas por la unión de elementos sencillos “monómeros” que se parecen a peldaños de una cadena, para elaborar plástico se debe enlazar monómeros entre si a esto se lo denomina polimerización que a condiciones de presión y temperatura de aquí se los denomina también polímeros (Pesantez, 2020). La producción de plástico sintético por ser de bajo costo, ligereza y adaptabilidad ha hecho que se conviertan en uno de los contaminantes más activo por su masiva utilización en diferentes actividades como es el envase y embalaje, medicina, fabricación de automóviles y telecomunicaciones (Andrady y Neal, 2009, p.357). Además es imprescindible en su uso cotidiano que ha hecho que se incremente la producción de estos en el 2012 se estimó unos 241 millones de toneladas a nivel global, en el 2015 esta cifra ascendió a 300 millones de toneladas (Alarcón, 2020).

El aumento desmedido en la utilización del plástico de vida útil corta ha creado un impacto ambiental de manera que la contaminación que se genera desde la extracción de los combustibles fósiles hasta su producción, otro factor contribuyente es cuando este plástico se convierte en residuo y como no existe una recolección y separación responsable los residuos del plástico son depositados en rellenos sanitarios haciendo de establecer una problemática más grande (INECC, 2012, p.37).

Según Peelman et al., (2013, p.132), nos conceptualiza que la palabra bioplásticos es sinónimo de biopolímero, que es un conjunto de materias primas que lo componen y son derivados de productos vegetales tales como fécula de maíz, aceite de soja, fécula de yuca etc. Las características que compilan a este biopolímero son capaces de ser degradados de forma aeróbica (presencia de O<sub>2</sub>) y anaeróbica (ausencia de O<sub>2</sub>) por acción de microorganismos existentes en el medio de manera natural tales como bacterias, hongos u algas. Existen variedades de bioplásticos que están conformado en su totalidad de diferentes tipos de materias primas de origen renovable, pero en este caso existe dos variedades (biodegradable y no biodegradable) y de materias primas de origen petroquímico y biodegradable (UPM, 2009, p.22) .

Lo innovador de la producción del biopolímero es la mitigación del impacto ambiental provocado por los plásticos convencionales en la actualidad un 65% de los bioplásticos se utilizan en productos y envases que tiene un promedio de vida corta, sin embargo, ha aumentado su uso en

la elaboración de autopartes en el sector automotriz, pero solo el 1% de la producción total fue de plásticos biodegradables en el 2010 (Morales, 2018, p.25). Por ende, la fabricación de plásticos ha ido incrementando con los años en diferentes países donde han promulgado la utilización de plástico biodegradable y sobre todo se han creado líneas de investigación para la producción de este tipo haciendo que los biopolímeros sean una opción factible porque tiene la capacidad de degradarse en cualquier medio ya sea acuático terrestre (Oliva y Garcia, 2012).

Ecuador es un país diverso con regiones y climas que ayudan a fomentar la agricultura y ahí es donde se debe aprovechar los residuos de los diferentes cultivos ya que un sinnúmero de ellos sirve como materia prima para la elaboración de biopolímeros. Aunque no tiene mucha acogida el bioplástico en mercados ecuatorianos se pretende dar un realce (Yacelga, 2018, p.1).

Por consiguiente, el cacao que es una fruta de consumo a nivel mundial acumula toneladas de residuos como es el caso de las cáscaras, las cuales en su composición contiene un porcentaje mediano de almidón que es un hidrato de carbono, es el segundo polisacárido que se encuentra en las plantas, distribuido en semillas y cáscaras seguido de la celulosa que es otra macromolécula polisacárido y en pequeñas porciones de lignina (Hernández, 2013, p.41).

## CAPÍTULO I

### 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 1.1. Identificación del problema

Actualmente el efecto que ha tenido la masiva acumulación de plástico se ha convertido en un problema ambiental representativo, ya que por sus características físicas y químicas lo hace resistente a la degradación por microorganismos de modo que su tiempo de vida de degradación es mayor a 150 años hasta los 4000 años, aun con una concientización y ejecución de programas de selección y reducción de residuos plásticos no se ha logrado minimizar este problema. “La cantidad total del plástico generado a nivel global en el 2019 es de aproximadamente 400 millones de toneladas, de los cuales solo el 9% del plástico usado en el mundo se recicla, el 12 % se incinera y el 79 % de la basura generada por el plástico se encuentra en vertederos de corrientes de agua o se arroja en medio de la naturaleza”(Pesantez, 2020).

*“En Quito se recolecta 112420 toneladas de plástico, de los cuales parte de ellos 6000 toneladas son fundas de plástico”* (Moran, 2020).

Para lo cual, se ha buscado nuevas líneas de investigación, especialmente en el desarrollo y producción de biomateriales que minimicen esta problemática, además desde hace una década la producción de bioplástico a nivel mundial se ha incrementado. Por lo que, una de las nuevas alternativas, es el uso de productos agrícolas del Ecuador, especialmente los que tienen almidón, motivo por el cual, se utilizará la cáscara de cacao la cual cumple el papel de materia prima, en la que se puede aprovechar sus particulares propiedades y características.

#### 1.2. Justificación de la investigación

La agricultura ocupa un lugar importante en el país debido a que es la fuente principal de empleo y dado que tiene diferentes regiones lo hace diverso en la producción de cultivos por lo que, este sector requiere de un cambio donde sea aprovechado de una mejor manera los recursos existentes.

La Región Amazónica es característica por cultivar productos como por ejemplo el cacao que es el favorito en mercados internacionales por contar beneficios ambientales y estándares de calidad altos dado por la situación geográfica y climática del país, además según la Organización Internacional del Cacao (FAO, 2020), 50 millones de personas a nivel global dependen de este cultivo para subsistir con

un negocio que mueve más de USD 200000 millones anuales, como una de las seis principales actividades más lucrativas del mundo.

Por lo expuesto, se realizará esta investigación, de la elaboración de bioplástico puesto que es de origen natural, el cual se encuentra en la naturaleza en las plantas y un componente de este es el almidón. De modo que se va a utilizar como materia prima en la “Obtener una biopelícula a partir del residuo de la cáscara de cacao (*Theobroma cacao.L.*) en la producción de plástico biodegradable”, con el fin de reducir el uso indiscriminado de plástico sintético y a la vez generar ingresos

El proyecto se desarrollará en el laboratorio de Investigación de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo el mismo que se encuentra a cargo del grupo de Investigación Ambiental y Desarrollo (GIADE) en la “OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICOS A PARTIR DE LOS PRODUCTOS AGRÍCOLAS DEL ECUADOR”, aprobado con resolución administrativa No. 002-ESPOCH-2020 del Plan Operativo Anual de la ESPOCH, con fecha de inicio del 2020/01/07 y fecha de finalización 2022/11/04.

### **1.3. Objetivos de la investigación**

#### **1.3.1. General**

- Obtener una biopelícula a partir del almidón de la cáscara de cacao (*Theobroma cacao.L.*) en la producción de plástico biodegradable.

#### **1.3.2. Específicos**

- Evaluar el porcentaje de rendimiento del almidón extraído
- Determinar los porcentajes óptimos de la mezcla para la elaboración de plástico biodegradable.
- Caracterizar el almidón obtenido mediante ensayos físico químico.
- Obtener la biopelícula a nivel de laboratorio del almidón de la cáscara de cacao

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO METODOLÓGICO

#### 2.1. Antecedentes de la Investigación

En la actualidad el impacto ambiental que ha generado el plástico sintético, derivado del petróleo (*alto peso molecular*), ha incrementado el grado de contaminación, siendo uno de los factores más importantes en la contribución del deterioro del ecosistema.

Así el plástico se ha vuelto indispensable en todo campo de actividad con un tamaño de vida muy corto el cual hace que al momento de terminarse su vida útil genere factores adversos al medio ambiente, en consecuencia, de esto varios países del mundo han empezado adoptar una regulación o incluso prohibir el uso de plástico de un solo uso.

*“Alrededor de 0.5 a 1 mil millones de fundas de plástico son utilizadas anualmente, de las cuales se recicla una cuarta parte del volumen total”* (Nielsen, Holmberg y Stripple, 2019, p.5).

“El polietileno en años anteriores se convirtió en un factor de uso diario como un ejemplo de este material son las fundas de un solo uso, debido a que son de uso común y diario en diferentes ocupaciones cotidianas de varias comunidades de todo el mundo ya sean en supermercados, Walmart lo que ha realizado que se incremente los impactos del medio ambiente en diferentes zonas y ecosistemas ya seas de tierra o marinos” (Knoblauch, Mederake y Stein, 2018).

Estadísticamente en el Ecuador aproximadamente más de 500 empresas se dedican a la industria de plásticos. Anualmente más de 1500 millones de las fundas desechables son utilizadas. Según datos del 2018 del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, el 78,40% de la población ecuatoriana utilizan bolsas de plástico desechables cuando realizar compras. El 19% usa de tela o material reutilizable y el 2,60% bolsas o contenedores de papel o cartón (Alarcón, 2020).

**Tabla 1-2:** Revisión Bibliográfica de obtención de biopelículas

Año	Tipo	Nombre de la Investigación	Autor (es)	Lugar
2020	Tesis	“Biopelículas a partir de harina zea mays. Activado con aceite de rosmarinus officinali y eucalyptus globulus mediante técnica casting”.	Evelyn Mabel Fonseca Quishpi	Colombia
2020	Artículo	Extracción de almidón de cáscara de cacao ( <i>Theobroma cacao</i> L.) como alternativa de bioprospección	José Herrera Rengifo Laura Villa Prieto	Colombia
2018	Tesis	Extracción de almidón a partir de residuos de banano ( <i>Musa paradisiaca</i> ) para la elaboración de un biopolímero	Marcos Adrián Cárdenas Freire	Cuenca
2019	Tesis	“Obtención de biofilm a partir del almidón de zanahoria blanca ( <i>Arracacia xanthorrhiza</i> ) y de camote ( <i>Ipomoea batatas</i> ) como alternativa al uso de material plástico derivado de petróleo	Joselyne Brigitte Parra Pérez	Ecuador
2020	Tesis	Obtención de una biopelícula a partir de la oca ( <i>oxalis tuberosa</i> ) y de la yuca ( <i>Manihot esculenta</i> ) para la utilización como envoltura de alimentos	Melissa Michelle Pastuizaca Castro	Ecuador

Realizado por: Cando, Viviana. 2021.

## 2.2. Marco Conceptual

### 2.2.1. Cacao (*Theobroma cacao. L.*)

El cacao (*Theobroma cacao. L.*) forastero, es la variedad más común, pero también la más robusta y con una mayor cantidad de frutos, es cultivado principalmente en: Perú, Ecuador, Colombia, Brasil Guayanas e incluso Venezuela. Se destaca entre las otras variedades por tener un sabor fuerte y amargo, levemente ácido (Arpide, 2016).

#### 2.2.1.1. Morfología del cacao

El árbol de cacao es utilizado para la elaboración de las barras de chocolate.



**Figura 1-2:** Fruta cascara de cacao (*Theobroma cacao.L.*) forastero

Fuente: (Anacafé, 2013, p.7).

Tiene un tamaño mediano entre 5 y 8 m, pero en algunos casos puede alcanzar los 20 m. en cielo abierto y bajo sombra. Es frondoso redondeado tiene un diámetro de 7 a 9 m. Su tronco puede ser recto o variado dependiendo de las condiciones ambientales (Gardini, 2004).

### 2.2.1.2. Clasificación Taxonómica

**Tabla 2-2:** Taxonomía del cacao (*Theobroma cacao. L.*) forastero

<b><u>CARACTERÍSTICAS</u></b>		
1	<b>Reino</b>	Plantae
2	<b>División</b>	Spermatophyta
3	<b>Subdivisión</b>	Magnoliophyta
4	<b>Clase</b>	Magnoliopsida
5	<b>Subclase</b>	Dicotiledoneae
6	<b>Orden</b>	Malvales
7	<b>Familia</b>	Malvaceace 1
8	<b>Subfamilia</b>	<i>Byttnerioideae</i>
9	<b>Tribu</b>	Theobromeae
10	<b>Género</b>	Theobroma Cacao
11	<b>Subgénero</b>	<i>Sphero carpum</i>
12	<b>Sección</b>	-----
13	<b>Especie</b>	<i>Theobroma cacao L.</i>
14	<b>Nombre Común</b>	árbol de cacao o cacaotero
15	<b>Nombre Científico</b>	Theobroma cacao L

Fuente: (Cabuya, 2018, p.2).

Realizado por: Cando, Viviana. 2021.

### 2.2.1.3. Clima y Suelo

#### **Suelo**

Lo más importante en la producción del cacao es la temperatura, lluvia, viento y la luz o radiación solar. Es importante la humedad relativa ya que ayuda a la propagación de algunas enfermedades del fruto y estas características del clima reúne las zonas tropicales como la Amazonia Ecuatoriana.

#### **Temperatura**

Su temperatura idónea promedio para que produzca este fruto son 21 °C ya que es difícil cultivar por debajo de este rango, afectando al árbol, al mismo tiempo a la formación de las flores (Omaña, 2009).

## Agua

Necesita estar en un lugar drenado, el agua debe oscilar entre los 1500 y 2500 mm en las zonas bajas más cálidas y entre 1200 y 1500 mm en las zonas más frescas o los valles altos (Omaña, 2009).

### 2.2.1.4. Valor Nutricional de la cáscara de cacao

**Tabla 3-2:** Valor nutricional de la cascara de cacao (*Teobroma cacao.L.*) forastero

Composición por cada 100 g de parte comestible			
No.	COMPONENTE	UNIDAD	CANTIDAD
1	Energía	(kcal)	12,77
2	Proteínas	(g)	4,54
3	Fibra	(g)	17,63
4	GRASA	(g)	2,26
5	Hidratos de Carbono	(g)	39,81
6	Vitamina A	(µg ER)	0,00
7	Vitamina B1	mg	0,00
8	Vitamina B2	(µg ER)	0,00
9	Vitamina C	(mg)	0,00
10	Calcio	(mg)	18,95
11	Fósforo	(mg)	0,72
12	Magnesio	(mg)	15,73
13	Hierro	(mg)	8,37
14	Potasio	(mg)	1,11
15	Zinc	(mg)	4,90
16	Sodio	(mg)	8,64

**Fuente:** (Murillo, Ponce y Huamán, 2020).

**Realizado por:** Cando, Viviana. 2021.

### 2.2.2. Biopelículas

Biofilm o biopelícula es una mezcla de diferentes tipos de biopolímeros que pueden reemplazar a los plásticos convencionales porque tienen propiedades de degradación menores a las de un convencional. En la biopelícula interviene, materias primas tal como lo es el almidón que se degrada por acción enzimática de organismos vivos como las bacterias (Brito, Basantes, y Huacho, 2020, p.11)..

El bioplástico procesado para embalaje de alimentos es muy importante ya que sirve para repeler fuentes de contaminación microbiana, así como también disminuir la transferencia de calor y resistencia de fluido puesto que estas películas tienen un espesor aproximadamente de 1 mm y son ideales para recubrir alimentos.

#### 2.2.2.1. Biopelícula de almidón

Está compuesto por Amilopectina y Amilosa la cual al conglomerarse en un contenido alto produce películas óptimas y adecuadas para la producción de plástico biodegradable.

#### 2.2.3. Almidón

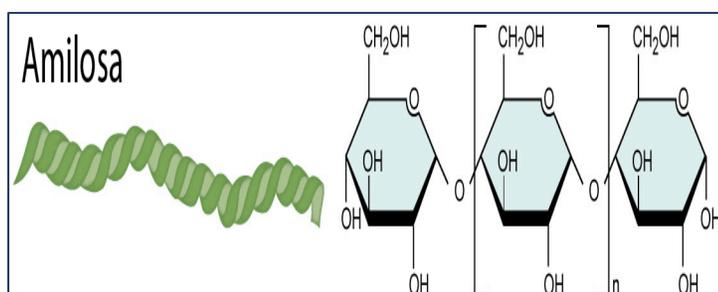
El almidón es el principal carbohidrato de almacenamiento energético de las plantas está constituido por unidades de glucosa, las cuales están contenidas en partículas pequeñas denominados gránulos, su tamaño varía dependiendo de la fuente vegetal.

##### 2.2.3.1. Composición del almidón

Principalmente está compuesto por D-glucopiranosas por enlaces glucosídicos, se forma por dos polímeros que se diferencian por la unión que tiene cada uno dentro del granulo (QUÍMICA, 2011).

#### 2.2.4. Amilosa

Está constituida por anillos de glucosa unidos entre sí para formar largas moléculas sin ramificaciones. Se disuelve fácil en agua, adquiriendo una estructura secundaria de forma helicoidal en la que cada vuelta de la hélice comprende de seis unidades de glucosa (QUÍMICA, 2011).

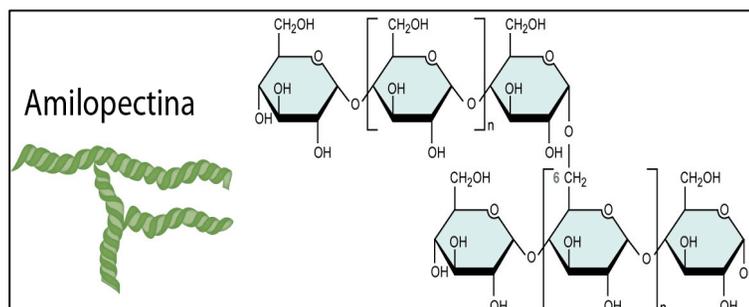


**Figura 2-2:** Estructura de la Amilosa

Fuente: (Higgins, 2014).

### 2.2.5. Amilopectina

Se trata de un carbohidrato de elevado peso molecular, gracias a esto presenta una muy baja concentración total de la sustancia que provoca que su paso por el estómago sea bastante rápido. De hecho, llega a ser más rápido que el de una molécula de azúcar o de malto dextrina («APTA VITAL SPORT» 2017) .



**Figura 3-2:** Estructura de la Amilopectina

Fuente: (Higgins, 2014).

### 2.2.6. Plásticos

Se le da como nombre genérico al material sintético, derivado del petróleo producido por un efecto de polimerización, que es una cadena de sustancias con estructura molecular y con semejantes características fisicoquímicos en un espacio de temperatura lo que permite el moldeado y adaptabilidad y esto proporciona la disposición de tener distintas formas, son de utilidad porque son de fácil manipulación tiene una vida útil promedio es de quince minutos, de otro modo que posee la capacidad de modificar sin llegar a romperse (Raffino, 2020).

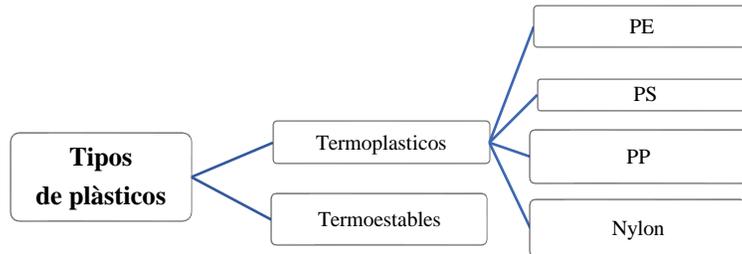


**Figura 4-2:** Plástico convencional no degradable

Fuente: (Contreras, 2020).

### 2.2.6.1. Convencionales

Su alta resistencia a la corrosión, al agua y a la descomposición bacteriana los convierte en unos residuos difíciles de eliminar convirtiéndose en un problema ambiental.

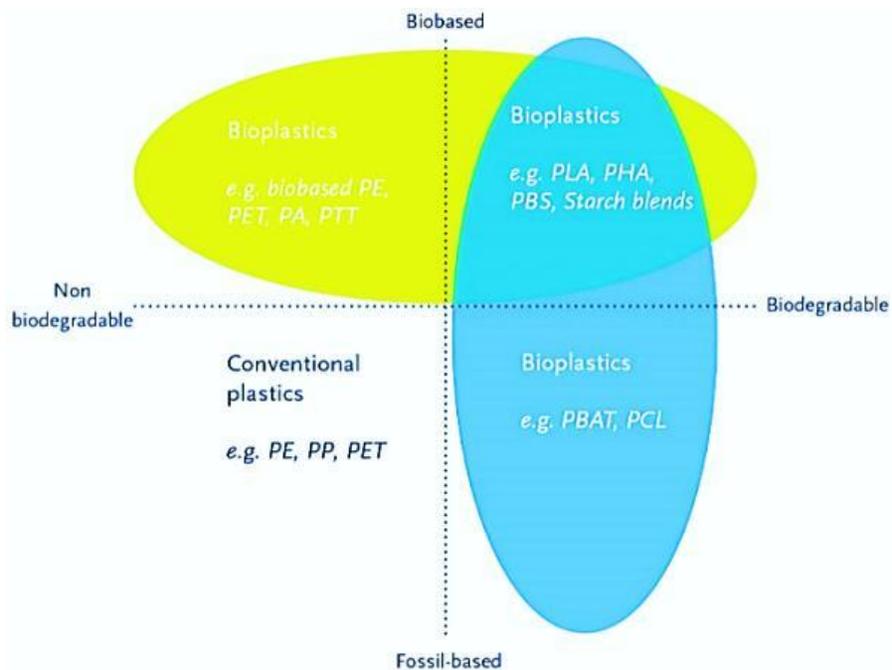


**Figura 5-2:** Clasificación de los plásticos convencionales

Fuente: (Contreras, 2020).

### 2.2.6.2. Bioplástico

El bioplástico o plástico es de origen natural de modo que es producido por microorganismos con características biodegradables como agua, dióxido de carbono y compost, el cual se sintetiza a partir de energías renovables, por consiguiente, no produce contaminación y su proceso de biodegradación requiere de ambientes adyacentes del material (European, 2020).



**Figura 6-2:** Clasificación de Bioplásticos

Fuente: (Contreras, 2020)

## **Aplicaciones**

Tienen como principal componente mezcla de almidón, bio-PET, PLA y bio-PE los cuales son usados para envases (botellas, frascos). Asimismo, el ácido biosuccínico es adecuado para varias aplicaciones en deportes y calzado, automoción, envasado, agricultura, aplicaciones en fibras y telas sin tejer (European, 2020).

### **2.2.6.3. Componentes del plástico biodegradable**

#### **Ácido Acético**

Hoy en día el ácido acético no se usa solamente como vinagre para acompañado de ensaladas. También se utiliza como agente antimicrobiano, antifúngicas y conservante natural, utilizado en tecnología de conservación (Uriarte, 2020).

#### **Agua Destilada**

Es agua que por medio de una destilación se libera de iones e impurezas, obtendremos un agua sin cloruros, calcio, magnesio y fluoruros (Redacción, 2019).

#### **Plastificante**

Son sustancias que se incorporan a un material plástico o elastómero para aumentar su flexibilidad y facilitar su transformación, puede reducir la viscosidad del fundido, rebajar la temperatura de transición vítrea o disminuir el módulo elástico del fundido (Histats, 2014).

### **2.2.7. Glicerol**

De nombre comercial glicerina. Con características como: inodoro, incoloro, viscoso y poco dulce, inflamable. Su composición principal es el alcohol con cal tres grupos hidroxilos (OH) cuya fórmula molecular es  $C_3H_8O_3$ . No es considerada toxica en pequeñas cantidades, con solubilidad en agua con un peso molecular de 92.09 g/mol (Lafuente, 2017).

## **2.3. Planteamiento de la Hipótesis**

### **2.3.1. Hipótesis General**

Al producir biopelículas a partir del residuo de la cáscara de cacao (*Theobroma cacao. L.*), se buscará reemplazar y cumplir con las características similares a un plástico desechable como opción más eficaz al momento de adquirir un producto.

### **2.3.2. Hipótesis Específicas**

**H<sub>1</sub>:** Al obtener una porción de almidón de la cáscara de cacao permitirá la elaboración de una biopelícula.

**H<sub>2</sub>:** Al evaluar el porcentaje de rendimiento del proceso de extracción del almidón mostrará la materia prima que cumpla con las propiedades óptimas para obtener biopelículas.

**H<sub>3</sub>:** La selección de un método idóneo para fijar variables y condiciones permitirá determinar condiciones recomendables.

**H<sub>4</sub>:** La utilización de la cáscara de cacao podrá utilizarse como reemplazo del material sintético utilizado en lo cotidiano en lo que es el embalaje de alimentos como una opción amigable con el ambiente.

## 2.4. Identificación de variables

**Tabla 4-2:** Variables dependientes e independientes para la extracción de almidón

<b>VARIABLES</b>		
<b>Proceso</b>	<b>Variables Independientes</b>	<b>Variables dependientes</b>
<b>Extracción del almidón</b>	Peso del residuo del cacao	Rendimiento en la obtención de almidón
<b>Secado</b>	Temperatura	Humedad Rendimiento Tiempo Velocidad de secado
<b>Tamizado</b>	Rendimiento	Ceniza Humedad Solubilidad Temperatura de Gelatinización

Realizado por: Cando, Viviana. 2021.

**Tabla 5-2:** Variables para la obtención del bioplástico

<b>BIOPLÁSTICO</b>	
<b>Variables Independientes</b>	Temperatura Porcentaje de rendimiento Volumen
<b>Variables Dependientes</b>	Estiramiento Resistencia Solubilidad Tiempo de secado

Realizado por: Cando, Viviana. 2021.

## 2.5. Operación de variables

### 2.5.1. Operacionalización de las variables para la obtención de almidón

**Tabla 6-2:** Operacionalización de variables para la obtención de almidón

<b>Categoría</b> Obtención de una biopelícula a partir del residuo de la cáscara de cacao ( <i>Theobroma cacao</i> ) en la producción de plástico biodegradable			
<b>Descripción</b> Las biopelículas son conglomerados de biopolímeros que sufren descomposición por acción enzimática de microorganismos.			
Objetivos	Variables	Indicadores	Escala de medición
Obtener el almidón de la cáscara de cacao ( <i>Theobroma cacao. L.</i> )	Humedad Temperatura Tiempo de secado	% °C s	Curva de secado Medición del tiempo de secado Cálculo del rendimiento
Determinar el rendimiento del almidón extraído	Peso del almidón obtenido	g	
Realizar la caracterización fisicoquímica de la cáscara de cacao	Densidad aparente Humedad pH Solubilidad Temperatura de Gelatinización	Kg/L % % % °C	INEN 1456 Métodos físicos
Obtener la biopelícula a nivel de laboratorio a partir del almidón del residuo de la cáscara de cacao	Formulación Biopelícula Temperatura Tiempo de secado Porcentaje de Almidón Porcentaje de Plastificante	°C % S	Variación de la composición Unidades de las pruebas

Realizado por: Cando, Viviana. 2021.

## 2.6. Matriz de Consistencia

**Tabla 7-2:** Matriz de Consistencia

<b>ASPECTOS GENERALES</b>				
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>		<b>OBJETIVOS</b>	<b>HIPÓTESIS GENERAL</b>	
Grado de contaminación que generan los plásticos sintéticos al ambiente		Elaborar plásticos biodegradables a partir de la cáscara para disminuir la contaminación al ambiente	Al producir biopelículas a partir del residuo de la cáscara de cacao ( <i>Theobroma cacao</i> . L.), se buscará reemplazar y cumplir con las características similares a un plástico desechable como opción más eficaz al momento de adquirir un producto y ayudará a reducir la contaminación ambiental.	
<i>Problemas Específicos</i>	<i>Objetivos Específicos</i>	<i>Hipótesis Específicas</i>	<i>Variables</i>	<i>Técnica</i>
Un método adecuado para obtener	Evaluar el porcentaje de rendimiento del almidón extraído	<b>H<sub>1</sub>:</b> Al obtener una porción de almidón de la cáscara de cacao permitirá la elaboración de una biopelícula.	Humedad Temperatura Tiempo	Cálculo del rendimiento del secado Medición del tiempo de secado
Se desconoce el porcentaje de almidón que posee la cáscara del cacao	Determinar los porcentajes óptimos de la mezcla para la elaboración de plástico biodegradable.	<b>H<sub>2</sub>:</b> Al evaluar el porcentaje de rendimiento del proceso de extracción del almidón mostrará la materia prima que cumpla con las propiedades óptimas para obtener biopelículas	Peso del residuo del cacao	Extracción de almidón por vía húmeda y seca Cálculo del rendimiento del proceso
¿Qué método sería el óptimo para obtener la biopelícula?	Obtener la biopelícula a nivel de laboratorio a partir del almidón de la cáscara de cacao	<b>H<sub>3</sub>:</b> La selección de un método idóneo para fijar variables y condiciones permitirá determinar condiciones recomendables	Temperatura Tiempo de secado	Temperatura determinada Variación del tiempo de secado
No existe información necesaria ni el valor agregado que tenga esta materia prima	Verificar la rentabilidad de la producción de este plástico biodegradable.	<b>H<sub>4</sub>:</b> La utilización de la cáscara de cacao podrá utilizarse como reemplazo del material sintético utilizado en lo cotidiano en lo que es el embalaje de alimentos como una opción amigable con el ambiente.	Peso de la cáscara de cacao	

Realizado por: Cando, Viviana. 2021.

## **2.7. Tipo y diseño de Investigación**

### **2.7.1. Tipo de investigación**

#### *2.7.1.1. Según el método de investigación*

La presente investigación tiene un procedimiento de tipo experimental, para obtener la composición adecuada. Se aplica en la caracterización del almidón para una posterior obtención del plástico biodegradable es de carácter cuantitativa ya que se intenta recoger datos concretos que nos permiten especificar cantidades exactas partiendo de la materia prima, seguida de la producción de almidón y posterior elaboración del plástico biodegradable.

#### *2.7.1.2. Según el objetivo de investigación*

El estudio que se está llevando a cabo es una recopilación de información teórica, practica adquirida en la formación académica la cual hace que se obtenga un resultado cualitativo y cuantitativo factible a la problemática planteada.

#### *2.7.1.3. Según el objeto de investigación*

En efecto la recolección de datos obtenidos a nivel de laboratorio nos permite establecer variables que nos ayuda a la investigación, para posteriormente este usado en la formulación de las biopelículas.

#### *2.7.1.4. Según el nivel de profundización*

Parte desde la investigación aplicada que se fundamenta entre la teoría y el producto a elaborarse en este caso son las biopelículas a partir de la cáscara de cacao la cual existe variedad de artículos, por ende, se ha referenciado esta materia prima en conjunto a otras similares como la cáscara de banano.

#### *2.7.1.5. Según la manipulación de variables*

Es de tipo experimental ya que deben manejar las variables, varían dependiendo la función que desempeñen; independiente y dependiente desde la obtención del almidón hasta la elaboración del plástico.

#### **2.7.1.6. Según el tipo de inferencia**

Para esto cabe señalar que se utiliza la investigación deductiva – inductiva que se fundamenta en la comparación con otras revisiones bibliográficas similares de modo que se recoge datos para validar las hipótesis.

#### **2.7.1.7. Según el periodo temporal**

Se estima que es una investigación longitudinal – transversal debido a que tiene una duración de cinco meses y medio en el cual se debe realizar todos los procesos desde la preparación de la materia prima hasta la obtención de la biopelícula, ensayos pertinentes y posterior proceso de degradabilidad de la película obtenida

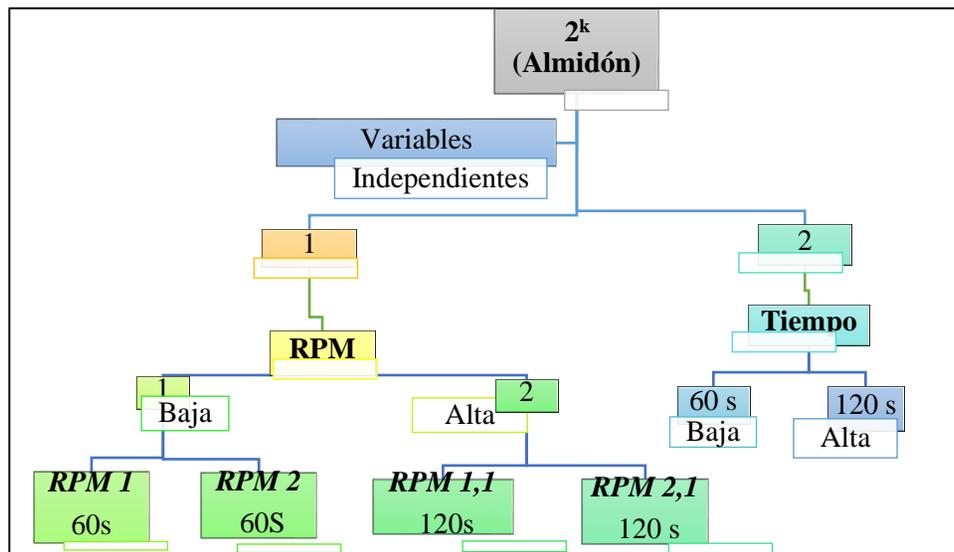
#### **2.7.2. Diseño de la investigación**

Se aplica el diseño factorial  $2^k$ , para la realización de la investigación experimental para la obtención de almidón y biopelículas.

#### **2.7.3. Diseño factorial $2^k$**

Este diseño es muy significativo ya que tiene  $k$  factores y cada uno conformado por dos niveles. El diseño  $2^k$  nos facilita el menor número de ensayos, así que asumimos que la respuesta es aproximadamente rectilínea en el rango de los niveles elegidos de los factores. Los niveles o variables son: RPM y tiempo para la extracción del almidón de cacao (*Theobroma cacao. L.*). El efecto de un factor se define como el cambio en la respuesta que produce un cambio en el nivel de la variable. El objetivo principal de este diseño es la aplicación y manejo de variables controladas lo que hace fácil valuar que patrón es el más práctico para la parte experimental de este análisis en la investigación.

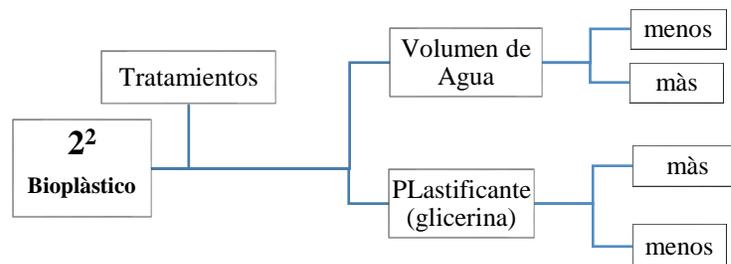
2.7.3.1. *Diseño factorial  $2^k$  para la extracción del almidón de la cáscara de cacao*



**Figura 7-2:** Diseño Factorial del almidón de la cáscara de cacao

Realizado por: Cando, Viviana. 2021.

Se aplica este diseño porque permite un diseño ideal para la extracción y elaboración del almidón de la cáscara de cacao. Además, se muestra el diagrama de la obtención del almidón en la Fig. 11-2 y Fig. 12-2.



**Figura 8-2:** Diseño Factorial del plástico biodegradable

Realizado por: Cando, Viviana. 2021.

2.7.3.2. *Diseño Factorial  $2^k$  para la elaboración del plástico biodegradable*

El diseño factorial usado consiste en cambiar las variables para crear así por ejemplo 2 = concentración de almidón y plastificante; k= número de repeticiones que tiene puntos axiales que es un diseño que estudia el efecto de dos factores considerando dos niveles o limites en cada uno (limite bajo y limite alto) y así poder determinar la combinación de niveles de factores que afecten a la elaboración del plástico degradable.

2.7.3.3. Esquema de Tratamiento y Formulaciones del Diseño Factorial 2<sup>2</sup>

**Tabla 8-2:** Esquema de tratamiento y formulaciones del diseño 2<sup>2</sup>

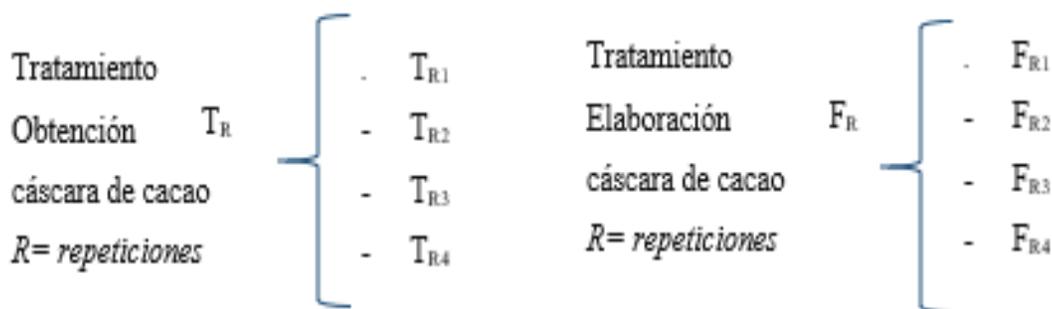
Tratamiento															
T <sub>R1</sub>				T <sub>R2</sub>				T <sub>R3</sub>				T <sub>R4</sub>			
T <sub>R1</sub>	T <sub>R2</sub>	T <sub>R3</sub>	T <sub>R4</sub>	T <sub>R1</sub>	T <sub>R2</sub>	T <sub>R3</sub>	T <sub>R4</sub>	T <sub>R1</sub>	T <sub>R2</sub>	T <sub>R3</sub>	T <sub>R4</sub>	T <sub>R1</sub>	T <sub>R2</sub>	T <sub>R3</sub>	T <sub>R4</sub>

Formulación															
F <sub>R1</sub>				F <sub>R2</sub>				F <sub>R3</sub>				F <sub>R4</sub>			
F <sub>R1</sub>	F <sub>R2</sub>	F <sub>R3</sub>	F <sub>R4</sub>	F <sub>R1</sub>	F <sub>R2</sub>	F <sub>R3</sub>	F <sub>R4</sub>	F <sub>R1</sub>	F <sub>R2</sub>	F <sub>R3</sub>	F <sub>R4</sub>	F <sub>R1</sub>	F <sub>R2</sub>	F <sub>R3</sub>	F <sub>R4</sub>

Realizado por: Cando, Viviana, 2021.

Donde:



**Figura 9-2:** Simbología de la obtención del almidón y elaboración del plástico

Realizado por: Cando, Viviana. 2021.

Teniendo un diseño factorial óptimo se procedió a la elaboración de cada uno de los tratamientos desde el proceso de extracción hasta la elaboración del plástico biodegradable; para la extracción del almidón del residuo de la cáscara de cacao y para la elaboración de las películas biodegradables se toma como variables el plastificante y el volumen de agua en los diferentes tratamientos se describe en el diagrama de la Fig. 8-2.

Los análisis de la investigación se realizaron en el laboratorio de Investigación de la ESPOCH, Facultad de Ciencias, de tal modo que se extrajo por el método húmedo y seco de allí se realizó las pruebas físicas-químicas y microbiológicas obteniendo resultados satisfactorios los cuales se muestran en la Fig. 10-2.

#### **2.7.4. Descripción de equipos, recursos y materiales**

Para la parte experimental de titulación del trabajo de integración curricular se ha llevado a cabo en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en la Facultad de Ciencias, Laboratorio de Procesos Industriales e Investigación, lo cual ha sido de gran beneficio en la determinación del almidón y elaboración del plástico degradable de la materia prima cáscara de cacao (*Theobroma cacao.L.*), de modo que se me ha facilitado todos los equipos, instrumentos, y materiales necesarios.

##### **2.7.4.1. Equipos**

- Balanza analítica digital, marca OHAUS EXPLORER, modelo EX623. Serie: B704630506, Max 220 g, min 0,0001 mg
- Estufa, marca ESCO, modelo Isotherm OFA-54-8, Máx. Temperatura. 300 °C / 572 °F, volumen 115 L, serial 2015-T01866.
- Mufla, marca THERMO SCIENTIFIC, modelo FB1415M, Máx. Temperatura 1200 °C (2192 °F), Serie: 0146448301170117.
- pHmetro Fisher Scientific XI-150, los Medidores de Banco de pH Fisher Scientific XI-150 tiene una precisión para aplicaciones específicas de pH, rango: -2.00 a 16.00.
- Licuadora. Industrial OSTER
- Tamiz N°350
- Tamiz N°106
- Tamiz N°53

##### **2.7.4.2. Materiales**

- Bandejas de aluminio
- Cutter
- Espátula.
- Fundas Ziploc
- Papel filtro
- Reverbero, malla.

#### 2.7.4.3. *Materiales de Vidrio, Porcelana*

##### **Vidrio**

- Cajas Petri marca NORMAX
- Embudo de separación
- Matraz Erlenmeyer
- Probetas de 10 mL, 50 mL, 100 mL.
- Varilla de agitación gruesa.
- Vasos de precipitación de vidrio de 100 mL, 250 mL, 500 mL y 1000 mL.

##### **Porcelana**

- Crisoles
- Cápsulas de porcelana

#### 2.7.4.4. *Reactivos*

- Agua destilada
- Almidón de cáscara de cacao
- Ácido acético
- Glicerina
- Lugol

Se realizará una exploración estadística en donde se ejecute el análisis de varianza ANOVA, el resultado de este hace que se apruebe o rechace las hipótesis del conjunto de datos analizados en la cual se aplique a la investigación.

## **2.8. Unidad de Análisis**

Tiene como objetivo la obtención de biopelículas a partir del residuo de la cáscara de cacao debido a que se realizarán cuatros diferentes composiciones, las cuales tendrán variables en cada operación como por ejemplo la temperatura, composición del secado, tiempo de secado, así obteniendo cuatro biopelículas diferentes por cada composición de modo que por cada composición se obtendrá un resultado diferente, donde se realizaran pruebas para determinar las propiedades de tracción en base a la norma *NTE INEN 2635* y posteriormente se realizaran pruebas de biodegradabilidad por medio del programa de *IMAGE J*.

## **2.9. Población de Estudio**

La población de estudio corresponde a muestreos de la cáscara de cacao (*Theobroma cacao L.*); se realiza en lugares como: bodega de productos de la zona Lago Agrio, Feria campesina Nueva Loja; se efectuará un muestreo para seleccionar a los mejores productos representativos, siendo su característica principal su aspecto, grado de madurez en el que se encuentra.

## **2.10. Tamaño de Muestra**

Se trabajó con 25 Kg de cáscara de cacao (*Theobroma cacao L.*) y se tomó como tamaño de la muestra 16 repeticiones, es decir se tendrán 4 tratamientos y en cada tratamiento se efectuarán 4 repeticiones las cuales sirven para determinar la degradabilidad del plástico degradable.

## **2.11. Selección de muestra**

La selección de muestra de la cáscara de cacao se realizará, en el Cantón Lago Agrio en un centro de acopio y un mercado de la zona. Las muestras con las que se obtendrá las biopelículas de la cáscara de cacao son extraídas a partir de diferentes composiciones en las que se variaran las condiciones de operación (variables) como son la temperatura, y composición y tiempo de secado proporcionado un producto por cada composición cuatro tipos de biopelículas y de las cuatro composiciones se obtendrá dieciséis biopelículas, estas serán evaluadas por medio de la determinación de porcentaje de humedad, la elongación y la flexión, permeabilidad al agua, temperatura de gelatinización, densidad y en base a la norma *ASTM D882* (Método de prueba estándar para las propiedades de tracción de láminas de plástico fino) y la Norma *ASTM D1653-93* (Método de prueba estándar para la transmisión de vapor de agua de películas de revestimiento orgánicas), eligiendo de cada composición uno con el mejor rendimiento, y para encontrar el más adecuado se procederá a realizar pruebas de biodegradación a través del programa de *IMAGE J*.

## 2.12. Técnicas de Recolección de Datos

### 2.12.1. Obtención del almidón

#### 2.12.1.1. Técnica de extracción del almidón en Vía seca y Húmeda

- Método Seco

**Tabla 9-2:** Técnica de extracción del almidón por Vía Seca

<b>Extracción del almidón de la cáscara de cacao</b>		
<i>Vía Seca</i>		
<b>Equipos</b>	<b>Materiales</b>	<b>Reactivos</b>
Licuadora industrial OSTER Molino Sin-Fin Molino de bolas	Balanza Cronómetro Papel aluminio Torre De Tamices	Agua Destilada Cáscara de cacao Metabisulfito de sodio (Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )
<b>Procedimiento</b>		<b>Método de Ensayo</b>
<p>Lavar y pesar las cascaras de cacao.</p> <p>Rayar cada uno de los tubérculos para liberar los gránulos de almidón.</p> <p>Se realiza un pre – deshidratado a una temperatura de 45 °C hasta eliminar un 85% de humedad.</p> <p>Se realiza una Pre – molienda la cual consiste en moler el producto húmedo en un molino de bolas con el fin de facilitar la separación de los granos de almidón, se realiza por 10 min.</p> <p>Luego se realiza un secado al producto a 70 °C hasta obtener pesos constantes,</p> <p>Se realiza molienda y tamiza hasta una luz de malla de 53 µm para separar la fibra del almidón, y se almacena el producto en envases herméticos a temperatura (Brito,Huacho y Rodríguez, 2021, p.23).</p>		(Correa, Castaño y Montoya, 2017, p.2).

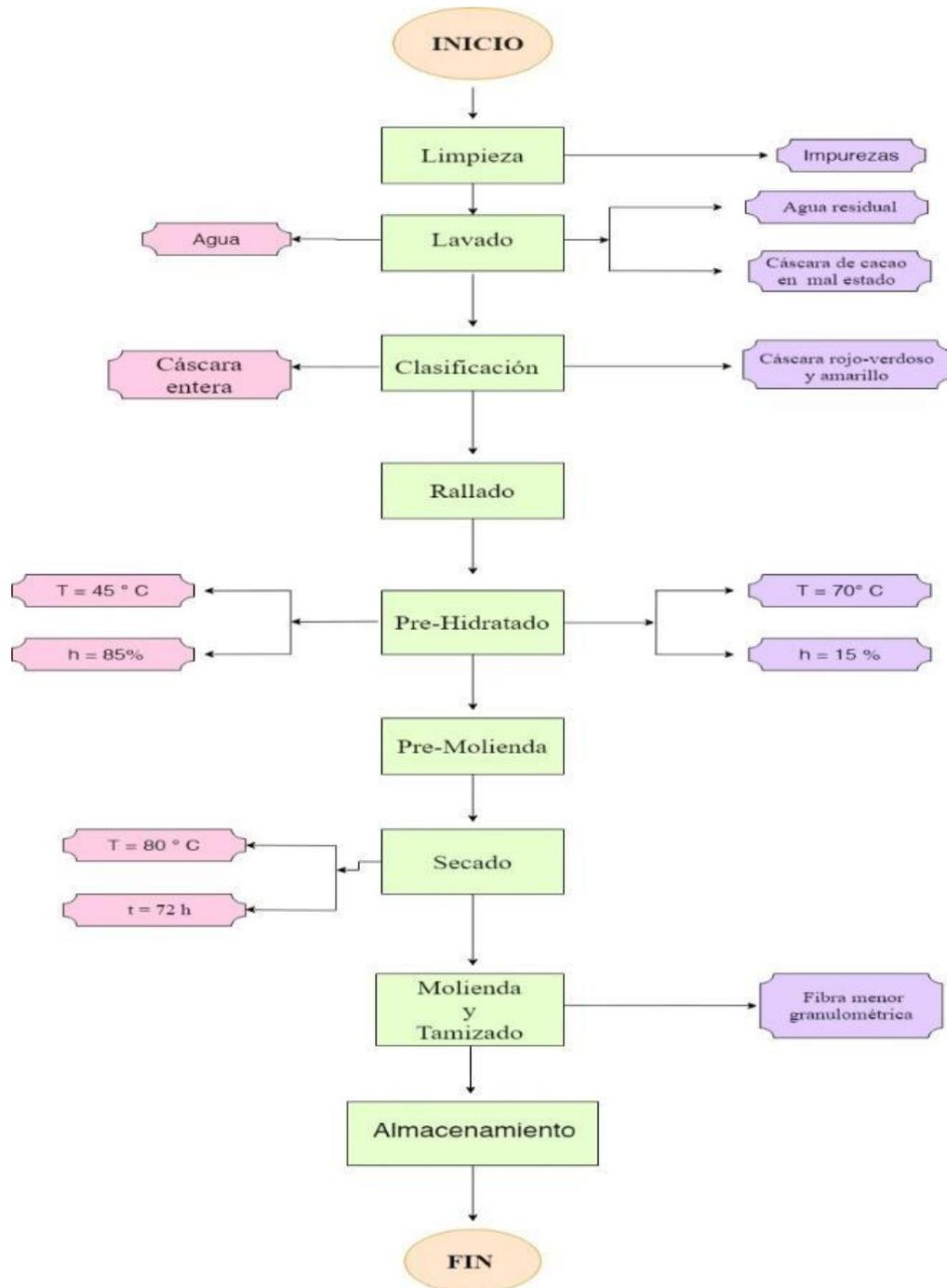
Realizado por: Cando, Viviana, 2021.

- Método Húmedo

**Tabla 10-2:** Extracción del almidón por Vía Húmeda

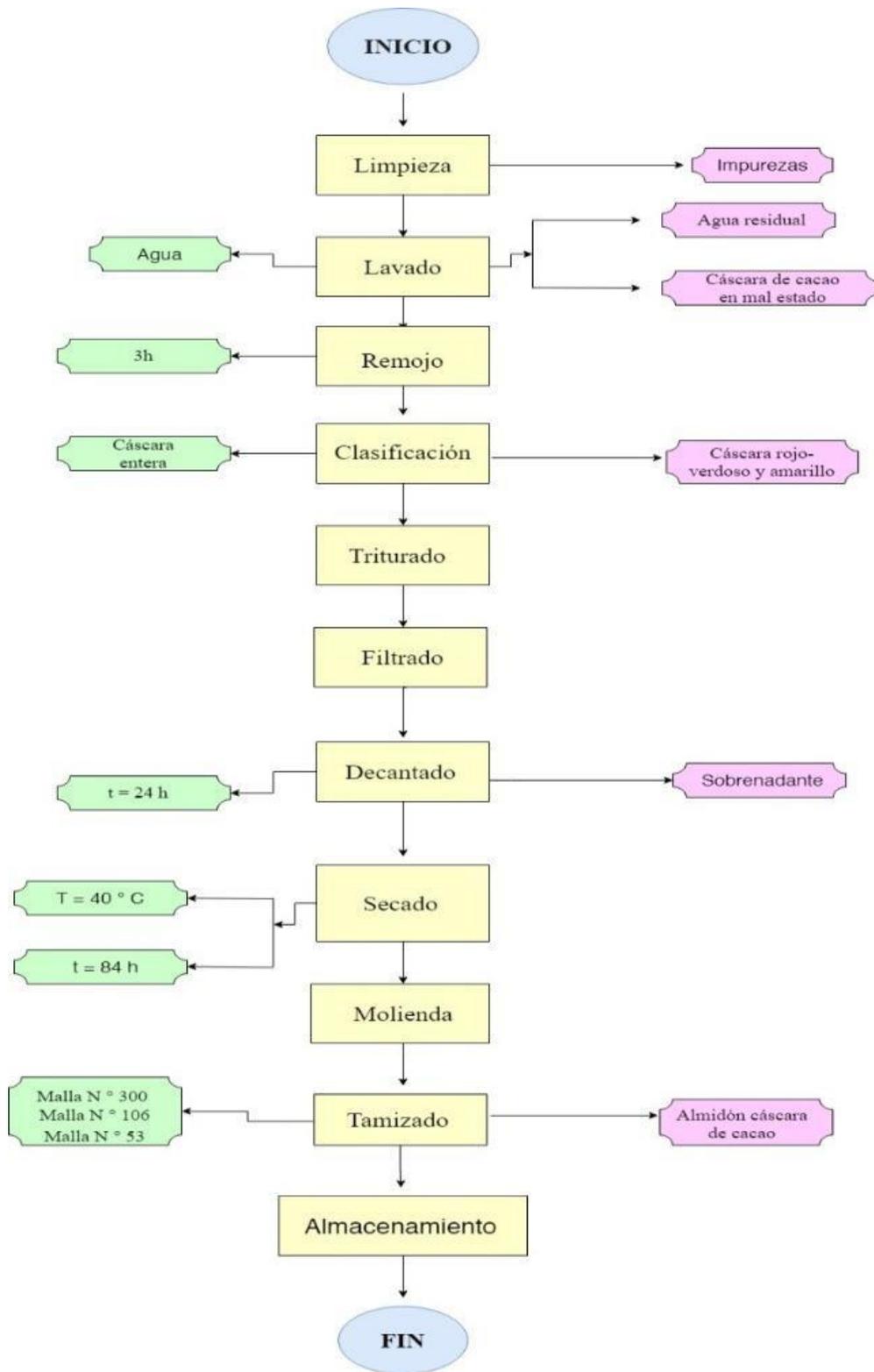
<b>Extracción del almidón de la cáscara de cacao</b>		
<i>Vía Húmeda</i>		
<b>Equipos</b>	<b>Materiales</b>	<b>Reactivos</b>
Balanza Licuadora industrial Secador de bandejas eléctrico tipo armario	Espátula Fundas Ziploc Mortero y pistilo Papel aluminio Recipientes de plástico	Agua Agua Destilada Cáscara de cacao Metabisulfito de sodio (Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )
<b>Procedimiento</b>		<b>Método de Ensayo</b>
<p>Lavar, pelar, y trocear la cáscara de cacao.</p> <p>Sumergirlos en solución al 0,5% de agua destilada y metabisulfito de sodio por aproximadamente 15 min.</p> <p>Retirar los trozos de materia prima de la solución y procedemos a licuar junto con agua destilada, por cada 0,3 Kg de materia prima 1L de agua destilada.</p> <p>Filtrar para separar los residuos de la materia prima y así obtener una suspensión.</p> <p>Dejar reposar 12 horas para que se forme un sedimento.</p> <p>Se retira el exceso de agua.</p> <p>Pesar el sedimento (almidón húmedo) obtenido.</p> <p>Con los residuos separados del paso 4 se repite dos veces el proceso de filtrado.</p> <p>Secar el sedimento a una temperatura de 60 °C, se distribuye en las bandejas procurando que sea de forma homogénea.</p> <p>Pesar las muestras cada 60 min hasta que alcance un peso constante.</p> <p>Moler la muestra con un mortero y pistilo hasta reducir hasta una granulometría de 63 µm.</p> <p>Finalmente se almacena en recipientes herméticos y se mantiene a una temperatura de 20 °C (Brito, et al., 2021, p.16).</p>		(Trujillo, 2014, p.38).

Realizado por: Cando, Viviana, 2021.



**Figura 10-2:** Diagrama de la extracción por vía Seca del almidón de la cáscara de cacao

Realizado por: Cando, Viviana, 2021.



**Figura 11-2:** Diagrama de la extracción por vía Húmeda del almidón cáscara de cacao

Realizado por: Cando, Viviana, 2021.

2.12.1.2. Técnica para la caracterización del almidón de cáscara de cacao

- Lugol

**Tabla 11-2:** Técnica de ensayo de Lugol

<b>ENSAYO DE LUGOL</b>		
<b>Equipo</b>	<b>Material</b>	<b>Reactivos</b>
	Tubo de Ensayo Agua Destilada Almidón de cáscara de cacao	Solución de Lugol
<b>Procedimiento:</b>		
3 mL de solución Agua-Almidón 2:4 en un tubo de ensayo Adicionar 5 gotas de Solución Lugol Observar coloración		
<b>Cálculos:</b>		
Medición Cualitativa Se torna de coloración azul-violeta oscuro para que sea <b>positivo</b> en presencia de almidón		
<b>Valores de referencia</b>		
Guía técnica para producción y análisis de almidón		

Realizado por: Cando, Viviana, 2021.

- Densidad

**Tabla 12-2:** Técnica de la densidad aparente del almidón de cáscara de cacao

<b>DENSIDAD APARENTE</b>		
<b>Equipo</b>	<b>Material</b>	<b>Reactivos</b>
Balanza analítica	Probeta de 50 ml	Almidón de cáscara de cacao
<b>Procedimiento:</b>		
<i>Densidad aparente del almidón suelto</i>		
Pesar la probeta graduada vacía. Agregar la muestra de almidón a la probeta de 50 mL con ayuda de una espátula hasta que el volumen total sea completamente lleno.		

<p>Realizar este ensayo por triplicado</p> <p style="text-align: center;"><u><i>Densidad aparente del almidón empacada</i></u></p> <p>Agitar la probeta por 10 minutos</p> <p>Medir el volumen compactado de la muestra empacada.</p> <p>Realizar este ensayo por triplicado</p>	
<b>Cálculos</b>	
<b>Densidad Suelta</b>	<b>Densidad empacada</b>
<p><b>Ecuación 1-2:</b> Densidad Suelta</p> $\rho S = \frac{(Peso\ probeta + almidon) - probeta\ vacia}{V (mL) probeta}$	<p><b>Ecuación 2-2:</b> Densidad Compacta</p> $\rho E = \frac{(Peso\ probeta + almidon) - probeta\ vacia}{V (mL) probeta}$
<b>Valores de referencia</b>	
El almidón debe tener una densidad promedio de 1,560 g/mL. <b>Para 250 mL</b>	

Fuente: (Aristizábal y Sánchez, 2007, p. 65).

Realizado por: Cando, Viviana, 2021.

- Viscosidad de Brookfield del almidón de cáscara de cacao

**Tabla 13-2:** Técnica de viscosidad de Brookfield

<b>VISCOSIDAD DE BROOKFIELD</b>		
<b>Equipos</b>	<b>Materiales</b>	<b>Reactivos</b>
Viscosímetro	Vaso de precipitación de 600 mL	Agua destilada Almidón de cáscara de cacao
<b>Procedimiento</b>		
<p>Pesar 25 g y se coloca en un vaso de 600 ml</p> <p>Añadir 500 mL de agua.</p> <p>Dejar hervir y luego enfriar hasta llegar a una temperatura de 25° C.</p> <p>Medir la viscosidad.</p>		
<b>Cálculos</b>		
Registrar el valor que arroja el viscosímetro.		
<b>Método de ensayo</b>		
<b>Basado</b> (Aristizábal y Sánchez, 2007, p. 66). con modificaciones adicionales.		

Realizado por: Cando, Viviana, 2021.

- pH

**Tabla 14-2:** Técnica de pH en el almidón de cáscara de cacao

<b>pH</b>		
<b>Equipos</b>	<b>Materiales</b>	<b>Reactivos:</b>
pH metro	Balanza analítica	Agua destilada
Electrodos de vidrio y de calomel	Tubo de ensayo Vidrio reloj	Almidón de cáscara de cacao
<b>Procedimiento:</b>		
<p>Pesar en un vidrio reloj 5 gramos de almidón.</p> <p>Colocar 25 ml de agua destilada en un tubo con tapa rosca.</p> <p>Verter 5 gramos de almidón en el tubo con tapa rosca.</p> <p>Dejar durante 30 min en el Shaker para agitación constante a 100 rpm.</p> <p>Dejar sedimentar durante 20 min.</p> <p>Retirar con una pipeta pasteur 10 ml de sobrenadante y colocar en un tubo.</p> <p>Verificar el pH de la solución con la ayuda del pHmetro.</p> <p>Realizar este ensayo por triplicado</p>		
<b>Cálculos:</b>		
Valor que muestra el pH metro.		

**Fuente:** (Aristizábal y Sánchez, 2007, p. 89).

**Realizado por:** Cando, Viviana, 2021.

- Temperatura de gelatinización

**Tabla 15-2:** Técnica de la Temperatura de gelatinización

<b>TEMPERATURA DE GELATINIZACIÓN</b>		
<b>Equipos</b>	<b>Materiales</b>	<b>Reactivos</b>
Reverbero	Malla	Agua Destilada Almidón de la cascara de cacao
<b>Procedimiento</b>		
<p>Preparar un baño maría, hasta que alcance el punto de ebullición.</p> <p>Pesar 5 g de almidón en un vaso de 100 mL.</p>		

Añadir 50 mL de agua. Introducir el vaso de 100 mL en el baño maría con la mezcla. Agitar y con un termómetro se mide la temperatura.
<b>Cálculos</b>
Registrar la temperatura cuando se hace gel.

**Fuente:** (Aristizábal y Sánchez, 2007, p. 72).

**Realizado por:** Cando, Viviana, 2021.

- Humedad y Materia seca del almidón de cáscara de cacao

**Tabla 16-2:** Técnica de la Humedad y Materia seca del almidón de cáscara de cacao

<b>HUMEDAD Y MATERIA SECA</b>		
<b>Equipos</b>	<b>Materiales</b>	<b>Reactivos</b>
Balanza Analítica Mufla	Cápsulas Desecador	Almidón de cáscara de cacao
<b>Procedimiento</b>		
<p>Dejar un crisol durante 2 horas a 105°C en la estufa.            Pesar el crisol frío luego de las 2 horas.            Pesar 4 gramos de muestra en el crisol.            Introducir la muestra en la estufa a 105°C y pesarlo luego de 2 horas.            Calcular el porcentaje de humedad, de acuerdo con los pesos determinados luego del secado a 105° hasta peso constante.            Repetir el procedimiento hasta peso constante.            Ensayo por triplicado</p>		
<b>Cálculos</b>		
<p><b>Ecuación 3-2:</b> Porcentaje de Humedad del Almidón de cáscara de cacao</p> $\%Ha = \frac{[(Mh - Ms)(g)]}{[(Ms - Mr)(g)]} * 100$ <p><b>Ecuación 4-2:</b> Porcentaje de Materia Seca del Almidón de cáscara de cacao</p> $\%Msa = 100 - \%Ha$		

**Fuente:** (Aristizábal y Sánchez, 2007, p. 65) con modificaciones adicionales.

**Realizado por:** Cando, Viviana, 2021.

- Índice de absorción de agua, índice de solubilidad en agua y poder de hinchamiento

**Tabla 17-2:** Técnica de índice de absorción de agua, solubilidad

<b>ÍNDICE DE ABSORCIÓN DE AGUA, ÍNDICE DE SOLUBILIDAD EN AGUA Y PODER DE HINCHAMIENTO</b>
<p><b>Equipos y Materiales</b></p> <p>Termómetro</p> <p>Balanza</p> <p>Tubos de Centrifuga</p> <p>Vasos de Precipitación</p>
<p><b>Procedimiento</b></p> <p>Pesar los tubos de centrifuga</p> <p>Colocar 1,2 gramos de almidón de cáscara de cacao y agregar 30 mililitros de agua destilada</p> <p>Agitar</p> <p>Baño María a 60 C por 30 minutos agitando cada 10 minutos</p> <p>Centrifugar por 30 minutos a temperatura ambiente a 4900 RPM.</p> <p>De inmediato decantar el sobrenadante y el volumen resultante medir</p> <p>En un vaso de precipitación ya medido colocar 10 mililitros de sobrenadante</p> <p>Introducir en la estufa este vaso de precipitación por toda la noche a 70 °C.</p> <p>Pesar el gel que se encuentra en el tubo de centrifuga.</p> <p>Pesar el Vaso de precipitación con el resultante del sobrenadante, parte insoluble.</p> <p><i>Ensayo por triplicado</i></p>
<p><b>Cálculos</b></p> <p><b>Ecuación 5-2:</b> Índice de absorción de agua</p> $IAA = \frac{Pg(g)}{Pm(g)}$ <p><b>Ecuación 6-2:</b> Índice de solubilidad en agua</p> $ISA = \frac{Ps(g) \times V \times 10}{Pm(g)}$

<p><b>Ecuación 7-2:</b> Poder de hinchamiento</p> $pH = \frac{Pg(g)}{Pm(g) - Ps(g)}$
<p><b>Valores de Referencia</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- IAA 0,82 g gel / g muestra</li> <li>- ISA 0,27-12,32 %</li> <li>- pH 0,79 y 15,45</li> </ul>

**Fuente:** (Aristizábal y Sánchez, 2007, p. 73).

**Realizado por:** Cando, Viviana, 2021.

- Técnica de contenido de Cenizas por calcinación

**Tabla 18-2:** Técnica contenido de Cenizas por calcinación del almidón de cáscara de cacao

<b>Ceniza por calcinación</b>		
<b>Equipos</b>	<b>Materiales</b>	<b>Reactivos</b>
Mufla	Crisoles	Almidón de la cáscara de cacao
<b>Procedimiento</b>		
<p>Colocar un crisol durante 3 horas aproximadamente en la estufa a 105° C.  Retirar los crisoles de la estufa y se deja enfriar en el desecador por 30 min.  Pesar de 4 g de muestra en el crisol (el crisol debe estar previamente pesado).  Introducir los crisoles con muestra en la mufla desde una temperatura de 150 hasta que llegue a una temperatura de 550° C.  Retirar cuando el residuo este de color gris o blanco y dejar enfriar en el desecador.  Pesar los crisoles con el residuo.</p>		
<b>Cálculos</b>		
<p><b>Ecuación 8-2:</b> Porcentaje de residuos de Calcinación del almidón</p> $\% \text{ Ceniza} = \left( \frac{Mcc - Mcv}{Mcs - Mcv} \right) * 100$		
<b>Método de ensayo</b>		
En general, el contenido de cenizas en el almidón no debe exceder de 0,12 por ciento.		

**Fuente:** (Aristizábal y Sánchez, 2007, p. 91) con modificaciones adicionales.

**Realizado por:** Cando, Viviana, 2021.

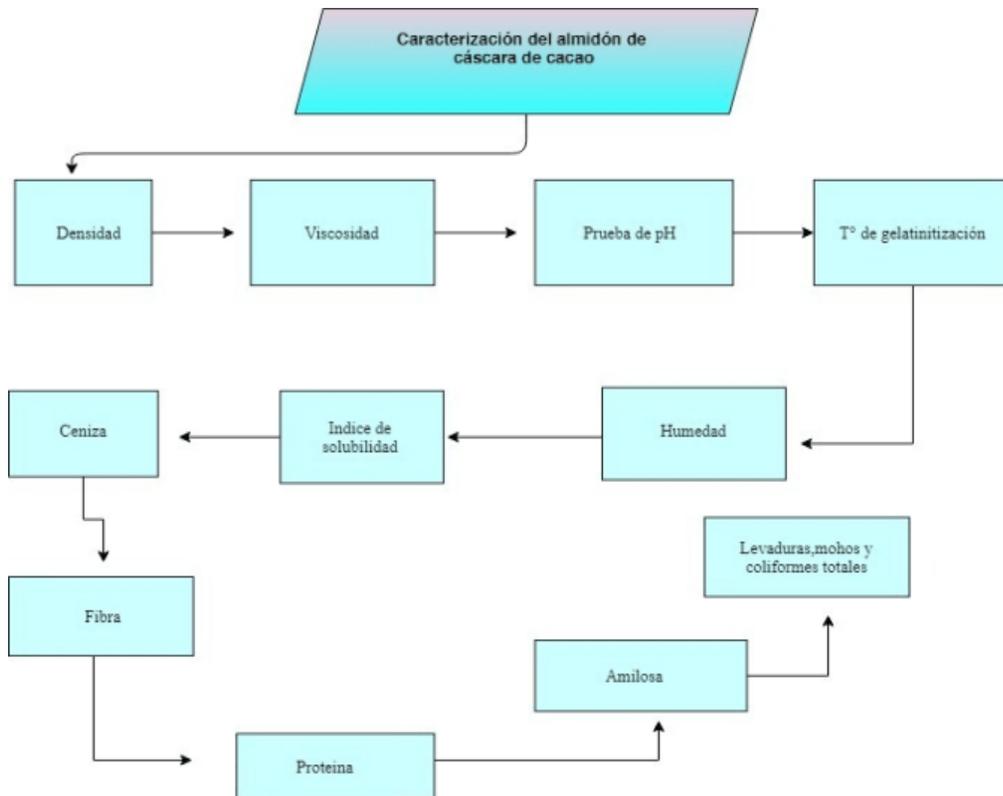
- Amilosa y Amilopectina

Este ensayo se realizó en el INIAP, en el cantón Mejía, para esto se usó el método MO-LSAIA-04 y el ensayo se realizó en base seca. Para la determinación del % de amilopectina se usó el % de amilosa y se diferenció para 100 de esta forma se obtuvo el total de amilopectina encontrada en la muestra de almidón de la cáscara de cacao ya que no se pudo realizar en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

### 2.12.1.3. Análisis Microbiológicos

El análisis microbiológico se efectuó en el laboratorio SAQMIC y se realizó los siguientes métodos experimentales correspondientes a la determinación de coliformes totales, coliformes fecales, mohos y levaduras

- Diagrama de la caracterización del almidón de la cáscara de cacao



**Figura 12-2:** Diagrama de caracterización del almidón de la cáscara de cacao

Realizado por: Cando, Viviana, 2021.

## 2.12.2. Técnicas de caracterización del plástico biodegradable

### 2.12.2.1. Formulación de la biopelícula

**Tabla 19-2:** Resultados del rendimiento obtenido del almidón

<b>FORMULACIÓN DE BIOPELÍCULA A ESCALA DE LABORATORIO</b>		
<b>Equipos</b>	<b>Materiales</b>	<b>Reactivos</b>
Balanza analítica Reverbero	Cajas Petri Vaso de precipitación de 1000 ml., 600 ml y 250 ml. Varilla de agitación	Agua destilada Almidón de cáscara de cacao Glicerina Ácido acético 0.1 M.
<b>Procedimiento</b>		
Colocar en un vaso de precipitación 6 g de almidón de cáscara de cacao y agregar 90 mL de agua destilada y agitar.		
Someter la solución a baño maría hasta la temperatura de gelatinización (70, °C) y agregar 4 ml de glicerina y 6 mL de ácido acético 0,1 M y agitar constantemente hasta que la mezcla esta viscosa.		
Verter la mezcla en cajas Petri y dejar secar al aire libre durante 48 horas.		
Repetir este proceso 4 veces variando la concentración de glicerina y de agua.		

**Realizado por:** Cando, Viviana, 2021.

### 2.12.2.2. Técnica de Humedad del plástico biodegradable

**Tabla 20-2:** Técnica de Humedad del plástico biodegradable

<b>HUMEDAD</b>	
<b>Procedimiento</b>	<b>Método de ensayo</b>
La humedad se determinó gravimétricamente pesando las películas secadas al ambiente y posteriormente se deja en la estufa de aire a 105 °C durante 24 h. Se realizaron tres ensayos por cada muestra.	Método Gravimétrico (Brito, Chuiza, y Haro, 202, p.20).
<b>Fórmula</b>	
<b>Ecuación 9-2:</b> Porcentaje de Humedad del plástico biodegradable	
$\% \text{ Humedad} = \frac{P.i.p - P.f.p}{P.i.p} \times 100$	

**Realizado por:** Cando, Viviana, 2021.

2.12.2.3. Técnica de solubilidad en agua del plástico biodegradable

**Tabla 21-2:** Técnica de solubilidad en agua

<b>SOLUBILIDAD EN EL AGUA</b>	
<b>Procedimiento</b>	<b>Método de ensayo</b>
<p>Las películas secas se colocaron en 80 ml de agua desionizada con una agitación de 100 rpm durante una hora</p> <p>Posterior se filtra y se coloca en la estufa a 40 °C hasta que esté seca.</p> <p>Luego a 105 °C hasta que tenga un peso constante. Se realizaron ensayos por duplicado de cada tipo de película.</p>	<p>“Películas biodegradables y comestibles desarrolladas en base a aislado de proteína de suero lácteo: estudio de dos métodos de elaboración y del uso de sorbato de potasio como conservador.</p>
<p><b>Fórmula</b></p> <p><b>Ecuación 10-2:</b> Porcentaje de solubilidad en agua del plástico biodegradable</p> $\% \text{ Solubilidad} = \frac{\text{peso inicial seco} - \text{peso final seco}}{\text{peso inicial seco}} \times 100$	

**Fuente:** (Escobar, Sala y Silvera, 2009, p.2).

**Realizado por:** Cando, Viviana, 2021.

2.12.2.4. Técnica de transmisión de vapor en agua del plástico biodegradable

**Tabla 22-2:** Técnica de transmisión de vapor de agua

<b>TRANSMISIÓN DE VAPOR DE AGUA</b>	
<b>Materiales</b>	<b>Reactivos</b>
<p>Balanza analítica</p> <p>Cinta adhesiva</p> <p>Desecador</p> <p>12 tubos de ensayo</p>	<p>Plástico biodegradable de la cáscara de cacao</p> <p>Silica -gel</p> <p>Solución de cloruro de sodio (<i>NaCl</i>)</p>
<b>Procedimiento</b>	<b>Método de ensayo</b>
<p>Se empleó el método desecante, el cual utiliza sílica gel previamente activada a 200°C por 24 horas.</p> <p>Posterior a ello, se llenaron los tubos de ensayo</p>	

<p>de 10 cm de altura y 16 mm de diámetro, dejando este espacio libre para mezclar delicadamente la sílica gel durante cada pesado. Las películas se cortaron en cuadrados de 3 x 3 cm para cada muestra, luego se colocaron en la boca del tubo de ensayo sellándolos herméticamente y un pedazo de cinta scotch. Colocar en una gradilla. Una vez sellados los tubos, fueron pesados y luego colocados en un desecador equilibrado con un ambiente de una HR 60 - 75% que se obtuvo colocando una solución saturada de Cloruro de sodio (NaCl) y una temperatura de 25°C. Se esperó 1 hora hasta que las muestras lleguen al equilibrio. Las muestras fueron pesadas el primer día cada hora, durante 6 horas consecutivas.</p>	<p style="text-align: center;">ASTM D1653-93: Métodos de prueba estándar para la transmisión de vapor de agua de una película de recubrimiento orgánico</p>
---	---

**Cálculos**

**Ecuación 11-2:** Transmisión de vapor de agua

$$WVTR = \frac{Q}{t \cdot A}$$

Donde

**Q** = peso ganado del desecante en gramos

**WVTR** = tasa de transmisión de vapor de agua **t** = tiempo de la prueba en horas

**A** = Área total del bioplástico

**Ecuación 12-2:** Transmisión de vapor de agua

$$WVP = \frac{WVTR \cdot e}{\Delta p}$$

$$\Delta p = s'(HR_2 - HR_1)$$

Donde:

**WVP** = es la permeabilidad al vapor de agua en (g\*h<sup>-1</sup>\*m<sup>-1</sup>\*MPa<sup>-1</sup>).

**WVTR** = es la pendiente de la curva (g/h) sobre el área expuesta de la lámina(g/h\*m).

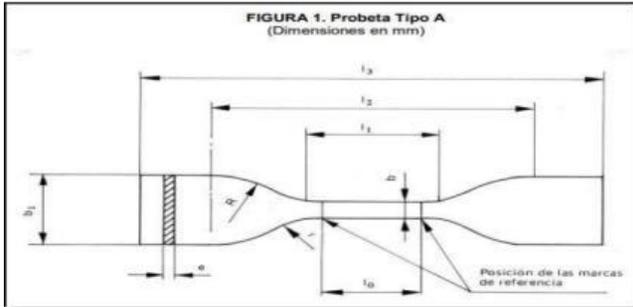
**s'** = es la presión de vapor de agua a la temperatura del ensayo (MPa) T= 20°C.

Fuente: (Escobar, Sala y Silvera, 2009, p.3).

Realizado por: Cando, Viviana, 2021.

2.12.2.5. Técnica de ensayo de tracción del plástico biodegradable

**Tabla 23-2:** Técnica de ensayo de tracción o mecánicas

<b>ENSAYO DE TRACCIÓN</b>	
<b>Procedimiento</b>	<b>Método de ensayo</b>
<p>Se coloca y agarra por sus extremos la probeta entre dos accesorios llamados "agarres" o "mordazas" que sujetan la probeta en la máquina del ensayo (al principio y al final puedes ver la imagen de alguna máquina de tracción) («Areatecnología» 2020).</p> <p>Se coloca la probeta en vertical.</p> <p>Se aplica una fuerza exterior por uno de los extremos de la probeta a una velocidad lenta y constante, mientras que el otro extremo de la probeta permanecerá fijado al agarre, aunque en alguna máquina se hace fuerza sobre la probeta por los dos extremos.</p> <div style="text-align: center;">  <p><b>FIGURA 1. Probeta Tipo A</b> (Dimensiones en mm)</p> </div> <p><b>Figura 13-2:</b> Probeta de medición</p>	<p>NTE 2635:2012</p>
<b>Cálculos</b>	
<p><b>Ecuación 13-2:</b> Formula de Esfuerzo de Tracción</p> $\sigma = \frac{P}{A}$ <p><b>Ecuación 14-2:</b> Formula Porcentaje de Elongación</p> $e = \frac{\text{Deformacion del medidor}}{\text{Medida Inicial Probeta}}$	

Realizado por: Cando, Viviana, 2021.

### 2.12.2.6. Técnica de biodegradabilidad del plástico biodegradable

**Tabla 24-2:** Técnica de biodegradabilidad

<b>BIODEGRADABILIDAD</b>
<b>Procedimiento</b>
<p>La biodegradabilidad se evaluó por el método gravimétrico, se consideró un tiempo de exposición de 10 días, y se evaluó la pérdida de peso cada dos días en condiciones aeróbicas. Se tomaron varias muestras de dimensiones 3 cm x 3 cm. A estas películas se las evaluó en condiciones aeróbicas 5 cm de profundidad.</p>
<b>Ecuación 15-2:</b> Biodegradabilidad por IMAGE J
$\%B = \frac{P.i.p - P.f.p}{P.i.p} \times 100$

**Fuente:** (NTE INEN 2643, 2012, p.3).

**Realizado por:** Cando, Viviana, 2021.

## CAPÍTULO III

### 3. DATOS, RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Datos, resultados y análisis realizados a la cáscara de cacao

##### 3.1.1. *Análisis sensorial de la cáscara de cacao*

**Tabla 25-3:** Datos cualitativos de la cáscara de cacao

PRODUCTO	CARACTERÍSTICAS				
	COLOR	OLOR	SABOR	TEXTURA I	TEXTURA E
Cáscara de cacao	Amarillo Rojizo	Ahumado	Dulce	Gelatinosa	Rugoso

Realizado por: Cando, Viviana, 2021.

Así como esta descrito en la Tabla 25-3 la cáscara de cacao tiene varias cualidades muy características como son el color, olor, etc. Así mismo nos cita Ayestas, (2009, p. 14.) que esta variedad de cacao es muy característica ya que cuando el fruto está maduro tiene surcos y pliegues poco sobresalientes, lisas y de extremo redondeado o punta muy corta.

##### 3.1.2. *Datos, resultados y análisis cualitativos de la cáscara de cacao*

**Tabla 26-3:** Datos y análisis cuantitativos de la cáscara de cacao

PRODUCTO	CARACTERÍSTICAS		
	PESO (g)	LONGITUD (mm)	DIÁMETRO (mm)
Cáscara de cacao	12,3532	11,1245	6,3478
	15,5417	9,6574	7,5634
	13,4689	8,6745	6,5678
	16,7826	7,5623	9,4568
	25,7943	5,3452	4,5689
	<b>16,788</b>	<b>8,473</b>	<b>6,901</b>

Realizado por: Cando, Viviana, 2021.

El análisis cuantitativo del fruto de cacao se difiere al peso, tamaño y longitud ya que no todo los frutos son iguales y por ende varían (Ayestas, 2009, p. 24).



**Figura 14-3:** Caracterización morfológica del fruto

Fuente: (Ayestas, 2009, p. 24).

### 3.2. Datos y análisis realizados al almidón a partir de la cáscara de cacao

#### 3.2.1. Datos, resultados y análisis de la obtención por método de Vía Seca del almidón

**Tabla 27-3:** Datos y análisis de la obtención por método de Vía Seca

N.º	Tiempo (h)	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3
		(Kg)	(Kg)	(Kg)
	1	1,000	1,068	1,088
1	6	0,0968	0,074	0,078
2	12	0,079	0,0725	0,07
3	18	0,073	0,0729	0,0699
4	24	0,067	0,0718	0,0693
5	30	0,0665	0,073	0,062
6	36	0,0649	0,0697	0,0595
7	42	0,0639	0,0688	0,0645
8	48	0,0627	0,061	0,062
9	54	0,0622	0,059	0,0602
10	60	0,0604	0,054	0,059
11	66	0,06	0,047	0,0505
12	72	0,059	0,04	0,0495

Realizado por: Cando, Viviana, 2021.

### 3.2.2. Datos y análisis de la obtención por método de Vía Húmeda del almidón

Para la realización de la obtención del almidón de cáscara de cacao se basó en el artículo según Herrera et al., (2020, p.4) debido a que tiene un método de extracción sencillo por lo cual se tomó como guía la tesis de Pinto, (2012) donde nos cita que para realizar la extracción del almidón se efectuó ensayos de caracterización de análisis proximal, pureza, color y propiedades funcionales así también se ha almidón nativo de yuca. En la Tabla 28-3, están los valores de los tratamientos obtenidos en la extracción del almidón se refleja las variables utilizadas en los tratamientos, repeticiones peso, rendimiento y tiempo de secado cada uno con cuatro repeticiones debidamente ordenadas y señaladas de la siguiente forma  $T_{R1}$ ,  $T_{R2}$ ,  $T_{R3}$  y  $T_{R4}$ . Las dos variables importantes son el volumen y peso de la materia prima en donde se usó 500 mL y 250 gramos de materia prima.

#### 3.2.2.1. Cálculos del rendimiento del almidón a partir de la cáscara de cacao

**Ecuación 16-3:** Rendimiento del almidón obtenido

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{Peso del almidón obtenido}}{\text{Peso inicial de la cáscara}} \times 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{56,869}{250} \times 100$$

$$\mathbf{R = 23,873 \%}$$

**Tabla 28-3:** Resultado del rendimiento del almidón

No.	Tratamiento	PESO (g)		Rendimiento (%)
		Cáscara de cacao	Almidón	
1	$T_{R1}$	1000	227,475	22,75
2	$T_{R2}$	1000	177,260	17,73
3	$T_{R3}$	1000	142,545	14,25
4	$T_{R4}$	1000	136,005	13,60
			<b>Prom</b>	<b>17,08 %</b>

Realizado por: Cando, Viviana, 2021.



**Gráfico 1-3:** Rendimiento del almidón

Realizado por: Cando, Viviana, 2021.

**Tabla 29-3:** Extracción y obtención del almidón a partir de la cáscara de cacao.

PRODUCTO	TRATAMIENTO	VARIABLES	REPETICIÓN	VOLUMEN AGUA (mL)	PESO (g)			RENDIMIENTO (%)		TIEMPO SECADO (h)	
					PRODUCTO	ALMIDÓN		R	Prom		
						R	Prom				TOTAL
Cáscara de cacao	T <sub>R1</sub>	RPM 1: 60	R <sub>1</sub>	500	250	59,682	56,869	227,475	23,873	22,748	42
			R <sub>2</sub>			58,746			23,498		
			R <sub>3</sub>			58,221			23,288		
			R <sub>4</sub>			50,826			20,330		
	T <sub>R2</sub>	RPM 1: 120	R <sub>1</sub>			45,026	44,315	177,26	18,010	17,726	51
			R <sub>2</sub>			46,497			18,599		
			R <sub>3</sub>			42,915			17,166		
			R <sub>4</sub>			42,822			17,129		
	T <sub>R3</sub>	RPM 1: 60	R <sub>1</sub>			39,115	35,636	142,545	15,646	14,255	42
			R <sub>2</sub>			34,146			13,658		
			R <sub>3</sub>			34,422			13,769		
			R <sub>4</sub>			34,862			13,945		
	T <sub>R4</sub>	RPM 2: 120	R <sub>1</sub>			35,432	34,001	136,005	14,173	13,601	51
			R <sub>2</sub>			32,423			12,969		
			R <sub>3</sub>			32,326			12,930		
			R <sub>4</sub>			35,824			14,330		

Realizado por: Cando, Viviana, 2021.

### 3.2.2.2. Análisis de la aplicación del diseño factorial 2<sup>2</sup> para determinar el rendimiento del almidón de cáscara de cacao

Teniendo en cuenta que la aplicación del diseño factorial en la extracción de almidón de la cáscara de cacao (*Theobroma cacao.L.*) se tomó 4 formulaciones, las cuales se obtuvieron por método húmedo descrito en la Tabla 10-2 iniciando desde la selección de la materia prima, lo que permitió un mejor análisis en el que se usaron variables de RPM alto de 25000 y bajo de 6800 y se controló el tiempo de triturado, se pesó para determinar el rendimiento de los 16 tratamientos.

### 3.2.2.3. Análisis ANOVA del rendimiento del almidón

**Tabla 30-3:** Análisis de varianza ANOVA del rendimiento del almidón obtenido

<b>ANÁLISIS DE VARIANZA</b>						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Muestra	159,22654	1	159,2265423	138,376431	6,03565E-08	4,747225347
Columnas	32,211300	1	32,21130025	27,9933528	0,00019117	4,747225347
Interacción Dentro del grupo	19,075056	1	19,07505625	16,5772500	0,001549389	4,747225347
Total	224,32101	15	1,15067675			

Realizado por: Cando, Viviana, 2021.

En la Tabla 30-3. nos muestra un análisis de varianza de ANOVA que se lo realizó mediante los tratamientos de la extracción del almidón de la cáscara de cacao y esto estableció una interacción de  $0,00154 < 0,5$  teniendo una discrepancia típica significativa, los valores de este ensayo son concluyentes para el subsiguiente análisis TUKEY, representado en la Tabla 31-3 continuación.

### 3.2.2.4. Análisis Tukey del rendimiento del almidón obtenido

**Tabla 31-3:** Análisis TUKEY

$T_{R1}$	$T_{R2}$	$T_{R3}$	$T_{R4}$
23,873	18,010	15,646	14,173
23,498	18,599	13,658	12,969
23,288	17,166	13,769	12,930
20,330	17,129	13,945	14,330

	$T_{R1}$	$T_{R2}$	$T_{R3}$	$T_{R4}$
$T_{R1}$		5,02	8,49	9,15
$T_{R2}$			3,47	4,13
$T_{R3}$				0,65
$T_{R4}$				

<b>HSD</b>	2,25
<b>Multiplicador</b>	4,20
<b>Mse</b>	1,151
<b>n</b>	4

Realizado por: Cando, Viviana, 2021.

### 3.3. Datos, resultados y análisis de la caracterización físico -químico del almidón

#### 3.3.1. Ensayo de Lugol

El reactivo Yodo - Lugol nos sirve para la tipificación de presencia de almidón como es el caso del almidón a partir de la cáscara de cacao el cual se tornó en un color azul -violeta, esta coloración se produce por la absorción del yodo entre las espiras de la molécula de almidón, es muy sensible a la temperatura ya que pierde su coloración y aparece al enfriarse la solución. También se puede realizar con medicinas que tengan yodo en su composición (Edson y Cirilo, 2015, p.14).

#### 3.3.2. Ensayo densidad aparente

##### 3.3.2.1. Densidad aparente suelta

- Datos de densidad aparente suelta

**Tabla 32-3:** Datos del ensayo de la densidad aparente suelta

Probeta vacía (g)	Probeta + almidón suelto (g)			Volumen probeta (mL)
45,42	122,03	123,74	122,91	50

Realizado por: Cando, Viviana, 2021.

- Cálculo de la Densidad aparente suelta

A partir de la Ecuación 1-2

$$\rho S = \frac{(\text{Peso probeta} + \text{almidon}) - \text{probeta vacia}}{V (\text{mL})\text{probeta}}$$

$$\rho S = \frac{122,03g - 45,42g}{50\text{mL}}$$

$$\rho S = 1,53 \frac{g}{\text{mL}}$$

### 3.3.2.2. Densidad aparente empacada

- Datos de densidad empacada

**Tabla 33-3:** Datos del ensayo de la densidad aparente

Probeta vacía (g)	Probeta + almidón suelto (g)			Volumen probeta (ml)		
45,42	109,56	107,07	110,22	48	45	46

Realizado por: Cando, Viviana, 2021.

- Cálculo de la Densidad aparente empacada

$$\rho E = \frac{(\text{Peso probeta} + \text{almidon}) - \text{probeta vacia}}{V (\text{mL})\text{probeta}}$$

$$\rho E = \frac{109,56 \text{ g} - 45,42 \text{ g}}{48\text{mL}}$$

$$\rho E = 1,34 \frac{\text{g}}{\text{mL}}$$

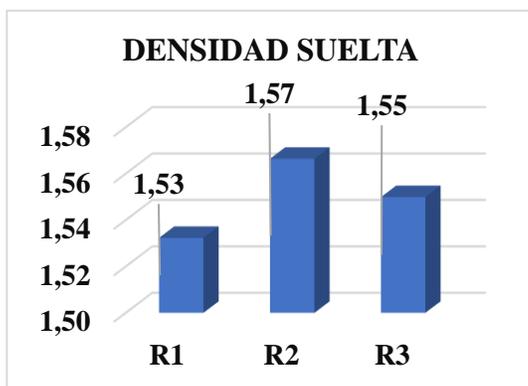
- Resultado de la Densidad Aparente suelta y empacada

**Tabla 34-3:** Resultado de Densidad del almidón obtenido

Repetición	Densidad suelta	Densidad empacada
R <sub>1</sub>	1,53	1,34
R <sub>2</sub>	1,57	1,37
R <sub>3</sub>	1,55	1,41
Prom	1,55	1,37

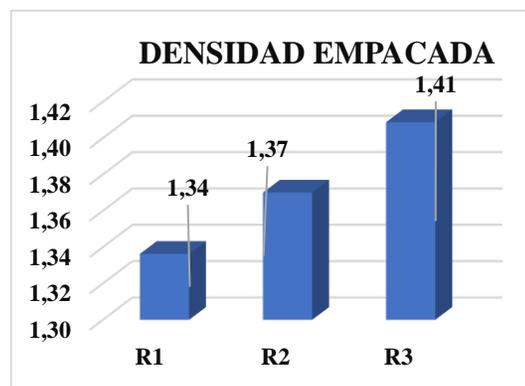
Realizado por: Cando, Viviana, 2021.

La densidad aparente es la relación de peso del almidón en función del volumen conocido de la probeta, se obtuvo una densidad suelta y empacada promedio como lo muestra en la Tabla 34-3, son diferentes las dos densidades debido a su nivel de compactación la FAO, (2015, p. 65) tiene una densidad promedio de 1,56 g/mL.



**Gráfico 2-3:** Densidad Suelta

Realizado por: Cando, Viviana, 2021.



**Gráfico 3-3:** Densidad Empacada

Realizado por: Cando, Viviana, 2021.

### 3.3.3. Viscosidad de Brookfield del almidón

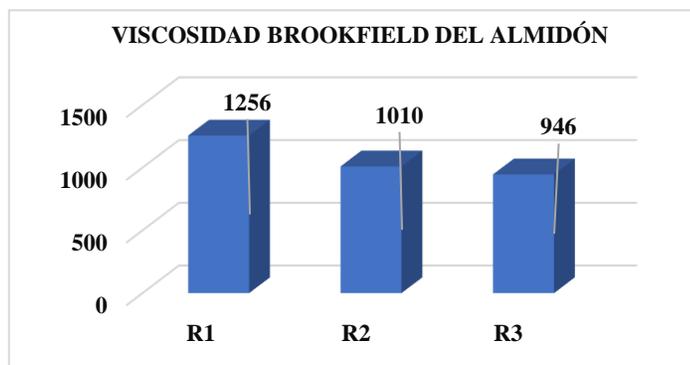
#### 3.3.3.1. Datos y resultado de viscosidad Brookfield del almidón

**Tabla 35-3:** Resultado de viscosidad Brookfield del almidón obtenido

<b>REPETICIÓN</b>	R <sub>1</sub>	1256
	R <sub>2</sub>	1010
	R <sub>3</sub>	946
	<b>Prom</b>	<b>1071</b>

Realizado por: Cando, Viviana, 2021.

Se realizó por triplicado los ensayos de viscosidad los cuales dieron una viscosidad promedio de 1071 cP el cual está dentro del rango de medida de la FAO, (2015, p. 66) ya que para los almidones de yuca tiene un rango que varía entre 840 -1500 cP.



**Gráfico 4-3:** Viscosidad Brookfield del almidón

Realizado por: Cando, Viviana, 2021.

### 3.3.4. pH

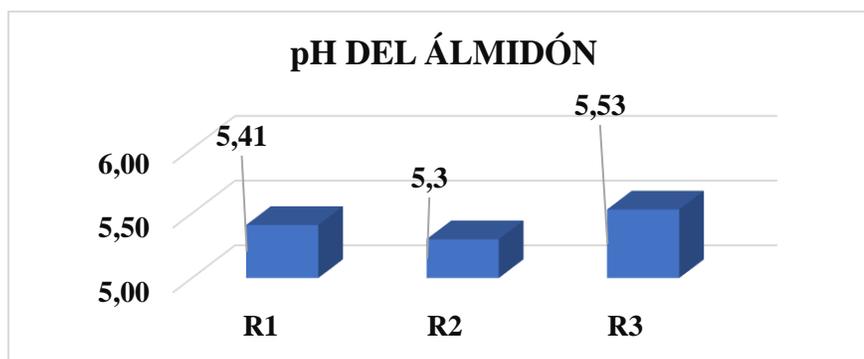
#### 3.3.4.1. Análisis y resultado del pH del almidón obtenido

**Tabla 36-3:** Resultado de pH del almidón obtenido

<b>REPETICIÓN</b>	R <sub>1</sub>	5,41
	R <sub>2</sub>	5,3
	R <sub>3</sub>	5,53
	<b>Prom</b>	<b>5,41</b>

Realizado por: Cando, Viviana, 2021.

En la Tabla 36-3 nos muestra el ensayo por triplicado en la NTE INEN 1456, (2012, p. 2) nos indica que se encuentra en un rango de pH de 5,0 y 7,0 el cual nos demuestra que el almidón está en condiciones adecuadas.



**Gráfico 5-3:** pH del almidón

Realizado por: Cando, Viviana, 2021.

### 3.3.5. Temperatura de Gelatinización

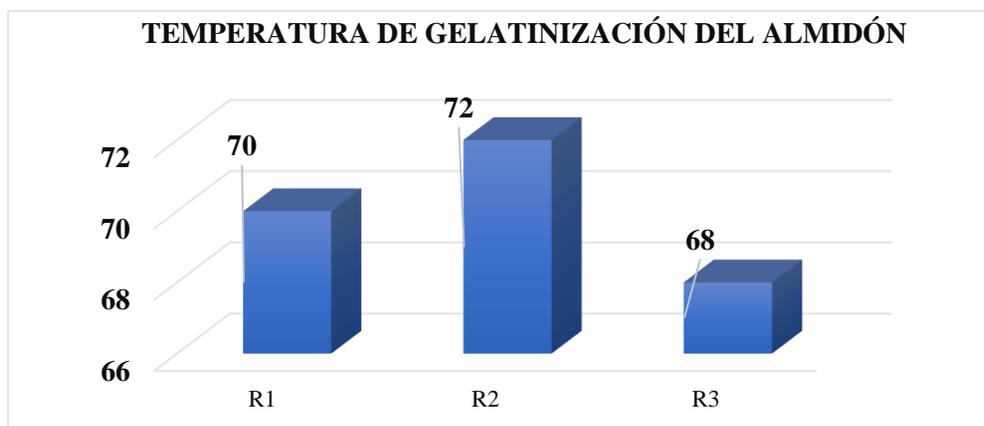
#### 3.3.5.1. Análisis y resultados de la Temperatura de Gelatinización

**Tabla 37-3:** Resultado de la Temperatura de Gelatinización del almidón obtenido

<b>Repeticiones</b>	<b>T(°C)</b>
R <sub>1</sub>	70
R <sub>2</sub>	72
R <sub>3</sub>	68
<b>Prom</b>	<b>70,0</b>

Realizado por: Cando, Viviana, 2021.

La temperatura de gelatinización consiste en el calentamiento de los gránulos de almidón y como resultado se da un proceso de gelatinización que es el rompimiento de la molécula de almidón por absorción de agua debido a su constitución amorfa, accesible y su rango de temperatura o rango de gelatinización oscila entre (60-70°C) este incremento de temperatura hace que el granulo se expanda y aumente su volumen liberando la amilosa produciendo una dispersión coloidal de amilosa y amilopectina las cuales se dispersan en la solución generando un gel que son cadenas de amilosa hidratadas. Este proceso descrito anteriormente es un punto de referencia en la elaboración del plástico biodegradable (UNAM, 2017, p.1).



**Gráfico 6-3:** Temperatura de Gelatinización del almidón

Realizado por: Cando, Viviana, 2021.

### 3.3.6. Humedad y Materia seca

#### 3.3.6.1. Datos, resultados y análisis de la Humedad y Materia seca

**Tabla 38-3:** Datos del ensayo de Humedad y Materia seca

Repeticiones	capsula vacía (g)	capsula + almidón	Peso Final
		(g)	(g)
<b>R<sub>1</sub></b>	104,542	108,553	108,174
<b>R<sub>2</sub></b>	95,216	99,238	98,831
<b>R<sub>3</sub></b>	85,71	89,717	89,326
<b>Prom</b>	<b>95,16</b>	<b>99,17</b>	<b>98,78</b>

Realizado por: Cando, Viviana, 2021.

### 3.3.6.2. Cálculo de Humedad

A partir de la Ecuación 3-2

$$\%Ha = \frac{[(Mh - Ms)(g)]}{[(Ms - Mr)(g)]} * 100$$

$$\%Ha = \frac{(108,553 - 108,174)g}{(108,174 - 104,542)g} * 100$$

$$Ha = 10,44\%$$

### 3.3.6.3. Cálculo de Materia Seca

A partir de la Ecuación 4-24

$$\%Msa = 100 - \%Ha$$

$$\%Msa = 100 - 10,44\%$$

$$\%Msa = 89,56\%$$

### 3.3.6.4. Resultado de humedad base seca y húmeda

**Tabla 39-3:** Resultado de Humedad y Materia Seca

Repeticiones	Humedad	Materia seca
R <sub>1</sub>	10,44	89,56
R <sub>2</sub>	11,26	88,74
R <sub>3</sub>	10,81	89,19
Prom	10,84	89,2

Realizado por: Cando, Viviana, 2021.

De acuerdo con la investigación de Extracción de almidón de cáscara de cacao *Theobroma cacao L.* como alternativa de bioprospección (Herrera et al., 2020,p.2), contiene una humedad de 84,35±0,02 en b.s.

Asimismo se realizó este ensayo bajo la norma la norma MO-LSAIA-01.01 en el *Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias* (INIAP) con un resultado de 10,84%. También se realizó el ensayo triplicado mediante la determinación de humedad por pérdida de masa de agua en la estufa convencional y los resultados se encuentran en la Tabla 39-3.

### 3.3.7. Índice de absorción de agua, índice de solubilidad en agua y poder de hinchamiento

#### 3.3.7.1. Datos de Índice de absorción de agua

**Tabla 40-3:** Dato de Índice de absorción de agua

Repeticiones	Peso Gel (g)	Peso Muestra (b.s) (g)
<b>R<sub>1</sub></b>	6,21	1,25
<b>R<sub>2</sub></b>	6,33	1,25
<b>R<sub>3</sub></b>	6,06	1,25

Realizado por: Cando, Viviana, 2021.

#### 3.3.7.2. Cálculo del Índice de absorción de agua

A partir de la Ecuación 5-2

$$IAA = \frac{Pg(g)}{Pm(g)}$$

$$IAA = \frac{6,21(g)}{1,25(g)}$$

$$IAA = 4,97 \frac{(g)gel}{(g)muestra}$$

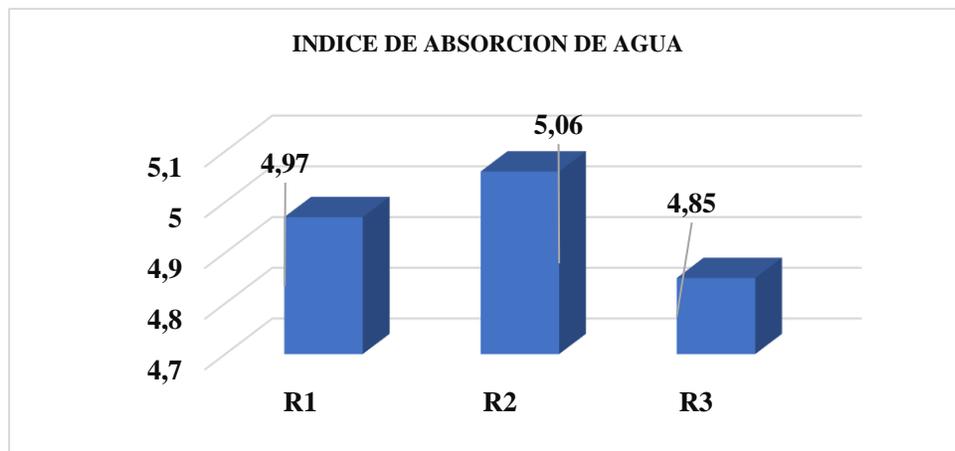
### 3.3.7.3. Resultado de Índice de absorción de agua, solubilidad y poder de hinchamiento

**Tabla 41-3:** Resultado de índice de absorción de agua

Repetición	IAA
R <sub>1</sub>	4,97
R <sub>2</sub>	5,06
R <sub>3</sub>	4,85
<b>Prom</b>	<b>4,96</b>

Realizado por: Cando, Viviana, 2021.

Según Storpirtis, (2006, p. 532), el índice de absorción de agua es el hinchamiento de los gránulos básicamente tiene relación con la temperatura de gelatinización ya que al someterse al calor se rompen los puentes de hidrogeno intermoleculares amorfos lo que hacen que existan reacciones irreversibles. El rango comprendido es de 70-90 °C y mientras la temperatura avance el tamaño del granulo se incrementa y simultáneamente la cantidad de solidos solubles por lo que existe la probabilidad de perdida de estabilidad del gel (Guízar, Montañéz y García, 2008, p.6). Así que mientras más contenido de amilosa menor el poder de hinchamiento ya que es neutralizado por un granulo de tamaño más grande. Por consiguiente, se encuentra dentro del rango que varía entre 0,82 y 15,52 g gel/g muestra (FAO, 2015, p.61).



**Gráfico 7-3:** Índice de absorción de agua en el almidón

Realizado por: Cando, Viviana, 2021.

3.3.7.4. *Datos de Índice de solubilidad de agua*

**Tabla 42-3:** Datos de Índice de solubilidad de agua

Repeticiones	Peso muestra (g)	Volumen retirado (ml)	Total	Peso soluble (g)
<b>R<sub>1</sub></b>	11,364	27,10	10	11,340
<b>R<sub>2</sub></b>	11,347	26,90	10	11,319
<b>R<sub>3</sub></b>	11,326	27,00	10	11,305

Realizado por: Cando, Viviana, 2021.

3.3.7.5. *Cálculo de Índice de absorción de agua, índice de solubilidad en agua y poder de hinchamiento*

A partir de la Ecuación 6-2

$$ISA = \frac{Ps(g) \times V \times 10}{Pm(g)}$$

$$ISA = \frac{(11,364 - 11,340) \times 27,10 \times 10}{1,25 \text{ g}}$$

$$ISA = 5.203\%$$

3.3.7.6. *Resultado del Índice de solubilidad en agua*

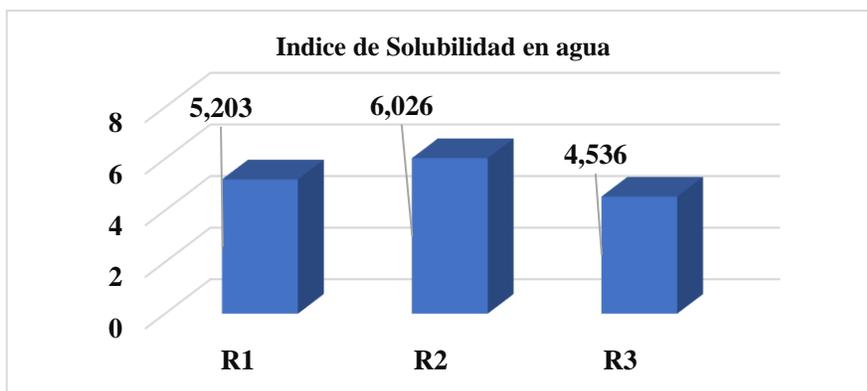
**Tabla 43-3:** Resultado de índice de solubilidad en agua

Repetición	ISA
<b>R<sub>1</sub></b>	5,203
<b>R<sub>2</sub></b>	6,026
<b>R<sub>3</sub></b>	4,536
<b>Prom</b>	<b>5,25</b>

Realizado por: Cando, Viviana, 2021.

El índice de solubilidad en agua promedio que se re el cual se la define como la capacidad de reaccionar con agua y disolverse en la misma, también nos indica el grado de asociación de enlaces intra granulares entre polímeros del almidón (amilosa/amilopectina) (Cedeño y Galarza, 2013, p. 15). Según

la Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca FAO, (2015, p.61), para un almidón de calidad óptima debe tener requisitos puntuales que son un alto índice de absorción de agua y un bajo índice de solubilidad lo cual se deduce que el almidón obtenido a partir de la cáscara de cacao es de calidad media ya que tiene un alto índice de solubilidad mientras que el índice de absorción es baja lo que hace que se produzca una pasta delgada y de poca estabilidad sin embargo se encuentra en el rango promedio permitido que es el índice de solubilidad en agua entre 0,27-12,32%.



**Gráfico 8-3:** Índice de solubilidad en agua en el almidón

Realizado por: Cando, Viviana, 2021.

### 3.3.7.7. Datos de Poder de hinchamiento

**Tabla 44-3:** Datos de Poder de hinchamiento

Repeticiones	Peso Gel	Peso Muestra (bs)	Peso Soluble (g)
R <sub>1</sub>	6,21	1,25	0,024
R <sub>2</sub>	6,33	1,25	0,028
R <sub>3</sub>	6,06	1,25	0,021

Realizado por: Cando, Viviana, 2021.

### 3.3.7.8. Cálculo del poder de hinchamiento

A partir de la Ecuación 7-2

$$PH = \frac{Pg(g)}{Pm(g) - Ps(g)}$$

$$PH = \frac{6,21 g}{1,25g - 0,024g}$$

$$PH = 5,065$$

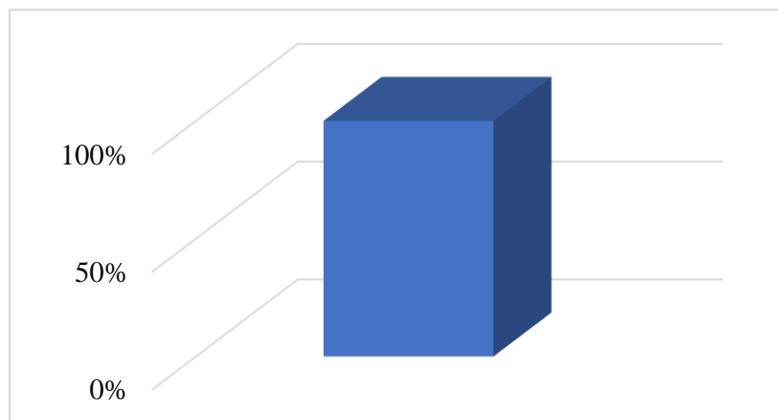
### 3.3.7.9. Resultado de poder de hinchamiento

**Tabla 45-3:** Resultado de poder de hinchamiento

Repetición	PH
R <sub>1</sub>	5,065
R <sub>2</sub>	5,180
R <sub>3</sub>	4,929
<b>Prom</b>	<b>5,06</b>

Realizado por: Cando, Viviana, 2021.

El poder de hinchamiento tiene relación con la temperatura también es una propiedad característica debido al aumento en masa del almidón por absorción de agua por medio de sus cadenas ramificadas que al elevarse la temperatura los enlaces de las cadenas se debilitan, en el caso de los gránulos de almidón de la cáscara de cacao su poder de hinchamiento se encuentra dentro del rango 0,79 y 15,45 (FAO, 2015, p.73).



**Gráfico 9-3:** Poder de Hinchamiento

Realizado por: Cando, Viviana, 2021.

### 3.3.8. Ceniza por calcinación

#### 3.3.8.1. Datos de ceniza por calcinación

**Tabla 46-3:** Datos de ceniza por calcinación

Repeticiones	crisol vacío (g)	crisol + almidón (g)	Peso final (g)
<b>R<sub>1</sub></b>	39,898	43,596	39,902
<b>R<sub>2</sub></b>	42,094	46,102	42,099
<b>R<sub>3</sub></b>	33,746	36,034	33,748

Realizado por: Cando, Viviana, 2021.

#### 3.3.8.2. Cálculo de la ceniza por calcinación

A partir de la Ecuación 8-2

$$\% \text{ Ceniza} = \left( \frac{M_{cc} - M_{cv}}{M_{cs} - M_{cv}} \right) * 100\%$$

$$\% \text{ Ceniza} = \left( \frac{39.902 - 39,898}{43,596 - 39,989} \right) * 100\%$$

$$\% \text{ Ceniza} = 0,108\%$$

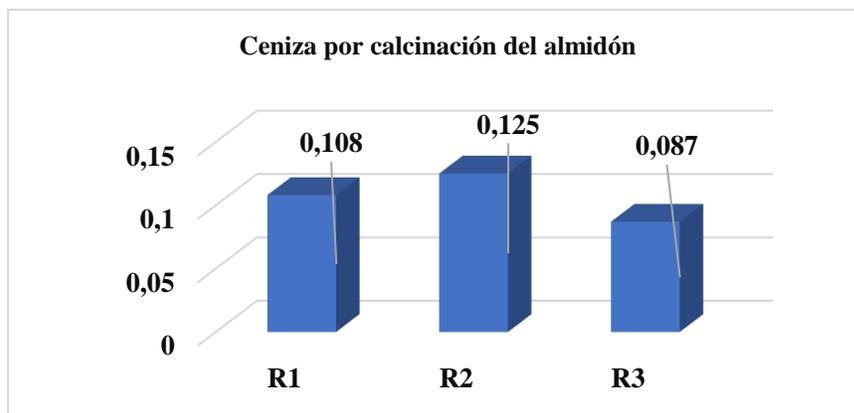
#### 3.3.8.3. Resultado de la ceniza por calcinación

**Tabla 47-3:** Resultado de la ceniza por calcinación

Repeticiones	Porcentaje %
<b>R<sub>1</sub></b>	0,108
<b>R<sub>2</sub></b>	0,125
<b>R<sub>3</sub></b>	0,087
<b>Prom</b>	<b>0,107</b>

Realizado por: Cando, Viviana, 2021

En la Tabla 45-3 se realizó el análisis de ceniza por triplicado la cual se encuentra dentro del rango de la NTE INEN-ISO 3593 que dice que debe ser  $\leq 0,12$ , para este ensayo depende del porcentaje de humedad (NTE INEN-ISO 3593, 2014, p.3).



**Gráfico 10-3:** Ceniza por calcinación del almidón

Realizado por: Cando, Viviana, 2021.

### 3.3.9. *Amilosa y amilopectina*

La amilosa es un polímero que se encuentran en un rango de 20-30% en el gránulo provenientes de los frutos y un 4- 20% en los gránulos provenientes de las hojas, mientras que la amilopectina tiene un rango entre 70-80%. Para el almidón de la cáscara de cacao se realizó los análisis de amilosa en el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias *INIAP* con un valor de 40,85% según el método MO-LSAIA-01.01 los cuales están reportados en la Tabla 48-3.

### 3.3.10. *Análisis de pruebas microbiológicas*

Para los ensayos microbiológicos se lo realizo en un laboratorio externo los cuales dieron como resultados y rigiéndose a la FAO, (2015, p.93), los cuales son para Hongos  $0 < 10$ , Levaduras y mohos con 0 UPC/g y Coliformes totales con un valor de 0 y el rango de estos son entre 1000-5000 UPC/g los cuales se registran en la Tabla 48-3.

## 3.4. **Caracterización Físico- Químico del almidón**

Una vez que se obtuvo el almidón por vía seca y húmeda se realizaron los ensayos del análisis fisicoquímico y microbiológico del almidón de la cáscara de cacao, se los elaboraron en el laboratorio

de Investigación de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo así mismo se realizó el análisis de amilosa en el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias “INIAP” y los ensayos microbiológicos en el laboratorio SAQMIC. A continuación, la Tabla 48-3 muestra los resultados de los ensayos realizados.

Con estos resultados del análisis del almidón de cáscara de cacao nos permite continuar con el proceso y está apto para la elaboración del plástico biodegradable con un porcentaje admisible.

**Tabla 48-3:** Caracterización Físico- químico del almidón de la cáscara de cacao

No.	PARÁMETROS	UNIDADES	VALOR	ESTÁNDAR	NORMA / INSTITUCIÓN
1	Humedad	%	10,84		CINIAP
2	Ceniza		0,107	≤0,12	NTE INEN-ISO 3593
3	Solubilidad	%	5,25	0,27-12,52	FAO 2015
4	pH	%	5,42	6,00-7,00	INEN 1456
5	Fibra	%	0,51		SAQMIC
6	Proteína	%	0,47		SAQMIC
7	Viscosidad		1070	840-1500 SP	FAO 2015
8	Temperatura de gelatinización	°C	70,00	57,5-70	INEN 1456
9	Amilosa	%	40,52		CINIAP
10	Amilopectina	%	59,48		CINIAP
11	Hongos	UPC/g	0	1000-5000	SAQMIC
12	Levaduras y mohos	UPC/g	0	1000-5000	
13	Coliformes totales	UPC/g	0	Ausencia	

Realizado por: Cando, Viviana, 2021.

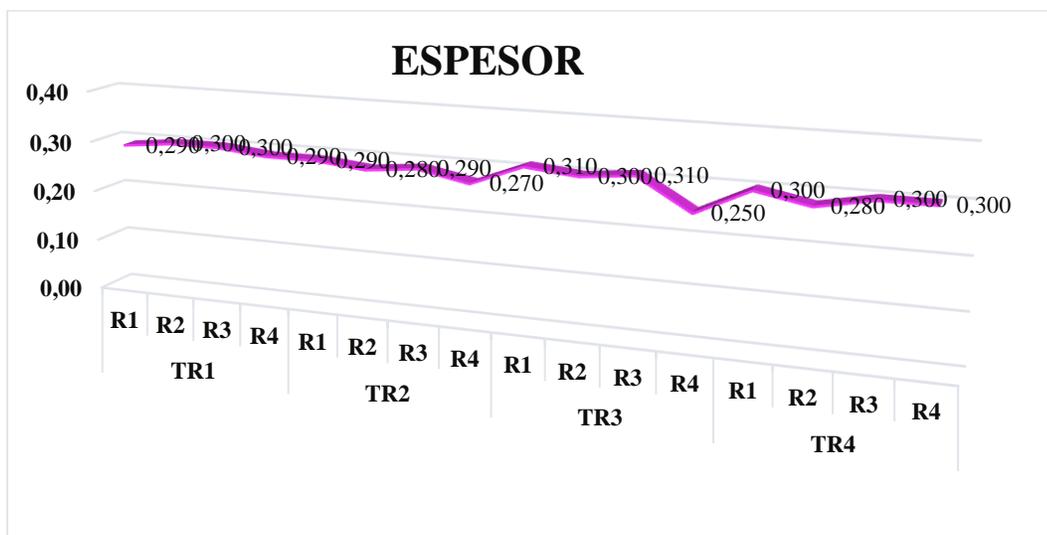
### 3.5. Datos y resultado del tratamiento del diseño factorial del bioplástico 2<sup>k</sup>

Teniendo el almidón como materia prima para la formulación del plástico biodegradable se procede a elaborar los tratamientos óptimos para la preparación de biopelículas de calidad con un diseño factorial 2<sup>2</sup> planteado anteriormente el cual tiene 2 variables que son la concentración de glicerina la cual varía entre 2,5 – 4 mL y un volumen de agua con un rango de 60 - 70 mL. Así mismo se tiene elementos constantes que se añade a la mezcla como es el ácido acético (vinagre) con una cantidad de 7 mL y la concentración del almidón de 3 gramos de allí se derivó 4 tratamientos con un cuádruple de repeticiones, teniendo como resultado 16 biopelículas, con su peso y espesor, descritas en la siguiente Tabla 50-3. así mismo en la tabla se muestra las formulaciones de cada tratamiento a elaborarse.

#### 3.5.1. Análisis del espesor de la biopelícula

Para la obtención del espesor se fijó en la norma INEN 2542, la cual tiene valores de referenciales de  $0,120 \pm 0,010$  mm que según (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2006). En los ensayos realizados en el laboratorio de curtiembres de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo de la facultad de Ciencias Pecuarias se obtuvo resultados mayores a la norma establecida en el T<sub>R1</sub>, T<sub>R2</sub>, T<sub>R3</sub> y T<sub>R4</sub> con espesores de  $0,3 \pm 0,018$  mm en cambio con la norma INEN 2635-2012 nos afirma que el espesor de la biopelícula no debe superar los 0,001m. Así como lo describe en la Tabla 50-3.

Gráfico 11-3: Espesor del plástico biodegradable



Realizado por: Cando, Viviana, 2021.

### 3.5.2. Análisis sensorial de la biopelícula

**Tabla 49-3:** Análisis sensorial de la biopelícula

<u>ANÁLISIS SENSORIAL</u>				
TRATAMIENTO	MOLDEO	FORMA PELÍCULA	TRANSPARENCIA	ESTABILIDAD
T <sub>R1</sub>	CIRCULAR	Cuadrada	Poca transparencia	Resistente
TR <sub>2</sub>		3x3	Opaco	Estable
TR <sub>3</sub>			Opaco	Poco Estable
T <sub>R4</sub>			Muy opaco	Poco Resistente

**Realizado por:** Cando, Viviana, 2021.

De los 4 tratamientos se obtuvo un análisis diferente cada uno ya que varían por la concentración de las variables de formulación uno de los análisis cualitativos son la resistencia y estabilidad que son importantes en este producto seguido de la textura y aspecto Herrera-Rengifo et al., (2020, p.4), ya que estas propiedades son muy características para que la película degradable sea de calidad así como muestra en la Tabla 50-3 de este análisis el tratamiento más eficaz es el T<sub>R1</sub>.

Al cotejar el resultado del plástico degradable entre la cáscara de cacao y banano en los dos plásticos son similares debido a que los dos son a partir del residuo o cáscara de la materia prima a usar así como lo cita Cárdenas Freire, (2018, p.28), así que la película de cáscara de cacao es opaco ya que no se realizó un blanqueamiento del almidón.

**Tabla 50-3:** Determinación del espesor de la biopelícula

TRATAMIENTO	VARIABLE	REPETICIÓN	T (°C)	TIEMPO (min) ELABORACIÓN	SECADO				PESO (g)		PESO / ÁREA	ESPESOR (mm)
					LUGAR	MÉTODO	T (°C)	TIEMPO (H)	R	Prom		
FR1	CA1: CG1	TR1	70	5	LABORATORIO INVESTIGACIÓN	Ambiente	25	48	0,121	0,15	0,013	0,290
		TR2	70	5			25	48	0,166		0,018	0,300
		TR3	70	5			25	48	0,122		0,014	0,300
		TR4	70	5			25	48	0,190		0,021	0,290
FR2	CA1: CG2	TR1	70	5			25	48	0,123	0,13	0,014	0,290
		TR2	70	5			25	48	0,110		0,012	0,280
		TR3	70	5			25	48	0,120		0,013	0,290
		TR4	70	5			25	48	0,180		0,020	0,270
FR3	CA2: CG1	TR1	70	5			25	48	0,188	0,16	0,021	0,320
		TR2	70	5			25	48	0,118		0,013	0,300
		TR3	70	5			25	48	0,190		0,021	0,320
		TR4	70	5			25	48	0,127		0,014	0,250
FR4	CA2: CG2	TR1	70	5			25	48	0,164	0,14	0,018	0,300
		TR2	70	5			25	48	0,154		0,017	0,280
		TR3	70	5			25	48	0,124		0,014	0,300
		TR4	70	5			25	48	0,102		0,011	0,310

Realizado por: Cando, Viviana, 2021.

## Análisis de Varianza ANOVA

Tabla 51-3: Análisis de Varianza ANOVA

ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
<b>Muestra</b>	0,00026082	1	0,00026	0,88698	0,36487	4,74723
<b>Columnas</b>	7,225E-07	1	0,00000	0,00246	0,96128	4,74723
<b>Interacción</b>	8,3723E-05	1	0,00008	0,28472	0,60337	4,74723
<b>Dentro del grupo</b>	0,00352867	12	0,00029			
<b>Total</b>	0,00387394	15				

Realizado por: Cando, Viviana, 2021.

### 3.6. Análisis físico – químico y mecánico del plástico biodegradable

#### 3.6.1. Formulación de la biopelícula

Tabla 52-3: Formulación de la biopelícula

<b>Formulaciones</b>	<b>Cantidad</b>			
	<i>Almidón (g)</i>	<i>Glicerina (mL)</i>	<i>Agua (mL)</i>	<i>Ácido acético (mL)</i>
F <sub>R1</sub>	3	2,5	60	7
F <sub>R2</sub>	3	4	70	7
F <sub>R3</sub>	3	2,5	70	7
F <sub>R4</sub>	3	4	60	7

Realizado por: Cando, Viviana, 2021.

### 3.6.1.1. Análisis de la formulación de la biopelícula

Con un diseño factorial 2<sup>2</sup> óptimo se procede a las formulaciones de cada tratamiento con cuádruple de repeticiones, las que nos ayudan a la elaboración repetitivo del plástico para un posterior análisis del mismo el total son 4 tratamientos y 16 repeticiones de las cuales se hicieron diferentes análisis ya que es importante para determinar la calidad, resistencia y durabilidad del producto tomando en cuenta las variables independientes que son el Agua y Glicerina así como lo cita Fonseca, (2020).

### 3.6.2. Análisis de la Humedad de la biopelícula

#### 3.6.2.1. Datos de Humedad de la biopelícula

**Tabla 53-3:** Datos de Humedad de la biopelícula

Tratamiento	Repetición	P.i. p	P.f. p	Masa	Tratamiento	Repetición	P.i. p	P.f. p	Masa
		(g)	(g)	Cápsula (g)			(g)	(g)	Cápsula (g)
<i>T<sub>R1</sub></i>	R <sub>1</sub>	85,64	85,61	85,51	<i>T<sub>R3</sub></i>	R <sub>1</sub>	95,15	95,12	95,01
	R <sub>2</sub>	104,42	104,39	104,28		R <sub>2</sub>	107,27	107,24	107,15
	R <sub>3</sub>	104,26	104,23	104,13		R <sub>3</sub>	96,20	96,17	96,06
	<b>Prom</b>	<b>98,10</b>	<b>98,08</b>	<b>97,98</b>		<b>Prom</b>	<b>99,54</b>	<b>99,51</b>	<b>99,40</b>
<i>T<sub>R2</sub></i>	R <sub>1</sub>	92,14	92,11	92,01	<i>T<sub>R4</sub></i>	R <sub>1</sub>	91,45	91,41	91,28
	R <sub>2</sub>	74,20	74,18	74,09		R <sub>2</sub>	97,63	97,60	97,47
	R <sub>3</sub>	95,82	95,79	95,70		R <sub>3</sub>	85,42	85,39	85,30
	<b>Prom</b>	<b>87,39</b>	<b>87,36</b>	<b>87,27</b>		<b>Prom</b>	<b>91,50</b>	<b>91,47</b>	<b>91,35</b>

Realizado por: Cando, Viviana, 2021.

#### 3.6.2.2. Cálculo de la Humedad de la biopelícula

A partir de la Ecuación 9-2

$$\% \text{ Humedad} = \frac{P.i.p - P.f.p}{P.f.i} \times 100$$

$$\% \text{ Humedad} = \frac{85,635 - 85,609(g)}{[(85,635 - 85,514)g]} \times 100$$

**Humedad = 21.49 %**

3.6.2.3. *Resultados de la Humedad de la biopelícula*

**Tabla 54-3:** Resultados de Humedad de la biopelícula

<b>Tratamiento</b>	<b>Repetición</b>	<b>TOTAL</b>
$T_{R1}$	R <sub>1</sub>	21,49
	R <sub>2</sub>	20,59
	R <sub>3</sub>	20,49
	<b>Prom</b>	<b>20,84</b>
$T_{R2}$	R <sub>1</sub>	21,14
	R <sub>2</sub>	21,82
	R <sub>3</sub>	21,67
	<b>Prom</b>	<b>21,53</b>
$T_{R3}$	R <sub>1</sub>	21,62
	R <sub>2</sub>	21,19
	R <sub>3</sub>	21,99
	<b>Prom</b>	<b>21,62</b>
$T_{R4}$	R <sub>1</sub>	21,95
	R <sub>2</sub>	21,43
	R <sub>3</sub>	21,14
	<b>Prom</b>	<b>21,54</b>

**Realizado por:** Cando, Viviana, 2021.

3.6.2.4. *Análisis de la Humedad de la biopelícula*

Se realizó en el laboratorio de Investigación de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo donde se obtuvo resultados plasmados en la Tabla 54-3, este ensayo se lo ejecuto por diferencia de pesos en cada tratamiento resaltando que en el  $T_{R3}$  tiene un valor de 21,62% el valor más alto de todos los tratamientos así también Escobar, Sala y Silvera, (2009, p.2), la humedad en un rango mayor es de un 22,1% mediante el método de elaboración de casting así mismo tiene un porcentaje del 19,3% por un método

de moldeo por comprensión en donde nos indica Sothrnvit et al., (2003, p.68), que entre los dos métodos el más eficaz es el método por comprensión lo que de disipa la humedad durante su producción.

### 3.6.3. *Análisis de Solubilidad de la biopelícula*

#### 3.6.3.1. *Datos de Solubilidad de la biopelícula*

**Tabla 55-3:** Datos de Solubilidad de la biopelícula

Tratamiento		Peso inicial	Peso final	Tratamiento		Peso inicial	Peso final
		húmedo (g)	Seco (g)			húmedo (g)	Seco (g)
T <sub>R1</sub>	R <sub>1</sub>	0,93	0,668	T <sub>R3</sub>	R <sub>1</sub>	0,976	0,704
	R <sub>2</sub>	0,848	0,611		R <sub>2</sub>	0,792	0,569
	R <sub>3</sub>	0,864	0,619		R <sub>3</sub>	0,914	0,658
	Prom	<b>0,881</b>	<b>0,633</b>		Prom	<b>0,894</b>	<b>0,644</b>
T <sub>R2</sub>	R <sub>1</sub>	0,776	0,558	T <sub>R4</sub>	R <sub>1</sub>	0,869	0,618
	R <sub>2</sub>	0,778	0,553		R <sub>2</sub>	0,772	0,551
	R <sub>3</sub>	0,834	0,586		R <sub>3</sub>	0,884	0,641
	Prom	<b>0,796</b>	<b>0,566</b>		Prom	<b>0,842</b>	<b>0,603</b>

Realizado por: Cando, Viviana, 2021.

#### 3.6.3.2. *Cálculo de Solubilidad de la biopelícula*

A partir de la Ecuación 10-2

$$\% \text{ Solubilidad} = \frac{\text{peso inicial seco} - \text{peso final seco}}{\text{peso inicial seco}} \times 100$$

$$\% \text{ Solubilidad} = \frac{0,93 - 0,668}{0,93} \times 100$$

$$\text{Solubilidad} = 39,22\%$$

### 3.6.3.3. Resultado de Solubilidad de la biopelícula

**Tabla 56-3:** Resultados de Solubilidad

Tratamiento	Repetición	TOTAL
$T_{R1}$	R <sub>1</sub>	39,222
	R <sub>2</sub>	38,789
	R <sub>3</sub>	39,580
	<b>Prom</b>	<b>39,179</b>
$T_{R2}$	R <sub>1</sub>	39,068
	R <sub>2</sub>	40,687
	R <sub>3</sub>	42,321
	<b>Prom</b>	<b>40,636</b>
$T_{R3}$	R <sub>1</sub>	38,636
	R <sub>2</sub>	39,192
	R <sub>3</sub>	38,906
	<b>Prom</b>	<b>38,820</b>
$T_{R4}$	R <sub>1</sub>	40,615
	R <sub>2</sub>	40,109
	R <sub>3</sub>	37,910
	<b>Prom</b>	<b>39,635</b>

Realizado por: Cando, Viviana, 2021.

### 3.6.3.4. Análisis de Solubilidad de la biopelícula

El análisis realizado en esta investigación se definió según Gontard et al., (1994, p.8), que solubilidad es el porcentaje de materia seca de la biopelícula que va a estar inmersa en una estufa por 24 horas a una temperatura de 105 °C de los cuales se obtuvo resultados para cada tratamiento el:  $T_{R1}$  39,179 ;  $T_{R2}$  40,636 ;  $T_{R3}$  38,820 y  $T_{R4}$  39,635 en comparación con Sothornvit et al., (2003, p.14), que tiene dos tipos de solubilidad una por el método de compresión del 39% y el métodos Casting del 59,5% . Con estos valores se dice que la solubilidad varía de acuerdo a la cantidad de plastificante que se use en cada tratamiento, así como esta descrito en la Tabla 52-3 en donde el conjunto de datos ensayados tiene un promedio de solubilidad del 40 % que se encuentra en el límite inferior de la norma según Alimentarios, (2011, p.4),ya que en este artículo cita que el rango comprende entre los valores de 39,0-59,5 % .

### 3.6.4. Análisis de Permeabilidad de la biopelícula

#### 3.6.4.1. Datos de Permeabilidad de la biopelícula

**Tabla 57-3:** Datos de Permeabilidad de la biopelícula

Tiempo (horas)	Tratamientos			
	T <sub>R1</sub> (g)	T <sub>R2</sub> (g)	T <sub>R3</sub> (g)	T <sub>R4</sub> (g)
1	19,654	19,773	19,906	20,504
	19,679	19,801	19,911	20,495
2	19,679	19,801	19,911	20,495
	19,679	19,801	19,911	20,495
3	19,688	19,809	19,922	20,503
	19,688	19,809	19,922	20,503
4	19,732	19,811	19,924	20,505
	19,732	19,811	19,924	20,505
5	19,734	19,814	19,929	20,507
	19,734	19,814	19,929	20,507
6	19,786	19,824	19,943	20,517
	19,786	19,824	19,943	20,517

Realizado por: Cando, Viviana, 2021.

#### 3.6.4.2. Cálculos de Permeabilidad de la biopelícula

A partir de la Ecuación 11-2

$$WVTR = \frac{\left(\frac{Q}{t}\right)}{A}$$

$$WVTR = \frac{\left(\frac{(19,786 - 19,654)g}{6h}\right)}{0,0009m^2}$$

$$WVTR = 24,4444 \frac{g/h}{m^2}$$

A partir de la Ecuación 12-2

$$WVP = \frac{WVTR \times e}{S(HR2 - HR1)}$$

$$WVP = \frac{24,4444 \frac{g/h}{m^2} \times 0,0003m}{0,002339S(75 - 0)Mpa}$$

$$WVP = 0,041$$

### 3.6.4.3. Resultado de Permeabilidad de la biopelícula

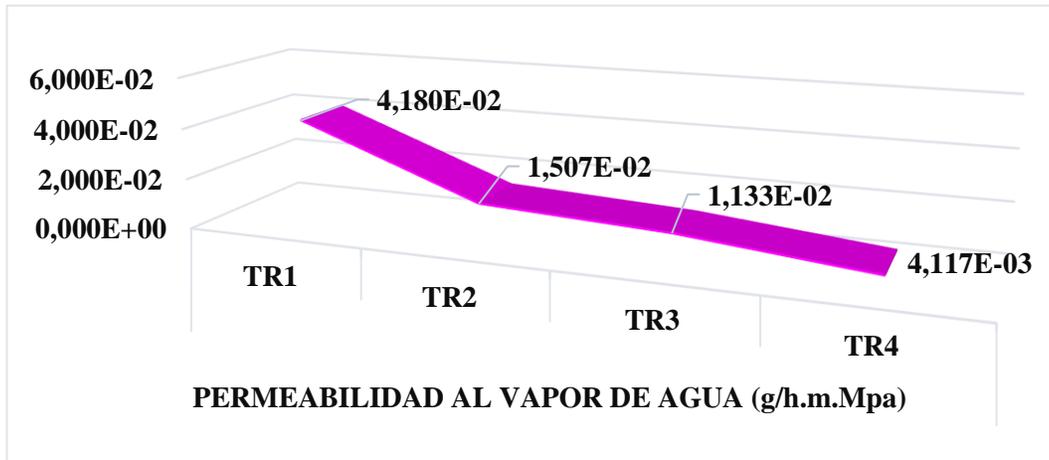
**Tabla 58-3:** Resultado de Permeabilidad

Tratamiento	PERMEABILIDAD AL VAPOR DE AGUA (g/h.m <sup>3</sup> . Mpa)			
	T <sub>R1</sub>	T <sub>R2</sub>	T <sub>R3</sub>	T <sub>R4</sub>
	4,180E-02	1,507E-02	1,133E-02	4,117E-03

Realizado por: Cando, Viviana, 2021.

### 3.6.4.4. Análisis de Permeabilidad de la biopelícula

En este ensayo el bioplástico se sometió a una valoración por seis horas bajo la normativa ASTM 96” Standard Test Methods for Water Vapor Transmission of Materials”, mediante esta norma se obtuvo resultados fiables ya que según Wang et al., (2014,p.3), nos indica rango de 0,00219±0,0010 los resultados de esta investigación están descritos en la Tabla 58-3 los cuales no se encuentran dentro de los rangos del límite de la norma y son valores menores a la permeabilidad obtenida según ya que uno de los factores que afectan la permeabilidad de vapor de agua puede ser uno de los componentes del plástico biodegradable es el plastificante (*glicerina*) ya que si es mayor la concentración presenta un valor de permeabilidad bajo debido a que tiene una mayor inestabilidad molecular (Burga, 2008). Por ende, un plástico biodegradable con una permeabilidad al vapor de agua baja es propicio como por ejemplo ser expuesto como una envoltura.



**Gráfico 12-3:** Permeabilidad al Vapor de Agua

Realizado por: Cando, Viviana, 2021.

### 3.6.5. Análisis de Ensayos de Tracción o Mecánica

#### 3.6.5.1. Datos de Ensayo de Tracción

**Tabla 59-3:** Datos de Ensayo de Tracción

TRATAMIENTO	MUESTRA N°	FUERZA (N) Carga de Tracción	ÁREA cm <sup>2</sup>			Medida Inicial Probeta (m)
			ANCHO (cm)	calibre (cm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	
1	1	4,9	1,5	0,03	0,045	0,035
2	1	6,8	1,5	0,02	0,042	0,035
3	1	9,6	1,5	0,03	0,045	0,035
4	1	7,8	1,5	0,03	0,045	0,035

Realizado por: Cando, Viviana, 2021.

#### 3.6.5.2. Cálculos de Ensayo de Tracción

- Esfuerzo de Tracción

A partir de la Ecuación 14-2

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

$$\sigma = \frac{4,9 N}{0,045 cm^2}$$

$$\sigma = 108,889 \frac{N}{cm^2} * \frac{0,01 Mpa}{\frac{N}{cm^2}} = 1,0889 Mpa$$

A partir de la Ecuación 15-2

$$e = \frac{\text{Deformacion medidor}}{\text{Medida Inicial Probeta}} * 100$$

$$e = \frac{0,0017}{0,035} * 100$$

$$e = 48,6\%$$

### 3.6.5.3. Resultado de Ensayo de Tracción

**Tabla 60-3:** Resultados de Ensayo de Tracción

ELONGACIÓN CON MEDIDOR (m)					
Muestra N°	ESFUERZO DE TENSIÓN (N/ cm <sup>2</sup> )	Medidor Inicial (m)	Medidor Final (m)	Deformación de el Medidor (m)	% Elongación
1	1,0889	0,281	0,298	0,017	48,6
2	1,619	0,269	0,277	0,008	22,86
3	2,133	0,268	0,274	0,006	17,14
4	1,7333	0,274	0,288	0,014	40

Realizado por: Cando, Viviana, 2021.

### 3.6.5.4. Análisis de ensayo de Tracción

Este ensayo se lo realizo en el laboratorio de curtiembres de la ESPOCH para lo cual se elaboró un diseño estilo probeta bajo la norma INEN 2635:012 que tiene como pauta un ancho con un rango de 5 – 25,4 mm de manera que no se cumple con este requisito debido a que el equipo es un prototipo esta norma de las propiedades de tracción de láminas plásticas delgadas que tiene por objetivo verificar la estabilidad del plástico biodegradable en esta investigación de donde se obtuvo resultado de análisis de esfuerzo de tensión (Mpa) así como esta descrito en la Tabla 60-3 de modo que Quagliano, (2014, p.4) en su artículo “*TRACCIÓN EN PELÍCULAS DE POLÍMERO BIODEGRADABLE*” nos cita que el plastificante (glicerina) al variar su concentración se evidencia una deformación en el ensayo realizado se evidencia que el  $T_{R3}$  Tiene un esfuerzo de tensión de 2,13 debido a que vario su espesor debido a que la concentración de plastificante (glicerina) fue alta lo que quiere decir que a mayor cantidad de glicerina tienen un esfuerzo máximo lo cual señala que la eficacia que tiene los plásticos biodegradables.

Por tanto, el porcentaje más alto de elongación tiene el  $T_{R1}$  ya que este tratamiento la concentración del plastificante es menor lo que hace de impedir la cristalización y dureza que posee el almidón y hace que mejore la resistencia de la biopelícula (Narváez, 2016, p.31).

## 3.7. Análisis de Biodegradabilidad de la biopelícula

### 3.7.1. Biodegradabilidad en el Ambiente

#### 3.7.1.1. Datos de Biodegradabilidad al Ambiente

**Tabla 61-3:** Datos de Biodegradabilidad al Ambiente

N°	BIODEGRADACIÓN EN EL AMBIENTE				
	1	7	14	21	28
$T_{R1}$	9	7,499	6,27	3,76	2,628
$T_{R2}$	9	7,628	5,21	3,21	2,95
$T_{R3}$	9	7,428	6,38	4,84	4,35
$T_{R4}$	9	7,822	6,44	4,87	4,71

Realizado por: Cando, Viviana, 2021.

### 3.7.1.2. Cálculos de Biodegradabilidad al Ambiente

A partir de la Ecuación 15-2

$$\%B = \frac{P.i.p - P.f.p}{P.i.p} \times 100$$

$$\%B = \frac{9 - 8.448}{9} \times 100$$

$$B = 6,13\%$$

### 3.7.1.3. Resultados de biodegradabilidad al Ambiente

**Tabla 62-3:** Resultado de Biodegradabilidad al Ambiente

N°	BIODEGRADACIÓN EN EL AMBIENTE			
	Día 7	Día 14	Día 21	Día 28
	%	%	%	%
<b>T<sub>R1</sub></b>	16,7	30,3	58,2	70,8
<b>T<sub>R2</sub></b>	15,2	42,1	64,3	67,2
<b>T<sub>R3</sub></b>	17,5	29,1	46,2	51,7
<b>T<sub>R4</sub></b>	13,1	28,4	45,9	47,7

Realizado por: Cando, Viviana, 2021.

**Tabla 63-3:** Imágenes de Biodegradabilidad en el Ambiente

TRATAMIENTOS				
Día	T <sub>R1</sub>	T <sub>R2</sub>	T <sub>R3</sub>	T <sub>R4</sub>
7				
14				

21				
28				

Realizado por: Cando, Viviana, 2021.

### 3.7.1.4. Análisis de Biodegradabilidad al Ambiente

La degradación de los plásticos biodegradables se basa en la norma ISO 13432 para la biodegradación en el ambiente no tiene un promedio de degradación puntual ya que pueden tardar en descomponerse de 90 a 180 días de acuerdo a (UPM, 2009). En esta investigación se lo realizo por un mes y tomando datos cada 7 días de donde se obtuvo un resultado de degradación por cada tratamiento descrito en la Tabla 62-3 y un porcentaje del 40,3% de todos los tratamientos estudiados en el siguiente grafico se describe la curva del  $T_{R1}$  y  $T_{R2}$ , son similares esto nos quiere decir que su capacidad de descomponerse es semejante mientras que el  $T_{R3}$  y  $T_{R4}$  se diferencian de los demás tratamientos ya sea por factores concernientes al medio en que se encuentra por ejemplo la temperatura, luz.

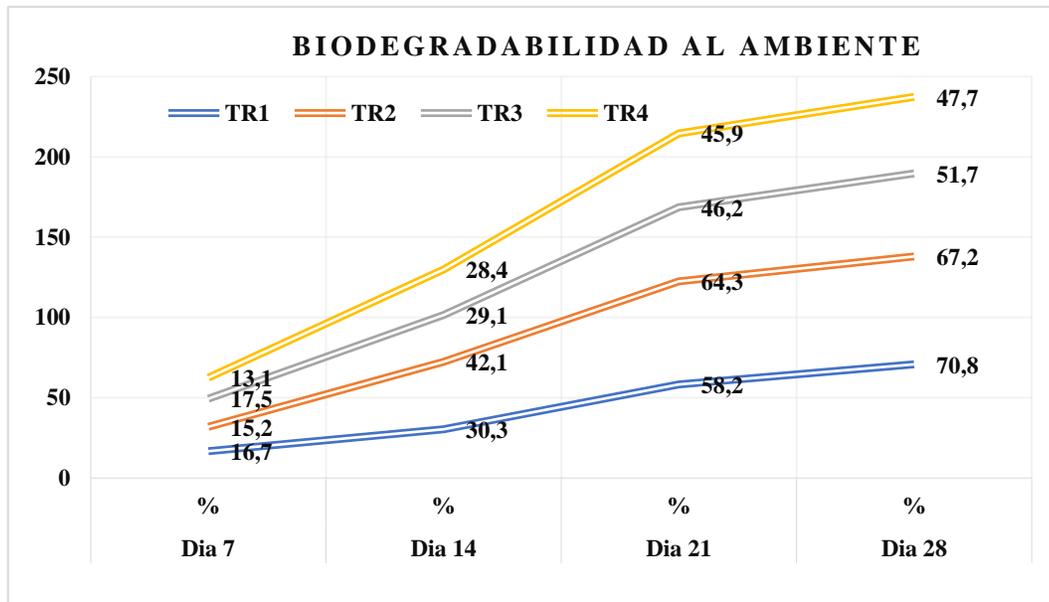


Gráfico 13-3: Biodegradabilidad al Ambiente

Realizado por: Cando, Viviana, 2021.

### 3.7.2. Biodegradabilidad en el Agua

#### 3.7.2.1. Datos de Biodegradabilidad en el Agua

**Tabla 64-3:** Datos de Biodegradabilidad en el Agua

N°	BIODEGRADACIÓN EN EL AGUA				
	0	7	14	21	28
T <sub>R1</sub>	9	8,448	6,35	6,2	4,94
T <sub>R2</sub>	9	7,793	4,639	3,275	0,893
T <sub>R3</sub>	9	8,339	5,089	4,002	3,834
T <sub>R4</sub>	9	8,615	6,416	5,334	2,0156

Realizado por: Cando, Viviana, 2021.

#### 3.7.2.2. Cálculos de Biodegradabilidad en el Agua

A partir de la Ecuación 15-2

$$\%B = \frac{P.i.p - P.f.p}{P.i.p} \times 100$$

$$\%B = \frac{9 - 8,448}{9} \times 100$$

$$B = 6,13 \%$$

3.7.2.3. Resultados de Biodegradabilidad en el Agua

**Tabla 65-3:** Resultado de Biodegradabilidad en el Agua

N°	BIODEGRADACIÓN EN EL AGUA			
	Día 7	Día 14	Día 21	Día 28
	%	%	%	%
T <sub>R1</sub>	6,13	29,44	31,11	45,11
T <sub>R2</sub>	13,41	48,46	63,61	90,08
T <sub>R3</sub>	7,34	43,46	55,53	57,4
T <sub>R4</sub>	4,28	28,71	40,73	77,60

Realizado por: Cando, Viviana, 2021.

**Tabla 66-3:** Imágenes de Biodegradabilidad en el Agua

TRATAMIENTOS				
Día	T <sub>R1</sub>	T <sub>R2</sub>	T <sub>R3</sub>	T <sub>R4</sub>
7				
14				
21				
28				

Realizado por: Cando, Viviana, 2021.

### 3.7.2.4. Análisis de Biodegradabilidad en el Agua

Se realizó el ensayo en el agua para evaluar la cantidad de degradación que tiene en este medio se lo realizo por el mismo tiempo que en el ambiente solo que los resultados son variantes al anterior, así como lo muestra en la Tabla 65-3 el cual tiene un porcentaje promedio estimado de 40,2% de todos los 4 tratamientos, aunque en el Grafico 14-3 se evidencia que el TR<sub>2</sub> y TR<sub>4</sub> tiene un porcentaje de degradación similar lo que permite que la degradación en este medio sea más eficiente

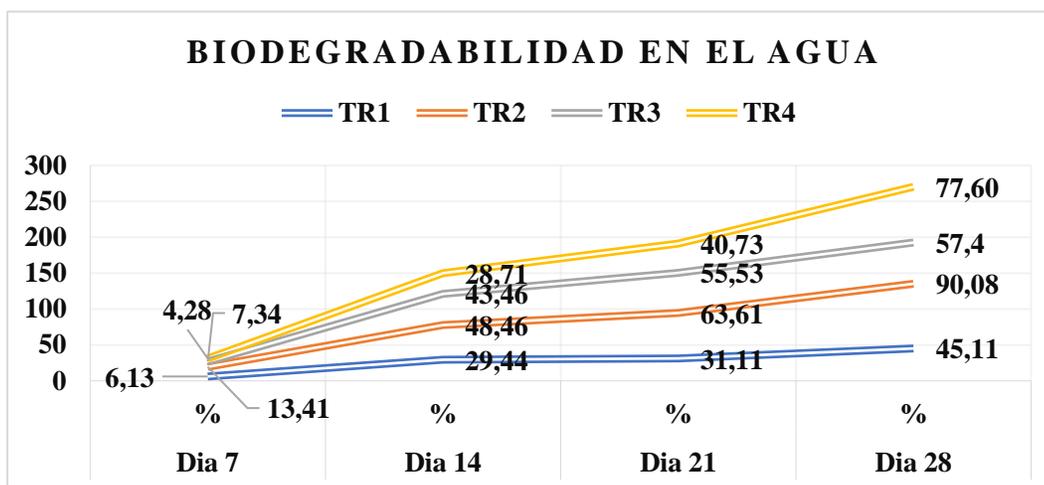


Gráfico 14-3: Biodegradabilidad en el Agua

Realizado por: Cando, Viviana, 2021.

### 3.7.3. Biodegradabilidad en el Suelo

#### 3.7.3.1. Datos de Biodegradabilidad al en el Suelo

Tabla 67-3: Datos de Biodegradabilidad en el Suelo

N°	BIODEGRADACIÓN EN LA TIERRA				
	0	7	14	21	28
T <sub>R1</sub>	9	8,275	7,286	4,8242	1,824
T <sub>R2</sub>	9	7,502	6,451	4,219	1,393
T <sub>R3</sub>	9	7,855	5,759	3,814	2,278
T <sub>R4</sub>	9	7,974	6,784	5,467	3,685

Realizado por: Cando, Viviana, 2021.

### 3.7.3.2. Cálculos de Biodegradabilidad en el Suelo

A partir de la Ecuación 15-2

$$\%B = \frac{P.i.p - P.f.p}{P.i.p} \times 100$$

$$\%B = \frac{9 - 8,275}{9} \times 100$$

$$B = 8,06 \%$$

### 3.7.3.3. Resultados de biodegradabilidad en el Suelo

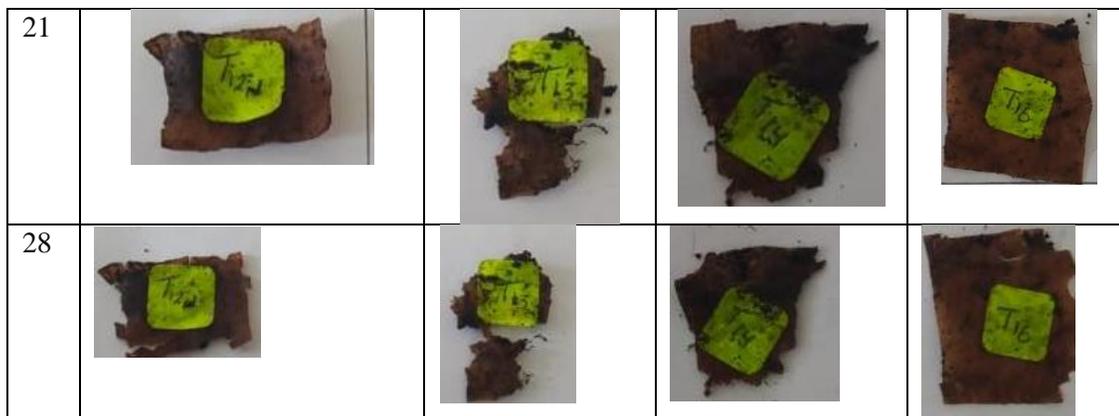
**Tabla 68-3:** Resultado de Biodegradabilidad en el Suelo

N°	BIODEGRADACIÓN EN LA TIERRA			
	<i>Día 7</i>	<i>Día 14</i>	<i>Día 21</i>	<i>Día 28</i>
	%	%	%	%
T <sub>R1</sub>	8,06	19,04	46,4	79,73
T <sub>R2</sub>	16,64	28,32	53,12	84,52
T <sub>R3</sub>	12,72	36,01	57,62	74,69
T <sub>R4</sub>	11,4	24,62	39,26	59,06

Realizado por: Cando, Viviana, 2021.

**Tabla 69-3:** Imágenes de Biodegradabilidad en el Suelo

TRATAMIENTOS				
<i>Día</i>	<i>T<sub>R1</sub></i>	<i>T<sub>R2</sub></i>	<i>T<sub>R3</sub></i>	<i>T<sub>R4</sub></i>
7				
14				



Realizado por: Cando, Viviana, 2021.

### 3.7.3.4. Análisis de Biodegradabilidad en el Suelo

Para este ensayo se usó el compost agrícola el cual resultó muy beneficioso para el tratamiento  $T_{R2}$ ,  $T_{R3}$  y  $T_{R4}$  ya que se degradaron de maneras muy similares teniendo un rendimiento de 74,5%. Por tanto, el porcentaje más alto de elongación tiene el  $T_{R1}$  ya que este tratamiento la concentración del plastificante es menor lo que hace de impedir la cristalización y dureza que posee el almidón y hace que mejore la resistencia de la biopelícula (Narváez, 2016, p.15).

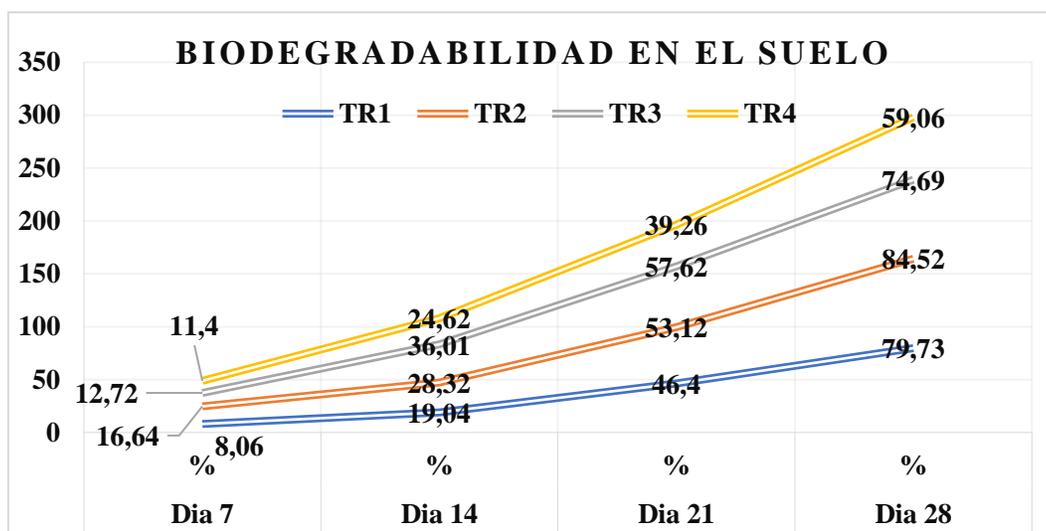


Gráfico 15-3: Biodegradabilidad en el Suelo

Realizado por: Cando, Viviana, 2021.

### **3.8. Prueba de Hipótesis**

#### **3.8.1. *Comprobar las variables adecuadas en la producción de un polímero biodegradable y la determinación de las características óptimas del almidón de cáscara de cacao***

La cáscara de cacao (*Theobroma cacao. L.*) es una materia prima inusual para la producción de almidón a partir de esta, para lo cual se ha tomado en cuenta dos métodos para la extracción del mismo en donde ha hecho de elegirse el más apropiado que es el método húmedo y para esto se tomó variables independientes de tiempo y RPM, lo que ha hecho más factible la obtención del almidón, ya que para mediante análisis químicos se determinó un porcentaje considerable de amilosa del 40,52% lo que permitió continuar y cumplir con el objetivo de la presente investigación. De modo que se realizó un análisis sensorial el cual fue muy característico por su textura, olor y color, seguido de un análisis proximal se determinó la ceniza, fibra y pH y finalmente los análisis microbiológicos determinan que el almidón no contenga coliformes los cuales harían de afectar en la textura y elaboración posterior del plástico degradable. Lo que la hipótesis general hace de cumplirse.

#### **3.8.2. *Determinación de la eficacia utilizando el método húmedo en la extracción del almidón, y la valoración los 4 tratamientos a través del estudio factorial 2<sup>2</sup>, y formulación de la película basándose en la concentración de agua y glicerina, y la aplicación del producto final en la biopelícula obtenida***

Para determinar el uso del método húmedo en la obtención del almidón del residuo de la cáscara de cacao (*Theobroma cacao. L.*) se tomó dos variables que fueron esenciales en la obtención del almidón las cuales ayudaron a fijar valores tanto de tiempo como de RPM teniendo características fijas mencionadas anteriormente se procedió a un adecuado análisis que es fundamental para el siguiente proceso que es la elaboración de la película biodegradable uno de los análisis elementales es la temperatura de gelatinización, viscosidad y humedad las cuales determinan la calidad de la película. En la obtención del almidón se estableció variables de tiempo (60- 120 segundos) y velocidades en RPM (*Alta y Baja*), de lo cual dio como resultado 4 variables diferentes que serían los tratamientos a seguir en la obtención del almidón como resultado se tiene 4 rendimiento diferentes, se tomó como base 250 gramos del elemento primo en 500 mL de agua destilada los valores de rendimiento del almidón se visualizan en la Tabla 29-3 allí se describe la cantidad de almidón obtenido por cada variable el tiempo de secado y rendimiento.

Con los datos obtenidos de la extracción del almidón se procedió a ajustar un diseño factorial  $2^k$  para un análisis de varianza (ANOVA) este análisis nos arroja resultados de estimación de cada tratamiento, para la determinación de la interacción fijada en la Tabla 30-3 el valor interacción en esta investigación es de  $0,00154$  que es menor a  $0,50$  lo que hace que exista una discrepancia significativa por ende se aplicó el análisis o prueba de TUKEY los resultados de este análisis se encuentran en la Tabla 30 -3.

Este ensayo parte de la suma de los cuadrados, grados de libertad, y tamaño de muestra, lo que nos admite establecer el multiplicador el mismo que será la pauta para encontrar dicho valor en la Tabla de TUKEY los cuales arrojaron valores de  $HSD$  de  $2,25$ ,  $MSE$  de  $1,151$  y  $n$  de  $4$ , con esto se obtuvo un promedio por cada tratamiento lo que ayuda a diferenciar las discrepancias significativas entre el promedio de cada tratamiento, estimando de esta manera que en el  $T_{R1}$ , y  $T_{R2}$  si existen diferencias significativas y que en el  $T_{R3}$  y  $T_{R4}$  no existen discrepancias significativas, y con este análisis se determinó el tratamiento más eficaz y de ellos fue el  $T_{R1}$  ya que obtuvo el mayor rendimiento de almidón y su velocidad es menor y esto hace que exista un ahorro de electricidad lo cual hace que sea óptimo porque genera ahorro al momento de su obtención.

### ***3.8.3. Determinación de la evaluación del diseño $2^2$ factorial para la obtención de plástico biodegradable***

Para la elaboración del plástico biodegradable se usó el método factorial  $2^2$  el cual se realizó con 4 repeticiones por cada tratamiento teniendo variables independientes de volumen de agua y cantidad de glicerina el tratamiento eficaz fue el  $T_{R1}$  que tiene las siguientes cantidades; 4 mL g de glicerina y 60 ml de agua destilada, ya que la probabilidad es  $0,00154 < 0,05$  lo que hace que sea el más eficaz

### ***3.8.4. Determinación de la calidad del plástico biodegradable del almidón de cáscara de cacao***

El plástico biodegradable a los 28 días solo el 31% se ha degradado por lo cual este plástico necesita aproximadamente 4 meses lo cual hace que sea relativamente degradable y el objetivo general de esta investigación es la elaboración de un plástico que sea amigable con el ambiente y sobre todo que sea resistente y se pueda usarse en diferentes áreas ya que es una alternativa muy buena, aunque su producción es a pequeña escala. Según Rodrigues, (2018), nos cita que un plástico biodegradable al tener contacto con diversos alimentos tienden a cambiar de color ya sea de rojo a verde o viceversa ya que tiene un tiempo de vida promedio en el ambiente de 2 meses y medio la creación de estos plásticos biodegradables.

### ***3.8.5. Reemplazo de la utilización del plástico sintético convencional por el plástico biodegradable***

Luego de desarrollar la hipótesis general que es la obtención de la película biodegradable la cual se estudió y examino como lo menciona en la hipótesis general ya que en base a investigaciones según Arevalo, (1996, p. 57), nos dice que se han realizado investigaciones sobre este tipo de plásticos se ha manifestado que la degradación de este plástico se basa en la celeridad de la estructura y el medio ambiente. Aunque el estudio de los plásticos biodegradables es muy limitado ya que no existen investigaciones concretas, varios autores concuerdan que el uso de los revestimientos y productos desechables que son ideales para la producción con el plástico biodegradable ya que existe combinaciones de polietileno con almidón el resultado de esto ha tenido una gran acogida en el mercado. Uno de los mercados que se ha explotado según Ledesma,( 2020, p.57), es el envasado de alimentos ya que para este tipo de productos se han realizado múltiples investigaciones las cuales han sido combinaciones de residuos naturales así como lo destaca Papadopoulou et al., (2019, p.8), en su artículo “Envasado de alimentos activos sostenibles a partir de poli (ácido láctico) y cáscaras de cacao” ya que explica la caracterización de su elaboración y su posterior aplicación como material de envasado.

## CONCLUSIONES

- Se elaboraron cuatro formulaciones de la biopelícula a partir del almidón de la cáscara de cacao (*Teobroma cacao.L.*), empleando el método factorial  $2^2$ , con dos variables independientes para cada tratamiento así mismo como dos constantes, de lo cual se optó por el FR1 que tiene una composición pequeña lo que dinamiza los recursos y obtiene un rendimiento con un mínimo de concentración de plastificante (*glicerina*) también su proceso de degradación en los tres ambientes ensayados fue satisfactorios con un porcentaje de ambiente alto, agua medio y suelo alto en resumen, los aditivos son sustancias elementales que ayudan a la flexibilidad de la biopelícula.
- Se valuó el porcentaje de rendimiento del almidón de la cáscara de cacao (*Teobroma cacao.L.*) extraído a partir del método de vía húmeda con un resultando un valor promedio el cual es considerado como aceptable; dicho porcentaje corresponde al mejor tratamiento bajo las condiciones de un volumen y peso. No obstante, un ensayo importante es de Lugol –Yodo ya que demuestra almidón existente.
- Se obtuvo biopelículas con características óptimas diseñadas bajo el método factorial  $2k$  de 4 tratamientos con cuádruple de repeticiones respectivamente, donde se varía la cantidad de Glicerina (alto y bajo) mL y agua así manteniendo constante el almidón de cáscara de cacao en gramos, ácido acético mL, también influyó en la elaboración la amilosa que tiene un porcentaje existente alto en el almidón.
- Dentro del análisis obtenido al almidón de la cáscara de cacao (*Teobroma cacao.L.*), se adquirieron valores óptimos de humedad, ceniza, solubilidad, temperatura de gelatinización, pH, los cuales fueron determinantes para la elaboración y obtención de una biopelícula.

## **RECOMENDACIONES**

- Para la extracción de almidón de la cáscara de cacao se recomienda utilizar la formulación y las variables consideradas en el primero tratamiento; el cual se adapta al requerimiento para la elaboración del bioplástico en la presente investigación y otras relacionadas.
- Durante el proceso de extracción de almidón de la cáscara de cacao se recomienda tomar en cuenta las variables de operación del proceso para mantener un adecuado control en el pretratamiento de la materia prima ya que es muy importante para obtener un mejor rendimiento del almidón; además de controlar la temperatura de secado ya que no deberá superar los 60 ° C.
- Se recomienda tener un registro de la caracterización fisicoquímica del bioplástico para evaluar los distintos parámetros que deben ser considerados bajo la norma para obtener un producto resistente.
- Se recomienda tener un centro de acopio en el caso de implementar un proceso a mayor escala con el fin de obtener mayor rentabilidad al momento de invertir.

## BIBLIOGRAFÍA

**ALARCON, I., 2020.** ¿Las fundas desechables son el plástico que más se usa en Ecuador? *EL COMERCIO* [en línea]. QUITO, 6 noviembre 2020. Disponible en: <https://www.elcomercio.com/tendencias/ambiente/fundas-desechables-plastico-ecuador-ambiente.html>.

**ALIMENTARIOS, G.D.P., 2011.** Películas biodegradables y comestibles desarrolladas en base a aislado de proteínas de suero lácteo : estudio de dos métodos de elaboración y del uso de sorbato de potasio como conservador. *Innotec*, vol. 0, no. 4, pp. 33-36. ISSN 1688-3691.

**ANDRADY, A.L. y NEAL, M.A., 2009.** Applications and societal benefits of plastics. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* [en línea], vol. 364, no. 1526, pp. 1977-1984. [Consulta: 10 diciembre 2020]. ISSN 0962-8436. DOI 10.1098/rstb.2008.0304. Disponible en: <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rstb.2008.0304>.

**APTA VITAL SPORT.** [en línea], 2017. [Consulta: 4 diciembre 2020]. Disponible en: <https://aptavs.com/articulos/que-es-la-amilopectina-amilosa-y-como-tomarla>.

**AREATECNOLOGIA.** [en línea], 2020. [Consulta: 20 enero 2021]. Disponible en: <https://www.areatecnologia.com/materiales/ensayo-de-traccion.html>.

**AREVALO, K., 1996.** *Elaboración de plásticos biodegradables a partir de polisacáridos y su estudio de biodegradación a nivel de laboratorio y campo* [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: <http://eprints.uanl.mx/4767/1/1080073271.PDF%0Ahttp://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2016/Q60-M49-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y%0Ahttp://gacetaii.iingen.unam.mx/>.

**ARISTIZÁBAL, J. y SÁNCHEZ, T., 2007.** *Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca* [en línea]. 2007. Roma: FAO. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a1028s/a1028s.pdf>.

**ARPIDE, J., 2016.** EL CACAO FORASTERO. [en línea]. [Consulta: 3 diciembre 2020]. Disponible en: <https://diariodepasteleria.wordpress.com/2016/09/09/el-cacao-forastero/>.

**AYESTAS, E., 2009.** *Caracterización morfológica de cien árboles promisorios de Theobroma cacao L. en Waslala, RAAN, Nicaragua* [en línea]. S.l.: UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA. Disponible en: [https://www.worldcocoafoundation.org/wp-content/uploads/files\\_mf/ayestasvillega2009.pdf](https://www.worldcocoafoundation.org/wp-content/uploads/files_mf/ayestasvillega2009.pdf).

**BRITO, H., BASANTES, A.R. y HUACHO, I., 2020.** Síntesis de un polímero biodegradable a base de la yuca ( manihot esculenta crantz ). *ResearchGate* [en línea], vol. 7, no. February, pp. 228. DOI 10.23857/dc.v7i1.1701. Disponible en: 349214716 Síntesis de un polimero biodegradable a base de la yuca manihot esculenta crantz Síntesis de un polimero biodegradable a base de la yuca Manihot Esculenta Crantz Synthesis of a biodegradable polymer.

**BRITO, H., CHUIZA, M. y HARO, C., 2021.** Proceso óptimas para la producción del almidón de papa china ( Colocasia Identificación de las variables de proceso óptimas para la producción del almidón de papa china ( Colocasia esculenta ) Identification of the optimal process variables for the produc. , no. January. DOI 10.23857/dc.v7i1.1680.

**BRITO, H., CHUIZA, M. y RODRÍGUEZ, A., 2020.** Producción de láminas de plástico biodegradables a partir del almidón de arracacia xanthorrhiza. *Dominio de las Ciencias* [en línea], vol. 6, no. 2, pp. 981-994. ISSN 2477-8818. DOI 10.23857/dc.v6i3.1261. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Hannibal-Brito-2/publication/343005745\\_Produccion\\_de\\_laminas\\_de\\_plastico\\_biodegradables\\_a\\_partir\\_del\\_almidon\\_de\\_arracacia\\_xanthorrhiza/links/5f1116f592851c1eff183141/Produccion-de-laminas-de-plastico-biodegradables-a-p](https://www.researchgate.net/profile/Hannibal-Brito-2/publication/343005745_Produccion_de_laminas_de_plastico_biodegradables_a_partir_del_almidon_de_arracacia_xanthorrhiza/links/5f1116f592851c1eff183141/Produccion-de-laminas-de-plastico-biodegradables-a-p).

**BRITO, H., CHUIZA, M., RODRÍGUEZ, A., HARO, C., BASANTES, A., HUACHO, I., ROBALINO, M., LESCANO, G. y FLORES, L., 2019.** Síntesis de un polímero biodegradable a base de la yuca ( manihot esculenta crantz ). *Dominio de las Ciencias* [en línea], vol. 7, no. January 2020, pp. 202-209. ISSN 2477-8818. DOI 10.23857/dc.v7i1.1701. Disponible en: <http://revistas.esPOCH.edu.ec/index.php/cssn/article/view/292/257>.

**BRITO, H., HUACHO, I. y RODRÍGUEZ, A., 2021.** Extracción de almidón del arroz de cebada por procesos físicos de separación. *Revista Alfa*, vol. 5, no. 14, pp. 319-330. DOI 10.33996/revistaalfa.v5i14.120.

- BURGA, R., 2008.** Influencia de las características físicas y químicas del suelo sobre la estructura y composición florística en diferentes fisonómicas en el sector cabalococha-palo seco-buen suceso, loreto-Perú. .
- CABUYA, C., 2018.** Clasificación Taxonómica Del CACAO. [en línea]. [Consulta: 3 diciembre 2020]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/381790846/Clasificacion-Taxonomica-Del-CACAO>.
- CARDENAS, M., 2018.** “Extracción de almidón a partir de residuos de banano (*Musa paradisiaca*) para la elaboración de un biopolímero”. S.l.: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA.
- CEDEÑO, M. y GALARZA, A., 2013.** “Efecto del tipo de variedad de arroz ecuatoriano en las características de hidratación de la harina y del gel.” S.l.: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL.
- CONTRERAS, H., 2020.** Clasificación de los plásticos. [en línea]. [Consulta: 15 diciembre 2020]. Disponible en: <https://blog.oxfamintermon.org/clasificacion-de-los-plasticos-cuanto-se-recupera/>.
- CORREA, D., CASTAÑO, M. y MONTOYA, J., 2017.** Influencia del método de extracción en las propiedades funcionales de almidón de plátano dominico hartón (*musa paradisiaca* l.). *UGCiencia* [en línea], vol. 23, pp. 97-100. ISSN 2346-0814. DOI <http://10.18634/ugcj.23v.0i.792>. Disponible en: <https://revistas.ugca.edu.co/index.php/ugciencia/article/view/792>.
- EDSON, B. y CIRILO, G., 2015.** *Reconocimiento de carbohidratos*. 2015. S.l.: s.n. ISBN 9788578110796.
- ESCOBAR, D., SALA, A. y SILVERA, C., 2009.** Películas biodegradables y comestibles desarrolladas en base a aislado de proteínas de suero lácteo : estudio de dos métodos de elaboración y del uso de sorbato de potasio como conservador. *REVISTA DEL LABORATORIO TECNOLÓGICO DEL URUGUAY*, no. 4, pp. 33-36.

**EUROPEAN, B., 2020.** *Bioplastics* [en línea]. Disponible en: <https://www.european-bioplastics.org/bioplastics/>.

**FAO, 2015.** *Análisis físicoquímico del almidón*. 2015. S.l.: s.n.

**FAO, 2020.** Fao en Ecuador. *FAO en Ecuador*.

**FONSECA, E., 2020.** “*BIOPELÍCULAS A PARTIR DE HARINA Zea mays L. ACTIVADO CON ACEITE DE Rosmarinus Officinali Y Eucalyptus Globulus MEDIANTE TÉCNICA CASTING*”. S.l.: UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD.

**GARDINI, E., 2004.** Cacao: manejo integrado del cultivo y transferencia de tecnología en la amazonía peruana. En: INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES (ed.), *ICT*. Perú: Impresiones del castillo, pp. 99-101.

**GONTARD, N., DUCHEZ, C., CUQ, J. y GUILBERT, S., 1994.** Edible composite films of wheat gluten and lipids: water vapour permeability and other physical properties. *International Journal of Food Science and Technology* [en línea], vol. 29, pp. 39-50. DOI <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1994.tb02045.x>. Disponible en: <https://ifst.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2621.1994.tb02045.x>.

**GUÍZAR, A., MONTAÑÉZ, J. y GARCÍA, I., 2008.** Parcial caracterización de nuevos almidones obtenidos del tubérculo de camote del cerro (*Dioscorea* spp). *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha* [en línea], vol. 9, no. 1, pp. 81-88. ISSN 1665-0204. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/813/81311226011.pdf>.

**HERNANDEZ, L., 2013.** *SANIDAD Y LEGISLACIÓN ALIMENTARIA*. 2013. SOGAMOSO: s.n.

**HERRERA, J., VILLA, L., OLAYA, A. y GARCÍA, L., 2020.** Extracción de almidón de cáscara de cacao *Theobroma cacao* L. como alternativa de bioprospección. *Revista ION*, vol. 33, no. 2, pp. 25-34. DOI [10.18273/revion.v33n2-2020002](https://doi.org/10.18273/revion.v33n2-2020002).

**HISTATS, 2014.** Plastificantes. [en línea]. [Consulta: 4 diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.mexpolimeros.com/plastificante.html>.

**INECC, 2012.** Diagnóstico básico para la gestión integral de los residuos. *Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático* [en línea], pp. 51. Disponible en: [http://www.inecc.gob.mx/descargas/dgcenica/diagnostico\\_basico\\_extenso\\_2012.pdf](http://www.inecc.gob.mx/descargas/dgcenica/diagnostico_basico_extenso_2012.pdf).

**INEN, 2006.** *Instituto Ecuatoriano de Normalización*. 2006. S.l.: s.n.

**KNOBLAUCH, D., MEDERAKE, L. y STEIN, U., 2018.** Developing Countries in the Lead—What Drives the Diffusion of Plastic Bag Policies? *Sustainability* [en línea], vol. 10, no. 6, pp. 1994. ISSN 2071-1050. DOI 10.3390/su10061994. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2071-1050/10/6/1994>.

**LAFUENTE, G., 2017.** “ Glicerol : Síntesis Y Aplicaciones ”. *Universidad Nacional De Educación a Distancia Má*, pp. 18.

**LEDESMA, M., 2020.** *Sustitución del plástico por materiales vegetales. el caso de las vajillas desechables*. S.l.: s.n.

**MORALES, D., 2018.** *Análisis de riesgos y oportunidades para potencializar la producción de biopolímeros basados en residuos orgánicos relacionados con la producción de papa en Colombia* [en línea]. S.l.: Pontificia Universidad Javeriana. Disponible en: <https://bit.ly/3fwj3Qa>.

**MORAN, S., 2020.** El plástico que botamos en Ecuador. *PLAN V*. Quito, noviembre 2020. pp. 3.

**MURILLO, S., PONCE, F. y HUAMÁN, M., 2020.** Physicochemical characteristics, bioactive compounds and minerals content in cocoa fruit (*Theobroma cacao* L.) shell flour. *Manglar* [en línea], vol. 17, no. 1, pp. 67-73. ISSN 24141046. DOI 10.17268/manglar.2020.011. Disponible en: <https://erp.untumbes.edu.pe/revistas/index.php/manglar/article/view/148>.

**NARVÁEZ, M., 2016.** *Optimización de las propiedades mecánicas de bioplásticos sintetizados a partir de almidón* [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/6299/1/129278.pdf>.

**NIELSEN, T.D., HOLMBERG, K. y STRIPPLE, J., 2019.** A review of public policies on plastic carrier bags – Where, how and to what effect? *Waste Management* [en línea], vol. 87, pp. 428-440. ISSN 0956053X. DOI 10.1016/j.wasman.2019.02.025. Disponible en: <https://bit.ly/3xzhfj>.

**NTE INEN-ISO 3593, 2014.** *ALMIDONES Y FÉCULAS. DETERMINACIÓN DE CENIZAS.* 2014. Quito: INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN.

**NTE INEN 1456, 2012.** *Reactivos Para Análisis . Almidón Soluble* [en línea]. 2012. QUITO: s.n. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1456.pdf>.

**NTE INEN 2643, 2012.** NORMA TÉCNICA ECUATORIANA ESPECIFICACIÓN PARA PLÁSTICOS COMPOSTABLES. . S.l.:

**OLIVA, G. y GARCIA, L., 2012.** *Plásticos Biodegradables.* 2012. España: Universidad de Zaragoza.

**OMAÑA, D., 2009.** MORFOLOGÍA Y TAXONOMÍA. [en línea]. [Consulta: 2 diciembre 2020]. Disponible en: <http://purocacaounesur.blogspot.com/2009/04/morfologia-y-taxonomia.html>.

**PAPADOPOULOU, E., UTTAM, T., SUARATO, G., CESERACCIU, L., MARRAS, S., D'ARCY, R. y ATHANASSIOU, A., 2019.** Sustainable Active Food Packaging from Poly(lactic acid) and Cocoa Bean Shells. *ACS Applied Materials and Interfaces*, vol. 11, no. 34, pp. 31317-31327. ISSN 19448252. DOI 10.1021/acsami.9b09755.

**PEELMAN, N., RAGAERT, P., DE MEULENAER, B., ADONS, D., PEETERS, R., CARDON, L., VAN IMPE, F. y DEVLIEGHERE, F., 2013.** Application of bioplastics for food packaging. *Trends in Food Science & Technology* [en línea], vol. 32, no. 2, pp. 128-141. ISSN 0924-2244. DOI <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2013.06.003>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224413001167>.

**PESANTEZ, K., 2020.** Pandemia del plástico. *MAS AZUL PLANETA* [en línea]. [Consulta: 2 diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.masazulplaneta.com.ar/2020/07/01/la-pandemia-del-plastico/>.

**PINTO, H., 2012.** *Extracción, caracterización y aplicación de almidón de ñame variedad blanco* (. S.l.: Universidad Nacional de Colombia.

**QUAGLIANO, J., 2014.** Tracción en películas de polímero biodegradable. *Researchgate.net*, no. September, pp. 1107-1112.

**QUÍMICA, 2011.** AMILOSA. [en línea]. [Consulta: 4 diciembre 2020]. Disponible en: <https://todoesquimica.blogia.com/2011/103005-amilosa.php>.

**RAFFINO, M., 2020.** Plástico. *Concepto.de* [en línea]. Disponible en: <https://concepto.de/plastico>.

**REDACCIÓN, 2019.** AGUA DESTILADA. [en línea]. [Consulta: 5 diciembre 2020]. Disponible en: <https://conceptodefinicion.de/agua-destilada/>.

**RODRIGUES, M., 2018.** Crean bioplástico que indica la calidad de los alimentos. *Acercar la ciencia al desarrollo mediante noticias y análisis* [en línea], Disponible en: <https://www.scidev.net/america-latina/news/crean-bioplastico-que-indica-la-calidad-de-los-alimentos/>.

**SARAMAGO, J., 2018.** *LOS PLÁSTICOS* [en línea]. 2018. Madrid: s.n. Disponible en: [http://www.educa.madrid.org/web/ies.josesaramago.arganda/Departamento/web\\_tecnologia/ ficheros/tec\\_industrial/t11\\_plasticos.pdf](http://www.educa.madrid.org/web/ies.josesaramago.arganda/Departamento/web_tecnologia/ ficheros/tec_industrial/t11_plasticos.pdf).

**SOTHORNVIT, R., OLSEN, C.W., MCHUGH, T.H. y KROCHTA, J.M., 2003.** Formation conditions, water-vapor permeability, and solubility of compression-molded whey protein films. *Journal of food science*, vol. 68, no. 6, pp. 1985-1999.

**STORPIRTIS, S., 2006.** Carbohidratos en alimentos regionales iberoamericanos. *Revista Brasileira De Ciencias Farmaceuticas - RBCF*, vol. 42. DOI 10.1590/S1516-93322006000400018.

**TRUJILLO, C., 2014.** " *OBTENCIÓN DE PELÍCULAS BIODEGRADABLES A PARTIR DE ALMIDÓN DE YUCA ( Manihot esculenta Crantz ) DOBLEMENTE MODIFICADO PARA USO EN EMPA.* S.l.: UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE DIOS.

**UNAM, 2017.** Temperatura de Gelatinizacion. . Mexico:

**UPM, 2009.** Proyecto de Análisis de Bioplásticos. *ECOEMBES* [en línea], pp. 1-23. Disponible en:  
[https://www.ecoembes.com/sites/default/files/archivos\\_estudios\\_idi/proyecto\\_bioplasticos\\_-\\_resumen\\_ejecutivo.pdf](https://www.ecoembes.com/sites/default/files/archivos_estudios_idi/proyecto_bioplasticos_-_resumen_ejecutivo.pdf).

**WANG, S., TANG, Y., LI, K., MO, Y., LI, H. y GU, Z., 2014.** Combined performance of biochar sorption and magnetic separation processes for treatment of chromium-contained electroplating wastewater. *Bioresource Technology* [en línea], vol. 174, pp. 67-73. ISSN 09608524. DOI 10.1016/j.biortech.2014.10.007. Disponible en:  
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0960852414014199>.

**YACELGA, G., 2018.** Obtención de base de celulosa a partir del bambú para utilizarla como materia prima en la fabricación de fibra textil. *Universidad Técnica Del Norte* [en línea], vol. I, pp. 7. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/8258>.

LEONARDO FABIO  
MEDINA NUSTE

 Firmado digitalmente por  
LEONARDO FABIO MEDINA NUSTE  
Fecha: 2021.12.15 17:59:27 -05'00'

**ANEXOS**

**ANEXO A: RECEPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA**

a.



b.



c.



<p><b>NOTAS</b></p>	<p><b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</b></p>	<p><b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</b></p>	<p><b>“OBTENCIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A PARTIR DE ALMIDÓN DE LA CÁSCARA DE CACAO (<i>Teobroma cacao.L.</i>) EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE”</b></p>		
<p>a. Materia prima cáscara de cacao b. Lavado c. Triturado</p>	<p>○ Aprobado ○ Certificado ○ Por aprobar ○ Por calificar ○ Por verificar</p>	<p><b>Elaborado por:</b>  Viviana Marisela Cando Sinaluisa</p>	<p><b>LÁMINA</b></p>	<p><b>ESCALA</b></p>	<p><b>FECHA</b></p>
			<p><b>1</b></p>	<p><b>1:10</b></p>	<p>2021/09/08</p>

**ANEXO B: PROCESO EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN**

d.



e.



f.



<b>NOTAS</b>	<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</b>	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</b>	<b>“OBTENCIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A PARTIR DE ALMIDÓN DE LA CÁSCARA DE CACAO (<i>Teobroma cacao.L.</i>) EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE”</b>		
d. Sedimentado del almidón en agua	<input type="radio"/> Aprobado <input type="radio"/> Certificado <input type="radio"/> Por aprobar <input type="radio"/> Por calificar <input type="radio"/> Por verificar	<b>Elaborado por:</b>  Viviana Marisela Cando Sinaluisa	<b>LÁMINA</b>	<b>ESCALA</b>	<b>FECHA</b>
e. Secado del almidón			<b>2</b>	<b>1:10</b>	2021/09/08
f. Secado método seco					

**ANEXO C: CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN OBTENIDO**

g



h



i



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA  Elaborado por:  Viviana Marisela Cando Sinaluisa	“OBTENCIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A PARTIR DE ALMIDÓN DE LA CÁSCARA DE CACAO ( <i>Teobroma cacao.L.</i> ) EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE”		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
g. Determinación de pH del almidón. h. Determinación de ceniza del almidón i. Determinación de la temperatura de gelatinización.	<input type="radio"/> Aprobado <input type="radio"/> Certificado <input type="radio"/> Por aprobar <input type="radio"/> Por calificar <input type="radio"/> Por verificar		3	1:10	2021/09/08

**ANEXO D: CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN OBTENIDO**

j



k



l



<b>NOTAS</b>	<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</b>	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</b>	<b>“OBTENCIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A PARTIR DE ALMIDÓN DE LA CÁSCARA DE CACAO (<i>Teobroma cacao.L.</i>) EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE”</b>		
j. Densidad del almidón k. Solubilidad del almidón l. Humedad del almidón	<input type="radio"/> Aprobado <input type="radio"/> Certificado <input type="radio"/> Por aprobar <input type="radio"/> Por calificar <input type="radio"/> Por verificar	Elaborado por: Viviana Marisela Cando Sinaluisa	<b>LÁMINA</b>	<b>ESCALA</b>	<b>FECHA</b>
			<b>4</b>	<b>1:10</b>	2021/09/08

**ANEXO E: FORMULACIÓN DE LA BIOPELÍCULA**

m



n



o



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	<p align="center"> <b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</b> </p> <p align="center"> <b>Elaborado por:</b>                       Viviana Marisela Cando Sinaluisa                 </p>	<p align="center"> <b>“OBTENCIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A PARTIR DE ALMIDÓN DE LA CÁSCARA DE CACAO (<i>Teobroma cacao.L.</i>) EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE”</b> </p>		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
m. Formulación de biopelícula n. Biopelícula en molde grande. o. Desmoldado de las biopelículas de las cajas Petri	<input type="radio"/> Aprobado <input type="radio"/> Certificado <input type="radio"/> Por aprobar <input type="radio"/> Por calificar <input type="radio"/> Por verificar		5	1:10	2021/09/08

**ANEXO F: CARACTERIZACIÓN DE LA BIOPELÍCULA**

p



q



r



<b>NOTAS</b>	<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</b>	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</b>	<b>“OBTENCIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A PARTIR DE ALMIDÓN DE LA CÁSCARA DE CACAO (<i>Teobroma cacao.L.</i>) EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE”</b>		
p. Análisis de solubilidad de la biopelícula. q. Análisis de permeabilidad de la biopelícula. r. Ensayo de tracción de la biopelícula.	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Aprobado</li> <li>○ Certificado</li> <li>○ Por aprobar</li> <li>○ Por calificar</li> <li>○ Por verificar</li> </ul>	<b>Elaborado por:</b>  Viviana Marisela Cando Sinaluisa	<b>LÁMINA</b>	<b>ESCALA</b>	<b>FECHA</b>
			<b>6</b>	<b>1:10</b>	2021/09/08

**ANEXO G: BIODEGRADABILIDAD DE LA BIOPELÍCULA**

s



t



u



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA  Elaborado por: Viviana Marisela Cando Sinaluisa	“OBTENCIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A PARTIR DE ALMIDÓN DE LA CÁSCARA DE CACAO ( <i>Teobroma cacao.L.</i> ) EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE”		
s. Biodegradación en el ambiente t. Biodegradación en el Agua u. Biodegradación en el Suelo	<input type="radio"/> Aprobado <input type="radio"/> Certificado <input type="radio"/> Por aprobar <input type="radio"/> Por calificar <input type="radio"/> Por verificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			7	1:10	2021/09/08

## ANEXO H: ANÁLISIS DE AMILOSA DEL ALMIDÓN

MC-LSAIA-2201-05



**INIAP**

**INSTITUTO NACIONAL AUTONOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS**  
**ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA**  
**DEPARTAMENTO DE NUTRICION Y CALIDAD**  
**LABORATORIO DE SERVICIO DE ANALISIS E INVESTIGACION EN ALIMENTOS**  
Panamericana Sur Km. 1. CutuglaguaTifs. 2690691-3007134. Fax 3007134  
Casilla postal 17-01-340



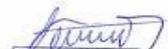
V

<b>NOMBRE PETICIONARIO:</b>	Srta. Viviana Cando	<b>INFORME DE ENSAYO No:</b>	21-064
<b>DIRECCIÓN:</b>	Riobamba	<b>INSTITUCIÓN:</b>	Particular
<b>FECHA DE EMISIÓN:</b>	12 de marzo de 2021	<b>ATENCIÓN:</b>	Srta. Viviana Cando
<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b>	Del 2 al 12 de marzo de 2021	<b>FECHA DE RECEPCIÓN:</b>	02/03/2021
		<b>HORA DE RECEPCIÓN:</b>	08H25
		<b>ANÁLISIS SOLICITADO</b>	Amilosa

ANÁLISIS	HUMEDAD	AMILOSA <sup>12</sup>				IDENTIFICACIÓN
<b>METODO</b>	MO-LSAIA-01.01	MO-LSAIA-04				
<b>METODO REF.</b>	U. FLORIDA 1970					
<b>UNIDAD</b>	%	%				
21-0355	10,84	40,52				Almidón de cáscara de cacao

Los ensayos marcados con Ω se reportan en base seca.  
 OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente

**RESPONSABLES DEL INFORME**

  
**Dr. Iván Samapiégo**  
 RESPONSABLE TÉCNICO



  
**Ing. Bladimir Ortiz**  
 RESPONSABLE CALIDAD

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.  
 Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo.  
 NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información. De igual manera, la información entregada por el cliente y generada durante las actividades del laboratorio es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por éste.

<b>NOTAS</b>	<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</b>	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</b>  Elaborado por: Viviana Marisela Cando Sinaluisa	<b>“OBTENCIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A PARTIR DE ALMIDÓN DE LA CÁSCARA DE CACAO (<i>Teobroma cacao.L.</i>) EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE”</b>		
v. Análisis de amilosa	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Aprobado</li> <li>○ Certificado</li> <li>○ Por aprobar</li> <li>○ Por calificar</li> <li>○ Por verificar</li> </ul>		<b>LÁMINA</b>	<b>ESCALA</b>	<b>FECHA</b>
			<b>8</b>	<b>1:10</b>	<b>2021/09/08</b>

## ANEXO I: ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DEL ALMIDÓN

w



**SAQMIC**  
Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos  
en Aguas y Alimentos

**EXAMEN BROMATOLÓGICO DE ALIMENTOS**

**CÓDIGO: 149-21**

**CLIENTE:** Viviana Cando  
**TIPO DE MUESTRA:** Almidón de cáscara de cacao  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 03 de marzo del 2021  
**FECHA DE MUESTREO:** 03 de marzo del 2021

**EXAMEN FISICO**  
**COLOR:** Característico  
**OLOR:** Característico  
**ASPECTO:** Normal, libre de material extraño

DETERMINACIONES	UNIDADES	MÉTODO DE ANÁLISIS	RESULTADO
Coliformes totales	UFC / g	Siembra en masa	Ausencia
Escherichia Coli	UFC / g	Siembra en masa	Ausencia
Mohos y levaduras	UFC / g	Siembra en masa	Ausencia
Proteína	%	-	0.51
Fibra	%	-	0.47

**RESPONSABLE:**

  
Dra. Gina Álvarez R.

<b>NOTAS</b>	<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</b>	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</b>	<b>“OBTENCIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A PARTIR DE ALMIDÓN DE LA CÁSCARA DE CACAO (<i>Teobroma cacao.L.</i>) EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE”</b>		
w. Análisis bromatológicos del almidón	<input type="radio"/> Aprobado <input type="radio"/> Certificado <input type="radio"/> Por aprobar <input type="radio"/> Por calificar <input type="radio"/> Por verificar	Elaborado por: Viviana Marisela Cando Sinaluisa	<b>LÁMINA</b>	<b>ESCALA</b>	<b>FECHA</b>
			9	1:10	2021/09/08

**ANEXO J: ENSAYO DE TRACCIÓN, TR1**

X

<b>INFORME DE RESULTADOS</b>	
ENSAYO DE TRACCIÓN	Nº1
REALIZADO POR	Viviana Marisela Cando Sinaluisa
PROYECTO DE TESIS	<b>“OBTENCIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A PARTIR DE ALMIDÓN DE LA CÁSCARA DE CACAO (<i>Teobroma cacao.L.</i>) EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE”</b>
MATERIAL	PLASTICO
TRATAMIENTO	1
REPETICIÓN	1
FECHA DE FABRICACIÓN	2021-03-08
CARACTERÍSTICAS DE COLOR	Opaco
ESPESOR (mm)	0,3
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm <sup>2</sup> )	4.5
MODULO DE ELASTICIDAD (MPa)	3.39E+01
CARGA DE FLUENCIA (N)	15,6
ESFUERZO DE FLUENCIA (MPa)	3,47
CARGA MÁXIMA (N)	16,2
ESFUERZO MÁXIMO(MPa)	3,60
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN %	24,33

Aprobado por

JULIO CESAR  
LLERENA  
ZAMBRANO

Firmado digitalmente por  
JULIO CESAR LLERENA  
ZAMBRANO  
Fecha: 2021.09.15 12:33:18  
-05'00'

Ing. Julio Llerena

**TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES**

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	“OBTENCIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A PARTIR DE ALMIDÓN DE LA CÁSCARA DE CACAO ( <i>Teobroma cacao.L.</i> ) EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE”		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
x. Ensayo de tracción TR1	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Aprobado</li> <li>○ Certificado</li> <li>○ Por aprobar</li> <li>○ Por calificar</li> <li>○ Por verificar</li> </ul>	Elaborado por: Viviana Marisela Cando Sinaluisa	<b>10</b>	<b>1:10</b>	2021/09/08

**ANEXO K: ENSAYO DE TRACCIÓN TR<sub>2</sub>**

y

<b>INFORME DE RESULTADOS</b>	
ENSAYO DE TRACCIÓN	Nº2
REALIZADO POR	Viviana Marisela Cando Sinaluisa
PROYECTO DE TESIS	<b>“OBTENCIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A PARTIR DE ALMIDÓN DE LA CÁSCARA DE CACAO (<i>Teobroma cacao.L.</i>) EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE”</b>
MATERIAL	PLASTICO
TRATAMIENTO	2
REPETICIÓN	1
FECHA DE FABRICACIÓN	2021-03-08
CARACTERÍSTICAS DE COLOR	Opaco
ESPESOR (mm)	0,28
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm <sup>2</sup> )	4,2
MODULO DE ELASTICIDAD (MPa)	4,83E+01
CARGA DE FLUENCIA (N)	20,6
ESFUERZO DE FLUENCIA (MPa)	4,905
CARGA MÁXIMA (N)	24,5
ESFUERZO MÁXIMO(MPa)	5,83
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN %	22,75

Aprobado por

JULIO CESAR LLERENA ZAMBRANO  
 Firmado digitalmente por JULIO CESAR LLERENA ZAMBRANO  
 Fecha: 2021.09.15 12:33:59 -05'00'  
 Ing. Julio Llerena

**TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES**

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	“OBTENCIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A PARTIR DE ALMIDÓN DE LA CÁSCARA DE CACAO ( <i>Teobroma cacao.L.</i> ) EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE”		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
y. Ensayo de tracción TR <sub>2</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Aprobado</li> <li><input type="radio"/> Certificado</li> <li><input type="radio"/> Por aprobar</li> <li><input type="radio"/> Por calificar</li> <li><input type="radio"/> Por verificar</li> </ul>	Elaborado por: Viviana Marisela Cando Sinaluisa	11	1:10	2021/09/08

**ANEXO L: ENSAYO DE TRACCIÓN TR<sub>3</sub>**

Z

<b>INFORME DE RESULTADOS</b>	
ENSAYO DE TRACCIÓN	Nº2
REALIZADO POR	Viviana Marisela Cando Sinaluisa
PROYECTO DE TESIS	<b>“OBTENCIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A PARTIR DE ALMIDÓN DE LA CÁSCARA DE CACAO (<i>Teobroma cacao.L.</i>) EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE”</b>
MATERIAL	PLASTICO
TRATAMIENTO	3
REPETICIÓN	1
FECHA DE FABRICACIÓN	2021-03-08
CARACTERÍSTICAS DE COLOR	Opaco
ESPESOR (mm)	0,3
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm <sup>2</sup> )	4.5
MODULO DE ELASTICIDAD (MPa)	1,26E+01
CARGA DE FLUENCIA (N)	8,40
ESFUERZO DE FLUENCIA (MPa)	1,87
CARGA MÁXIMA (N)	9,0
ESFUERZO MÁXIMO(MPa)	2,0
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN %	31,92

Aprobado por

JULIO CESAR LLERENA ZAMBRANO  
Firmado digitalmente por JULIO CESAR LLERENA ZAMBRANO  
 Fecha: 2021.09.15 12:35:03 -05'00'  
 Ing. Julio Llerena

**TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES**

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	“OBTENCIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A PARTIR DE ALMIDÓN DE LA CÁSCARA DE CACAO ( <i>Teobroma cacao.L.</i> ) EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE”		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
z. Ensayo de tracción TR3	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Aprobado</li> <li>○ Certificado</li> <li>○ Por aprobar</li> <li>○ Por calificar</li> <li>○ Por verificar</li> </ul>	Elaborado por: Viviana Marisela Cando Sinaluisa	12	1:10	2021/09/08

**ANEXO M: ENSAYO DE TRACCIÓN TR4**

**INFORME DE RESULTADOS**

aa

ENSAYO DE TRACCIÓN	Nº2
REALIZADO POR	Viviana Marisela Cando Sinaluisa
PROYECTO DE TESIS	<b>“OBTENCIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A PARTIR DE ALMIDÓN DE LA CÁSCARA DE CACAO (<i>Teobroma cacao.L.</i>) EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE”</b>
MATERIAL	PLASTICO
TRATAMIENTO	4
REPETICIÓN	1
FECHA DE FABRICACIÓN	2021-03-08
CARACTERÍSTICAS DE COLOR	Opaco
ESPESOR (mm)	0,3
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm²)	4,5
MODULO DE ELASTICIDAD (MPa)	1,37E+01
CARGA DE FLUENCIA (N)	9,4
ESFUERZO DE FLUENCIA (MPa)	2,09
CARGA MÁXIMA (N)	10,10
ESFUERZO MÁXIMO(MPa)	2,24
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN %	27,6

Aprobado por

JULIO CESAR LLERENA ZAMBRANO  
 Firmado digitalmente por JULIO CESAR LLERENA ZAMBRANO  
 Fecha: 2021.09.15 12:35:40 -05'00'  
 Ing. Julio Llerena

**TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES**

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA  <input type="radio"/> Aprobado <input type="radio"/> Certificado <input type="radio"/> Por aprobar <input type="radio"/> Por calificar <input type="radio"/> Por verificar	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA  Elaborado por: Viviana Marisela Cando Sinaluisa	“OBTENCIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A PARTIR DE ALMIDÓN DE LA CÁSCARA DE CACAO ( <i>Teobroma cacao.L.</i> ) EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE”		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
aa. Ensayo de tracción TR4			13	1:10	2021/09/08



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL APRENDIZAJE  
UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y DOCUMENTAL**

**REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA**

**Fecha de entrega:** 19 / 10 / 2021

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> <i>Viviana Marisela Cando Sinaluisa</i>
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> <i>Ciencias</i>
<b>Carrera:</b> <i>Ingeniería Química</i>
<b>Título a optar:</b> <i>Ingeniera Química</i>
<b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b> <i>Ing. Leonardo Medina Ñuste MSc.</i>

**LEONARDO  
FABIO MEDINA  
NUSTE**

Firmado digitalmente por  
LEONARDO FABIO  
MEDINA NUSTE  
Fecha: 2021.10.19 09:43:16  
-05'00'



1605-DBRA-UTP-2021