



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

“ELABORACIÓN DE BIOPLÁSTICOS A PARTIR DEL ALMIDÓN DE ARROZ (*Oryza sativa*) Y ARROZ INTEGRAL PARA USO COMO ENVOLTURAS BIODEGRADABLES DE ALIMENTOS”

Trabajo de titulación

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERA QUÍMICA

AUTOR: LIZBETH JAQUELINE GAVILANES RUIZ

DIRECTOR: ING. ADRIÁN ALEJANDRO RODRÍGUEZ PINOS MSc.

Riobamba – Ecuador

2021

© 2021, **Lizbeth Jaqueline Gavilanes Ruiz**

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

Yo, Lizbeth Jaqueline Gavilanes Ruiz, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo 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 titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 02 de Junio de 2021

LIZBETH
JAQUELINE
GAVILANES
RUIZ

Firmado
digitalmente por
LIZBETH JAQUELINE
GAVILANES RUIZ
Fecha: 2021.06.17
20:43:15 -05'00'

Lizbeth Jaqueline Gavilanes Ruiz

060423511-9

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de titulación; tipo: Investigativo, “**ELABORACIÓN DE BIOPLÁSTICOS A PARTIR DEL ALMIDÓN DE ARROZ (*Oryza sativa*) Y ARROZ INTEGRAL PARA USO COMO ENVOLTURAS BIODEGRADABLES DE ALIMENTOS**”, realizado por el señor/ la señorita: **LIZBETH JAQUELINE GAVILANES RUIZ**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Raúl Leandro Dávalos Monteiro MSc. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 Firmado electrónicamente por: RAUL LEANDRO DAVALOS MONTEIRO	2021-06-02
Ing. Adrián Alejandro Rodríguez Pinos MSc. DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN	 Firmado electrónicamente por: ADRIAN ALEJANDRO RODRIGUEZ PINOS	2021-06-02
Ing. Marco Raúl Chuiza Rojas MSc. MIEMBRO DEL TRIBUNAL	 Firmado electrónicamente por: MARCO RAUL CHUIZA	2021-06-02

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación dedico a mi madre Carmen Ruiz, por ser valiente, por sus consejos, por brindarme su amor, su apoyo y por querer lo mejor para mí en todo momento.

A mis Abuelitos Abelardo Ruiz y Targelia Silva por ser los abuelitos más buenos que Dios me pudo dar, y me han motivado a lograr mis objetivos. A mis Hermanos: Geovanny, Johanna y Rafael, quienes tienen cada pedacito de mi corazón, a pesar de las diferencias siempre son mi motivo de felicidad. A Freddy, por su cariño absoluto, por su apoyo incondicional, por sus palabras, que las llevo grabadas en mi mente y corazón y me han inspirado a lograr cada una de mis metas.

Liz

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios que con su infinito amor me permite compartir con mi familia, seres queridos, amigos y brindarme salud en estos momentos tan difíciles que está atravesando el mundo.

A mis docentes: Ing. Adrián Rodríguez, Ing. Marco Chuiza, por sus conocimientos impartidos y su ayuda durante el desarrollo de mi trabajo experimental.

Gracias a mi amigos y compañeros quienes me han acompañado durante mi carrera universitaria.

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE ECUACIONES	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS	xv
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	xvi
RESUMEN.....	xviii
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I	
1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	3
1.1 Identificación de Problema.....	3
1.2 Justificación del Problema	3
1.3 Objetivos de la Investigación.....	5
1.3.1 General	5
1.3.2 Específicos	5
1.4 Antecedentes de la investigación.....	6
1.4.1 Cereales	9
1.4.1.1 Arroz (<i>Oryza sativa</i>).....	9
1.4.1.2 Taxonomía.....	11
1.4.1.3 Especies de Arroz.....	12
1.4.1.4 Variedades de arroz en categorías y de acuerdo al proceso industrial.....	12
1.4.2 Arroz Integral	13
1.4.3 Almidón	15
1.4.3.1 Amilosa.....	15
1.4.3.1 Amilopectina	15
1.4.4 Almidón de arroz.....	16
1.4.5 Polimerización	16
1.4.6 Plástico.....	16

1.4.7	<i>Bioplástico</i>	16
1.4.7.1	<i>Usos, Oportunidades y Limitaciones de los bioplásticos</i>	16
1.4.7.2	<i>Envases y Embalajes basados en almidón</i>	16
1.4.7.3	<i>Producción de Polímeros de almidón</i>	16
1.4.7.4	<i>Propiedades de polímeros de almidón</i>	16
1.4.7.5	<i>Tratamientos hidrotérmicos de almidón</i>	16
1.4.8	<i>Plastificantes</i>	20
1.4.9	<i>Glicerol</i>	21
1.4.10	<i>Ácido acético</i>	21
1.4.11	<i>Biodegradabilidad</i>	21
CAPÍTULO II		
2	MARCO METODOLÓGICO	22
2.1	Planteamiento de las Hipótesis	22
2.1.1	<i>Hipótesis General</i>	22
2.1.2	<i>Hipótesis Específicas</i>	22
2.2	Identificación de Variables	22
2.3	Operacionalización de Variables	24
2.4	Matriz de Consistencia	25
2.5	Tipo y diseño de la Investigación	28
2.6	Unidad de Análisis	28
2.7	Población de Estudio	28
2.8	Tamaño de Muestra	29
2.9	Selección de la Muestra	29
2.10	Técnicas de Recolección de Datos	29
2.10.1	<i>Extracción del almidón de Arroz blanco e Integral</i>	29
2.10.1.1	<i>Técnica para la caracterización de los almidones de arroz blanco e Integral</i>	32
2.10.2	<i>Obtención del Bioplástico</i>	38
MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS		
3.1	Datos de los análisis físicos a la materia prima	44

3.1.1	<i>Rendimientos obtenidos del almidón de arroz blanco y arroz integral</i>	44
3.1.2	<i>Análisis de varianza del rendimiento de almidón obtenido del arroz blanco</i>	48
3.1.2.1	<i>Prueba de Tukey para los tratamientos de extracción de almidón de arroz blanco</i>	48
3.1.3	<i>Análisis de varianza del rendimiento obtenido del arroz integral</i>	49
3.1.3.1	<i>Prueba de tukey para los tratamientos de extracción de almidón de arroz integral</i> ...	50
3.1.4	<i>Ensayos Fisicoquímicos para el almidón de arroz blanco y Arroz Integral</i>	52
3.1.4.1	<i>Contenido de Amilosa y Amilopectina de almidón de arroz blanco e integral</i>	52
3.1.4.2	<i>Distribución del tamaño de gránulo</i>	52
3.1.4.3	<i>Sensibilidad</i>	53
3.1.4.4	<i>Determinación de pH</i>	54
3.1.4.5	<i>Contenido de Humdad y materia seca</i>	54
3.1.4.6	<i>Cálculos del porcentaje de humedad y materia seca</i>	54
3.1.4.7	<i>Residuos por calcinación</i>	57
3.1.4.8	<i>Cálculos de los Residuos por calcinación</i>	57
3.1.4.9	<i>Temperatura de Gelatinización</i>	58
3.1.4.10	<i>Índice de absorción, Índice de Solubilidad en agua y Poder de Hinchamiento</i>	59
3.1.4.11	<i>Densidad Aparente</i>	62
3.1.4.12	<i>Cálculos para de la densidad Suelta y Compactata</i>	62
3.1.4.13	<i>Viscosidad Brookfield</i>	63
3.1.4.14	<i>Análisis Microbiológicos</i>	64
3.2	<i>Elaboración de las películas bioplásticas a partir de almidón de arroz blanco e integral</i>	65
3.3	<i>Métodos de Ensayo para validación de las películas a partir de almidón de arroz blanco</i>	71
3.3.1	<i>Humedad</i>	71
3.3.1.1	<i>Cálculos para la Humedad</i>	71
3.3.2	<i>Solubilidad</i>	72
3.3.2	<i>Cálculos para la Solubilidad</i>	72
3.3.3	<i>Espesor</i>	73

3.3.4	<i>Permeabilidad</i>	74
3.3.4.1	<i>Cálculos para la Permeabilidad</i>	74
3.3.4.2	<i>Tasa de transmisión de vapor (WVTR)</i>	74
3.3.4.3	<i>Cálculos para la tasa de transmisión de vapor</i>	74
3.3.4.4	<i>Transmisión de vapor de agua (WVP)</i>	74
3.3.4.5	<i>Cálculos para la transmisión de vapor de agua</i>	74
3.3.5	<i>Ensayo de tracción</i>	76
3.3.6	<i>Biodegradabilidad</i>	77
3.3.6.1	<i>Biodegradabilidad aerobia</i>	77
3.3.6.2	<i>Biodegradabilidad anaerobia</i>	77
3.3.6.3	<i>Biodegradabilidad en agua</i>	77
3.3.7	<i>Discusión de Hipótesis</i>	79
3.3.7.1	<i>Hipótesis 1</i>	79
3.3.7.2	<i>Hipótesis 2</i>	80
3.3.7.3	<i>Hipótesis 3</i>	80
	CONCLUSIONES	82
	RECOMENDACIONES	83
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Taxonomía del arroz.....	11
Tabla 2-1:	Valor Nutricional del Arroz Blanco	12
Tabla 3-1:	Variedades y categorías de arroz.....	13
Tabla 4-1:	Valor Nutricional del Arroz Integral	14
Tabla 5-1:	Clasificación de los Bioplásticos.....	17
Tabla 1-2:	Variables dependientes e independientes	22
Tabla 2-2:	Operacionalización de Variables.....	24
Tabla 3-2:	Matriz de Consistencia	25
Tabla 4-2:	Técnica de extracción de almidón de arroz blanco e integral.....	30
Tabla 5-2:	Métodos de Ensayos fisicoquímicos para el almidón de arroz blanco e integral..	32
Tabla 6-2:	Diseño factorial 2k, para la obtención de bioplásticos a partir de almidón de arroz blanco.....	38
Tabla 7-2:	Diseño factorial 2k, para la obtención de bioplásticos a partir de almidón de arroz integral	38
Tabla 8-2:	Técnica para la obtención de bioplásticos	38
Tabla 9-2:	Técnicas para la caracterización de las biopelículas.....	40
Tabla 1-3:	Datos de los análisis físicos del arroz blanco e integral	44
Tabla 2-3:	Resultados del rendimiento de almidón de arroz blanco.....	46
Tabla 3-3:	Resultados del rendimiento de almidón de arroz integral	47
Tabla 4-3:	Análisis de Varianza de los rendimientos del almidón de arroz blanco	48
Tabla 5-3:	HSD para el almidón de arroz blanco.....	48
Tabla 6-3:	Prueba de tukey para los rendimientos de almidón de arroz blanco.....	49
Tabla 7-3:	Análisis de medias de los rendimientos de almidón de arroz blanco	49
Tabla 8-3:	Análisis de Varianza de los rendimientos de almidón de arroz integral.....	50
Tabla 9-3:	HSD para el almidón de arroz integral	50
Tabla 10-3:	Prueba de Tukey para los rendimientos de almidón de arroz integral.....	50
Tabla 11-3:	Análisis de las medias de los rendimientos de almidón de arroz integral	51
Tabla 12-3:	Resultados de análisis de amilosa de los almidones.....	52
Tabla 13-3:	Resultados de distribución del tamaño de gránulo	53
Tabla 14-3:	Resultados para la Sensibilidad de almidones	53
Tabla 15-3:	Resultados de pH.....	54
Tabla 16-3:	Datos para los cálculos de Humedad y Materia seca.....	55
Tabla 17-3:	Resultados para Humedad y materia seca	56
Tabla 18-3:	Resultados de los residuos por calcinación	57

Tabla 19-3:	Resultados de la temperatura de gelatinización.....	58
Tabla 20-3:	Datos para los cálculos de ISA, IAA y Poder de Hinchamiento	59
Tabla 21-3:	Resultados para el índice de absorción de agua	60
Tabla 22-3:	Resultados para el índice de solubilidad en agua	60
Tabla 23-3:	Resultados del Poder de Hinchamiento	61
Tabla 24-3:	Resultados para la Densidad Suelta y Densidad Compacta.....	63
Tabla 25-3:	Resultados de Viscosidad Brookfield.....	63
Tabla 26-3:	Resultados de los análisis Microbiológicos.....	64
Tabla 27-3:	Ensayos de las biopelículas a partir de almidón de arroz blanco	66
Tabla 28-3:	Análisis sensorial de las películas obtenidas a partir de almidón de arroz blanco	67
Tabla 29-3:	Ensayos de las biopelículas a partir de almidón de arroz integral	68
Tabla 30-3:	Análisis sensorial de las biopelículas obtenidas a partir de almidón de arroz integral	68
Tabla 31-3:	Resultados de la humedad	71
Tabla 32-3:	Resultados para Solubilidad	72
Tabla 33-3:	Resultados del espesor de las biopelículas	73
Tabla 34-3:	Datos para calcular la permeabilidad de las biopelículas	74
Tabla 35-3:	Resultados de la tasa de transmisión de vapor	75
Tabla 36-3:	Resultados para la transmisión de vapor de agua	76
Tabla 37-3:	Resultados de los ensayos de tracción.....	76
Tabla 38-3:	Resultados de biodegradabilidad aerobia por diferencia de peso.....	77
Tabla 39-3:	Resultados biodegradabilidad anaerobia por pérdida de área.....	78
Tabla 40-3:	Resultados de biodegradabilidad en agua por diferencia de peso	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Arroz (<i>Oryza sativa</i>)	10
Figura 2-1: Rendimiento del arroz molido.....	14
Figura 1-2: Diagrama de flujo para la obtención de almidón de arroz blanco.....	31
Figura 2-2: Diagrama de flujo para la obtención de almidón de arroz integral	31
Figura 3-2: Arroz Diagrama de flujo para la obtención de los bioplásticos	40

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1-2:	Distribución del tamaño de gránulo.....	32
Ecuación 2-2:	Gran total para la distribución del tamaño de gránulo.....	32
Ecuación 3-2:	Cálculo de humedad	34
Ecuación 4-2:	Porcentaje de Materia seca	34
Ecuación 5-2:	Residuos por calcinación	34
Ecuación 6-2:	Índice de absorción de agua (IAA)	36
Ecuación 7-2:	Índice de Solubilidad en agua (ISA).....	36
Ecuación 8-2:	Poder de Hinchamiento (PH).....	36
Ecuación 9-2:	Densidad Suelta	37
Ecuación 10-2:	Densidad Empacada.....	37
Ecuación 11-2:	Humedad para las biopelículas	40
Ecuación 12-2:	Porcentaje de Solubilidad de las biopelículas.....	41
Ecuación 13-2:	Tasa de transmisión de vapor.....	41
Ecuación 14-2:	Transmisión de vapor de agua	41
Ecuación 15-2:	Pérdida de peso para las biopelículas	42
Ecuación 16-3:	Porcentaje de Rendimiento para almidones	45

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** OBTENCIÓN DE ALMIDÓN DE ARROZ BLANCO
- ANEXO B:** OBTENCIÓN DE ALMIDÓN DE ARROZ INTEGRAL
- ANEXO C:** ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DE LOS ALMIDONES
- ANEXO D:** ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DE LOS ALMIDONES
- ANEXO E:** ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DE LOS ALMIDONES
- ANEXO F:** ELABORACIÓN DE BIOPLÁSTICOS
- ANEXO G:** MÉTODOS DE ENSAYO DE LOS BIOPLÁSTICOS
- ANEXO H:** INFORME DE ENSAYO DE ANÁLISIS DE AMILOSA
- ANEXO I:** ANÁLISIS BACTERIOLÓGICOS DE LOS ALMIDONES
- ANEXO J:** ANÁLISIS DE FIBRA Y PROTEÍNA DE LOS ALMIDONES
- ANEXO K:** ENSAYOS PARA BIOPELÍCULAS DE ARROZ BLANCO
- ANEXO L:** ENSAYOS PARA BIOPELÍCULAS DE ARROZ INTEGRAL
- ANEXO M:** PRUEBA DE TRACCIÓN PARA LA BIOPELÍCULA A2
- ANEXO N:** PRUEBA DE TRACCIÓN PARA LA BIOPELÍCULA A6
- ANEXO O:** PRUEBA DE TRACCIÓN PARA LA BIOPELÍCULA B2
- ANEXO P:** PRUEBA DE TRACCIÓN PARA LA BIOPELÍCULA B6

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

- A₁:** Almidón de arroz blanco, réplica número 1
- A₂:** Almidón de arroz blanco, réplica número 2
- A₃:** Almidón de arroz blanco, réplica número 3
- A2:** Formulación filmogénica para bioplástico del Tratamiento 1
- A6:** Formulación filmogénica para bioplástico del Tratamiento 2
- B2:** Formulación filmogénica para bioplástico del Tratamiento 3
- B6:** Formulación filmogénica para bioplástico del Tratamiento 4
- CA:** Cantidad de almidón
- CP:** Cantidad de plastificante
- DE:** Diseño estadístico
- HSD:** Diferencia Honesta Significativa
- I₁:** Almidón de arroz integral, réplica número 1
- I₂:** Almidón de arroz integral, réplica número 2
- I₃:** Almidón de arroz integral, réplica número 3
- IAA:** Índice de Absorción de Agua
- ISA:** Índice de Solubilidad en Agua
- Mse:** Cuadrado del error medio
- n:** Tamaño de muestra
- PH:** Poder de Hinchamiento
- UFC:** Unidad Formadora de Colonia
- PT:** Promedio Total
- P:** Promedio

- E₁:** Medida del espesor, réplica número 1
- K:** Número de repeticiones del diseño factorial

RESUMEN

Este trabajo de investigación tuvo como objetivo elaborar bioplásticos a partir de almidón de arroz (*Oryza sativa*) y arroz integral para uso como envolturas biodegradables. Se extrajo almidón por vía húmeda y con el método estadístico 2k, utilizando las variables de velocidad y tiempo, con 6 tratamientos de 4 repeticiones de cada uno y para cada tipo de arroz, siendo el tratamiento 6 donde se obtuvo 66,59% y 13,29% como los mejores rendimientos promedios respectivamente. Se realizó la caracterización de los almidones de arroz blanco e integral en base a los métodos de ensayo de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la NTE INEN 1456, resultando que solo el almidón de arroz blanco es apto como materia prima para la formulación de los bioplásticos. Se ensayaron 4 formulaciones A2, A6, B2, B6, para la obtención de bioplásticos a partir del almidón de arroz blanco, aplicando el método estadístico 2k, variando las cantidades de almidón y glicerina como plastificante, manteniendo constante el agua destilada. Se llegó a determinar que la mejor formulación es la biopelícula A6 que consta de 5 gramos de almidón y 2,14 ml de plastificante y 64 ml de agua destilada, cuya caracterización arrojó los siguientes resultados: Humedad $26,77 \pm 1,44\%$, Solubilidad de $10,59 \pm 0,01$, Espesor de 0,1 mm, En los ensayos de tracción, posee un porcentaje de elongación $72,32 \pm 8,15\%$, en cuanto a la Biodegradabilidad Aerobia se ha degradado en un 28,27% en 28 días, cumpliendo su desintegración total en 3 meses, siendo la Biodegradabilidad Anaerobia el método más rápido de desintegración, puesto que se ha degradado en su totalidad a los 28 días y finalmente para la Biodegradabilidad en el agua se ha degradado en un 32,02% a los 28 días, cumpliendo su desintegración total en 2 meses. Los resultados anteriores nos indican que cumple con los requisitos para envolturas alimenticias biodegradables.

Palabras clave: < ARROZ (*Oryza sativa*) >, < PLASTIFICANTE >, < ALMIDÓN >, < BIOPLÁSTICOS >, < ENVOLTURAS >, < ENSAYOS DE TRACCION >, < BIODEGRADABILIDAD >

Firmado digitalmente por LUIS ALBERTO CAMINOS VARGAS
Nombre de reconocimiento (DN): c=EC, l=RIOBAMBA, serialNumber=0602766974, cn=LUIS ALBERTO CAMINOS VARGAS
Fecha: 2021.04.29 17:08:17 -05'00'

LUIS ALBERTO
CAMINOS
VARGAS



1085-DBRA-UTP-2021

ABSTRACT

The objective of this study was to make bioplastics from rice starch (*Oryza sativa*) and brown rice to use as biodegradable casings. Starch was extracted by wet process and with the 2k statistical method, using speed and time as variables, using six treatments of 4 repetitions in each of the variables and for each type of rice. In the treatment, the best average yields were 66.59% and 13.29%. The characterization of white and brown rice starches was carried out based on the test methods of the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) and the NTE INEN 1456. The result shows that only the white rice starch is suitable as a raw material for the formulation of bioplastics. Four formulations A2, A6, B2, B6 were tested to obtain bioplastics from white rice starch, applying the 2k statistical method, varying the amounts of starch and glycerine as a plasticizer, keeping distilled water constant. It was determined that the best formulation is biofilm A6, which consists of 5 grams of starch, 2.14 ml of plasticizer and 64 ml of distilled water, whose characterization gave the following results Moisture $26.77 \pm 1.44\%$, Solubility of 10.59 ± 0.01 , Thickness of 0.1 mm. In the traction tests, it has a percentage of elongation of $72.32 \pm 8.15\%$, in terms of Aerobic Biodegradability it has degraded by 28.27% in 28 days, fulfilling its total disintegration in 3 months, being the Biodegradability Anaerobic the fastest method of disintegration, since it has fully degraded at 28 days and finally for Biodegradability in water it has degraded 32.02% at 28 days, fulfilling its total disintegration in 2 months. The results indicate that it meets the requirements for biodegradable food casings.

Keywords: <RICE (*Oryza sativa*)>, <PLASTICIAN>, <STARCH>, <BIOPLASTICS>, <WRAPPING>, <TRACTION TESTS>, <BIODEGRADABILITY>

INTRODUCCIÓN

El uso de plásticos sintéticos con buenas características, bajo costo para su fabricación, duraderos y su versatilidad de aplicaciones, ha incrementado de manera exorbitante. Debido a que la mayoría de los plásticos se utilizan como material de embalaje en casi todos los productos que compramos en su mayoría alimentos y bebidas, con la finalidad de proteger el producto. Sin embargo no son biodegradables, luego de su uso el desecho plástico no solo implica costos en remoción y disposición final, sino que también contamina en gran medida al medio ambiente. Las acumulaciones de residuos plásticos y la contaminación pueden reducirse si dichos materiales fueran biodegradables en consecuencia muchos esfuerzos se están realizando con el fin de desarrollar materiales y componentes armónicos con el ambiente aislados de los derivados del petróleo.

Los polímeros de fuentes renovables pueden ser útiles para fabricar dichos materiales biodegradables, suelen tener como primer componente el almidón, estos bioplásticos constituyen en la actualidad un campo de interés en los sectores industriales (envases, alimentación, textil, medicina).

En los últimos años el sector agrícola busca alternativas que replacen a los materiales plásticos. Ecuador al ser un país notablemente agrícola y en relación a lo anterior, se ha seleccionado al arroz blanco y arroz integral como materia prima, para la presente investigación, además de ser cereales accesibles, poseen un buen rendimiento de almidón, que es el glucano de almacenamiento más abundante y que llama mucho la atención debido a que es biodegradable, renovable, barato y en su mayoría fácil de manejar. Los rendimientos de almidón para el arroz blanco e integral en esta investigación son de 66,59%, y 13,29% respectivamente, para ello se utilizó el método por vía húmeda, donde se licua el arroz para liberar los gránulos de almidón, seguido de los procesos de filtrado, sedimentación, decantación y secado a 45°C en una estufa, triturado del almidón y tamizado para la caracterización fisicoquímica del mismo. Aproximadamente el 50% de los bioplásticos utilizados comercialmente se preparan a partir de almidón, pues la producción de bioplásticos a base de almidón es sencilla y se utiliza ampliamente para aplicaciones de envasado, aunque para producir embalajes, envases biodegradables, estos almidones primero deben pasar por el procedimiento de gelatinización, las temperatura de gelatinización para el almidón de arroz blanco e integral es 77°C y 78°C respectivamente, donde al calentar el agua y almidón este se vuelve soluble además se van a producir cambios en la mezcla de agua y almidón, cuando los granos de almidón se hinchen y se

revienten para producir el arreglo semi-cristalino, al calentarse el almidón se convierte en una pasta y su viscosidad también aumentara para ello es necesario la ayuda de plastificantes para aumentar la flexibilidad de la película, así como las características requeridas para los bioplásticos que se lograran ajustando las cantidades de los aditivos (Marichelvam et al., 2019, p. 2). Se utilizó aditivos para la elaboración de las películas bioplásticas como glicerina, vinagre, agua destilada. Así como la respectiva validación de las mismas, con los métodos de ensayo: humedad, solubilidad, espesor, permeabilidad al vapor de agua, ensayo para las propiedades de tracción para láminas delgadas de plástico y biodegradabilidad. Tanto para la obtención del almidón, como para los ensayos experimentales de la obtención de las películas se realizaron con el diseño factorial 2k, para identificar el mejor rendimiento en la extracción de almidón y las películas que presenten mejores propiedades.

De los análisis de resultados se obtiene películas biodegradables solubles en agua y degradables en el suelo, propiedades mecánicas decentes con la realización de los respectivos ensayos además todos estos cambios biocompatibles, mejorarán la sostenibilidad y ayudaran a reducir el impacto adverso de los envases de plásticos en el medio ambiente debido a su biodegradabilidad.

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1 Identificación de Problema

La contaminación realizada por la industria de los polímeros, en la actualidad se estima que es de ocho mil millones de toneladas de plástico y que el 0,1% es decir 8 millones de kilos de plástico llegan cada año a los océanos, acarreado las siguientes consecuencias: afección a la biodiversidad marina, animales marinos atrapados por estos residuos o a sus ves pueden ingerir los residuos plásticos involuntariamente; generando así un desfase en el ecosistema y que la cadena alimenticia se vea intoxicada a causa de la fragmentación de los polímeros conocidos como microplásticos (Gibbens, 2018, p. 1)

Según la (Organización de las Naciones Unidas , Rendón, 2019, p. 1), Los océanos y ríos trasladan el plástico a diversos lugares del planeta, por ejemplo el frasco que se arroja al mar en Indonesia, puede terminar en puntos considerados patrimonios de la humanidad como es el Archipiélago de Colón es por ello que se busca frenar una de las grandes amenazas modernas, considerando como una alternativa para mitigar el impacto ambiental, ocasionado por la acumulación de plásticos. En la actualidad, tanto los fabricantes como los consumidores de plásticos buscan reemplazar este material buscando como posible alternativa a los bioplásticos.

1.2 Justificación del Problema

La contaminación plástica puede tener impactos graves o incluso mortales sobre la vida marina, así como efectos negativos en humanos, salud y economía. Los desechos marinos antropogénicos están compuestos principalmente de plásticos (>60%), al ser un componente muy utilizado, se convierte en el desecho más olvidado, sobre todo en países donde no existe un adecuado manejo de residuos. Un estudio reciente en las 26 playas continentales de Ecuador incluyendo a las Islas Galápagos, donde la propagación de plásticos provienen de fuentes locales y entre los plásticos más comunes se encuentran: contenedores de alimentos, popotes y bolsas de plástico. La proporción de plástico en las Islas Galápagos es de 75.9% mientras que en las playas continentales de Ecuador es de 64,8% siendo las playas centro y sur las más contaminadas por plásticos (Gaibor et al., 2020, p. 2).

En los últimos años todos estos problemas han logrado que se desarrollen investigaciones sobre plásticos biodegradables para películas y envases que permitan disminuir el impacto ambiental.

Los bioplásticos tienen su origen en materias orgánicas, que suponen innovaciones en la industria química con un principio renovable que presenta un evidente aporte ecológico y aprovechamiento de los recursos renovables, lo que constituye una de sus principales fortalezas. Es por ello que la presente investigación está considerada como una alternativa para mitigar el impacto ambiental ocasionado por la acumulación de plásticos, generando un interés tanto en la sociedad como en las industrias del plástico así como en el sector agrícola del Ecuador, ya que la materia prima para la obtención de los bioplásticos, supondría la salida de sus productos hacia los distintos mercados del sector agroalimentario del país logrando oportunidades de trabajo.

El aprovechamiento de los productos agrícolas del Ecuador para la obtención de nuevos productos figura una alternativa viable para alcanzar beneficios sociales, económicos, ambientales y de sostenibilidad. El arroz (*Oryza sativa*), es un cereal de primera necesidad, siendo el cultivo más extenso del Ecuador ya que ocupa la tercera parte de la superficie de los cultivos del país, aunque como todos los cultivos va a depender de las estaciones climáticas, El arroz es cultivado en las provincias de Esmeraldas, Manabí, Guayas, Los Ríos, Bolívar con sus principales piladoras en Daule, Samborondón, Naranjito y Milagro. Ecuador es uno de los países más consumidores de arroz con un consumo anual de 48 Kg por persona (Poveda & Andrade, 2018, p. 1).

El presente trabajo es parte del proyecto de investigación “Obtención de Bioplásticos a partir de los productos agrícolas del Ecuador” realizado por el Grupo de Investigación Ambiental y de Desarrollo de la ESPOCH (GIADDE), donde se basa en la extracción de almidón, de arroz blanco como arroz integral, mismo que en un 80% es el constituyente más importante del grano de arroz, resultando ser desabrido e Inoloro, a diferencia de otros almidones, por tal motivo esta investigación busca darle utilidad tanto al arroz blanco y arroz integral como materia prima de relativo bajo costo al convertirla en almidones, siendo este el componente principal para realizar envolturas biodegradables de alimentos.

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 General

- Elaborar bioplásticos a partir del almidón de arroz (*Oryza sativa*) y arroz integral para uso como envolturas biodegradables de alimentos.

1.3.2 Específicos

- Obtener el almidón del arroz (*Oryza sativa*) y arroz integral.
- Determinar el porcentaje de rendimiento de los almidones extraídos.
- Caracterizar el almidón obtenido del arroz (*Oryza sativa*) y arroz integral, mediante los métodos de ensayo: solubilidad, pH, sensibilidad y residuos por calcinación.
- Obtener los bioplásticos a nivel de laboratorio a partir de almidón del arroz (*Oryza sativa*) y arroz integral.
- Validar los bioplásticos obtenidos mediante su caracterización, por los métodos de ensayo: humedad, solubilidad, espesor, ensayo para las propiedades de tracción de láminas plásticas delgadas y biodegradabilidad.
- Comparar los bioplásticos obtenidos del arroz (*Oryza sativa*) y arroz integral.

1.4 Antecedentes de la investigación

Los estudios de la elaboración de sustitutos de plásticos han ido aumentando considerablemente en los últimos años para disminuir las consecuencias negativas del plástico, los estudios han ido desde alterar la composición de los plásticos, hasta utilizar nuevas alternativas tecnológicas de sustitución como son los bioplásticos, debido a que se obtienen principalmente de recursos renovables y en algunos casos sus características son similares a los polímeros obtenidos a partir del petróleo.

Existen varios tipos de bioplásticos como: polímeros sintéticos, naturales y microbiológicos. Los polímeros naturales poseen mayor versatilidad en sus propiedades físicas, velocidad de degradación ya que son susceptibles al ataque enzimático, Los polímeros naturales al igual que los polímeros microbiológicos son interesantes gracias a su biocompatibilidad (ECOEMBES, 2009, pp. 7-8).

En el estudio donde, se la elabora bioplásticos a partir de la cáscara de plátano para el diseño de una línea de producción variable para las chifleras de Piura, se separa la pulpa de la cáscara de plátano verde bellaco, donde se utiliza la cáscara para la obtención del bioplástico, ya que es el 40% de toda la fruta que se ha pagado la que se estaría desechando en primera instancia y que una vez logrado el objetivo de obtener bioplástico, la empresa podría utilizarlo como sustituto a los polímeros convencionales (Pizá et al., 2017, p. 7).

En la investigación de las aplicaciones de los bioplásticos como un sólido celular y en el campo de envasado de productos alimenticios, para un procedimiento de elaboración se ha aplicado una tecnología moderna donde la radiación microondas, añadidura de agentes soporte como fibras naturales como el tamo de cebada, piel de las uvas, para mejorar sus propiedades mecánicas (A. López et al., 2012, p. 1).

Meza Ramos Paola en su investigación “Elaboración de bioplásticos a partir de almidón residual obtenido de peladoras de papa y determinación de su biodegradabilidad a nivel de laboratorio” divide su investigación en extracción del almidón de la papa, elaboración del bioplástico y ensayos de biodegradabilidad del bioplástico tomando como referencia la Norma ISO 17556:2012. Utilizo los residuos de papa con el método de decantación con la adición de un antioxidante, mediante hidrólisis química logro la polimerización del almidón y en su última etapa se utilizó como medio de degradación polietileno de baja densidad como control negativo y como control positivo celulosa, el bioplástico obtenido alcanzo 64.21% de biodegradabilidad (Meza, 2016, p. 12).

La investigación de Charro Mónica, para la elaboración de películas biodegradables a través del diseño factorial 2^2 , donde se utilizó almidón de papa combinado con diferentes plastificantes a distintas concentraciones, determinando que el plastificante apropiado es la glicerina, adicionando melamina como reticulante para reducir la capacidad higroscópica y se analizaron las siguientes propiedades: solubilidad, espesor, humedad, biodegradabilidad, tracción y permeabilidad en un solo sentido con el método de superficie de respuesta con puntos axiales. Las películas que mejor características presentaron se utilizaron como recubrimiento para frutas (Charro, 2015, p. 17).

Aguilera, Albisua, Álvarez y Rodríguez en su investigación “Obtención de productos alternativos y eco amigables a partir de almidón de arroz y harina de arroz” se utilizó vinagre, como acelerante, glicerol y alginato como plastificantes, debido a la composición del bioplástico obtenido tiene un gran potencial para bolsas orgánicas. Asimismo de la harina de arroz se pueden obtener otros productos de valor agregado como los cosméticos, plastilina, talco, alcohol e inclusive alimentos y más económicos de producir (Aguilera Moscoso et al., 2018, pp. 1-2).

(Llerena & Monzón, 2017, pp. 40-51), Su investigación consistió en la elaboración de envases biodegradables donde utilizaron residuos de la agricultura como el arroz quebrado (*Oryza sativa*), que fueron lavados, triturados, filtrados, reposos, decantación luego de 24 horas, secado y molienda, residuos avícola (plumas) que pasaron por un pre tratamiento, acondicionamiento, trituración de plumas, así como los respectivos tratamientos químicos y la recuperación de las cáscaras de mango, donde aplicaron métodos de extracción de almidón y queratina, cada experimento se realizó por triplicado, para proceder a fortificar la mezcla almidón-queratina con rendimientos 35.24% y 8.29% respectivamente y a proporciones adecuadas de 40g y 4ml, donde se utiliza aditivos como glicerina que cumple su función de plastificante, ácido acético al 5% y agua destilada que facultan una hidrólisis ácida, atacando las ramificaciones de los constituyentes del almidón, siendo esta mixtura secada en una malla de poliéster, para obtener la lámina de bioplástico para ser caracterizada con pruebas mecánicas como tracción, flexión y dureza donde se observó que es una alternativa viable para envases bioplásticos.

(Silva Nykänen et al., 2014, pp. 1-2), Investigadores en Finlandia han transformado el almidón de arroz en un plástico biodegradable temporalmente estable, ópticamente transparente con buena resistencia mecánica y térmica. Donde explican que el almidón se puede tratar con calor y agua mediante el proceso de gelatinización sin embargo las películas obtenidas se recrystalizan y se degradan rápidamente dejándolo amorfo y quebradizo de nuevo, es por ello que se utilizan los plastificantes que mediante enlaces de hidrógeno con las unidades de glucosa en el almidón, sin embargo son propensos a migración y de nuevo se degradan con el tiempo. Es por ello que han

ideado una solución creativa a este problema utilizando una molécula en forma de estrella llamada AEEP (etanol aminoetoxi fosfaceno sustituido) en la que los brazos actúan de enlace de hidrógeno con moléculas plastificantes de manera dinámica, móvil y conectados al núcleo central, posibilitando la prevención de la migración, descargando de las moléculas de almidón la película bioplástica con propiedades mecánicas deseables.

Según la investigación, de (Marichelvam et al., 2019, pp. 4-5), los bioplásticos a base de almidón de maíz y arroz para aplicaciones de embalaje, se realizaron con diferentes composiciones de almidón de maíz, almidón de arroz, mientras que para el glicerol, ácido cítrico, agua destilada y gelatina se mantuvo constantes 3ml, 1 ml, 100 ml y 2ml respectivamente. La mezcla se agito a 180 rpm, por 10 min, posteriormente se calentó hasta 100°C y se agito de manera continua por 70min, y luego se vertió en una placa de vidrio extendiéndola de manera uniforme donde tarda de 3 a 4 días en secarse para luego ser retirada la película fundida. Las propiedades de tensión de las películas biodegradables fueron mejoradas después de añadir almidón de arroz, pero sin embargo la absorción y la solubilidad del agua se redujeron, las muestras de las películas fueron analizadas bajo las siguientes pruebas: espesor, propiedades de biodegradabilidad, SEM, hidrofiliidad, análisis termogravimétrico y las propiedades de sellado del bioplástico. Los resultados muestran la idoneidad de almidón termoplástico a base de arroz y maíz para aplicaciones de envasado.

La Investigación de (Muscat et al., 2012, pp. 189-190), indican que el comportamiento de la formación de la película de los almidones de alta amilosa (HA) y baja amilosa (LA), y una mezcla de plastificantes se desarrollaron a varias temperaturas de gelatinización. Las películas contenían como plastificantes glicerol y xilitol, ya sea individualmente o en combinación 1:1. La concentración en base sólida seca de plastificante para las películas de baja amilosa fue de 15%, 20% y 30% mientras que para las películas de alta amilosa la concentración fue de 20%, 30% y 40%. Las películas de alta amilosa que contenían glicerol conservaron el mayor contenido de humedad, entre todas las películas también exhibieron una temperatura de transición vítrea más alta y mayor resistencia a la tensión, mayor módulo de elasticidad y menor elongación a la rotura que aquellas películas de almidón de baja amilosa.

La resistencia a la tracción y el módulo de elasticidad disminuyeron y el alargamiento aumento con el incremento de las concentraciones de plastificante por encima del 15% en base sólida seca, independientemente del almidón. La baja permeabilidad al vapor de agua era evidente en las películas de alta amilosa y baja amilosa, las mediciones reológicas mostraron que la mayoría de las suspensiones de alta amilosa exhibían el comportamiento de un plástico de Bingham. A una concentración de plastificante de 15% en base sólida seca, las películas obtenidas de ambos

almidones eran frágiles debido al comportamiento antiplastificante (Muscat et al., 2012, pp, 1192-193).

En conclusión de las investigaciones revisadas, para entrar a la obtención experimental de envolturas biodegradables a partir de arroz blanco y arroz integral se puede decir que:

- Existen varias opciones de materias primas para elaborar bioplásticos como almidón de maíz, almidón de papa que son los que más se han popularizado, mezclas de queratina-almidón así como residuos de cáscaras como de mango, papa como fortificantes para mejorar las características físicas y mecánicas del bioplástico.
- El proceso de obtención del bioplástico es más complejo que el proceso de fabricación de plásticos comunes derivados del petróleo, debido a los subprocesos de obtención de materia prima que significa un elevado costo de producción. Pero los recientes estudios y experimentaciones cuentan con etapas: Adquisición e identificación de las materias primas, procesamiento, extracción del almidón de la materia prima con la que se va a trabajar, experimentación y proceso para obtener el bioplástico, teniendo en cuenta sobre todo los agentes plastificantes puesto que de ellos depende la calidad del bioplástico y la aplicación de pruebas de biodegradabilidad, pruebas mecánicas, análisis de resultados etapas que se adecuaran al presente proyecto con el almidón de arroz blanco e integral usados como prototipos para elaborar la envoltura biodegradable, por brindarle la capacidad de biodegradarse en condiciones controladas y ser biocompatibles con el ambiente.

1.4.1 Cereales

Los cereales son las semillas o granos comestibles de las gramíneas de cultivo como: arroz, maíz, cebada, centeno, sorgo, avena, que constituyen una fuente principal de energía debido a su alto contenido de hidratos de carbono, entre los que predomina el almidón y bajo costo en comparación con otros alimentos. Los cereales enteros o integrales son aquellos que están compuestos por salvado, endospermo y germen, mientras que durante el refinado de los cereales se pierde el salvado y el germen y por ello la mayor cantidad de fibra (Verdini, 2018, p. 2).

1.4.1.1 Arroz (*Oryza sativa*)

Es un cereal domesticado más cultivado en todo el mundo, que crece en terrenos pantanosos de las zonas tropicales o ecuatoriales y en las zonas templadas, obteniendo mayores hectáreas de

producción en invierno, siendo una gramínea anual con granos oblongos, glabros y lisos. El arroz es bastante energético, rico en almidón asimilable en un 77% (Álvarez, 2018, p. 7).



Figura 1-1. Arroz (*Oryza sativa*)

Fuente: (EcuRed, 2020)

El arroz es un cultivo milenario cuya base productiva es el trabajo, agua y tierra, convirtiéndose de esta manera en el alimento más importante para la tercera parte de la población mundial, al ser el único cereal que se destina únicamente a la alimentación humana, debido a que es rico en vitaminas, sales minerales, bajo en contenido graso, sodio y libre de colesterol (FAO et al., 2003, pp. 5-6).

- **Morfología del Arroz**

En la planta de arroz, las raíces son delgadas, fibrosas y fasciculadas. El tallo es erguido, cilíndrico, con nudos de 60 a 120cm de altura. Las hojas envainan al tallo de manera alterna, tienen el limbo recto y puntiagudo, mismo que al unirse con la vaina, se encuentra un apéndice membranoso, bífido y erguido (FAO et al., 2003, p. 12). Las flores son de color verde-blanquecino en forma de espiguillas, cuyo conjunto contribuye una panícula grande, terminal y tiende a colgarse a medida que se llena el grano. Cada espiguilla es una uniflora, conformada por 6 estambres y un pistilo, provista de lema y palea, siendo el fruto una cariósida (FAO et al., 2003, p. 12).

Requerimientos Edafoclimáticos

- **Temperatura y radiación solar**

Para el cultivo del arroz las temperaturas críticas se encuentran por debajo de los 20°C y por arriba de los 32°C. Considerando el rango de temperaturas óptimas para el desarrollo de la

planta los 23-27°C. Con temperaturas superiores a estas la planta crece rápidamente pero tiende a ser más susceptible a enfermedades, mientras que las temperaturas bajas, afecta en la diferenciación de las células reproductivas, provocando una alta esterilidad en las espiguillas, resultando en una baja producción (FAO et al., 2003, pp. 10-11).

- Precipitación pluvial

El arroz requiere de un mínimo de humedad en el suelo para tener una producción aceptable, cuando ocurre deficiente de precipitación pluvial los rendimientos en la producción disminuyen significativamente, se considera que una precipitación de mil doscientos milímetros bien distribuidos durante el ciclo de cultivo, es suficiente para obtener buenos rendimientos (FAO et al., 2003, p. 11).

- Suelos y topografías del terreno

Requiere de suelos con alto contenido en arcilla, porque retienen y conservan la humedad por mucho más tiempo, los suelos que tienen una proporción adecuada con el contenido de arena, limo y que son aptos para otros cultivos todavía garantizan buenas cosechas de arroz. En relación con la topografía del terreno es necesario disponer de suelos planos, ya que en su mayoría se utiliza maquinaria y el manejo de cultivo, manejo del agua (si se dispone de riego), será más fácil y menos costoso, cuando se construye infraestructuras para riego, las melgas se deben nivelar bien, preferentemente a cero (FAO et al., 2003, pp. 11-12).

- pH

El pH 6,6 es adecuado para el cultivo del arroz, ya que se estima un beneficio en la liberación microbiana de nitrógeno y fósforo de la materia orgánica, siendo el fósforo una de las mejores concentraciones que permite la permeabilidad de nutrientes siempre y cuando se encuentren por abajo de los niveles de toxicidad como: ácidos orgánicos, hierro, aluminio, manganeso (InfoAgro, 2020, p. 1).

1.4.1.2 *Taxonomía*

Tabla 1-1: Taxonomía del arroz

N°	Reino	Plantae
1	Subreino	Tracheobionta
2	División	Magnoliophyta
3	Clase	Liliopsida
4	Subclase	Lilidae
5	Orden	Cyperales

6	Familia	Poaceae
7	Subfamilia	Orizoideae
8	Genero	Oryza
9	Especie	Oryza sativa
10	Nombre Científico	<i>Oryza sativa L</i>
11	Nombre Común	Arroz

Fuente: (Acevedo et al., 2006)

Tabla 2-1: Valor Nutricional del Arroz Blanco

Composición del Arroz Blanco por 100g de sustancia (base seca)		
Agua	%	15,50
Proteínas	g	6,20
Grasas	g	0,80
Carbohidratos	g	76,90
Fibra	g	0,30
Cenizas	g	0,60
Calcio	mg	6
Fósforo	mg	150
Hierro	mg	0,40
Sodio	mg	2
Vitamina B1 (Tiamina)	mg	0,09
Vitamina B2 (Riboflavina)	mg	0,03
Niacina (Ácido nicotínico)	mg	1,40
Calorías	cal	351

Fuente: (InfoAgro, 2020, p. 2)

1.4.1.3 *Especies de Arroz*

Hay dos especies de arroz cultivadas, una de origen asiático *Oryza sativa L* y otra de origen africano *Oryza Glaberrima Steaud*. La expansión del cultivo se debe a la primera especie, que ha sido un fenómeno sin interrupción y base alimenticia de los continentes con mayor población del mundo: Asia, África y América, su cultivo ocupa aproximadamente el 11% de la población económica activa en el sector rural del Ecuador, siendo las provincias de Guayas y Los Ríos que ocupan el 80% de áreas sembradas con las variedades tradicionales (Pérez & Rodríguez, 2018, p. 18).

1.4.1.4 *Variedades de arroz en categorías y de acuerdo al proceso industrial*

El programa de arroz del INIAP desde 1969 ha investigado y generado nueve variedades y tecnología para la producción arrocería del Ecuador con el propósito de obtener cultivos de alto rendimiento, reducir los costos, prevenir plagas y proteger el ambiente (Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, 2014, p. 6).

Alrededor del mundo existen centros de investigación que manifiestan con frecuencia nuevas variedades de arroz, que deben registrar calidad y facilidad en su producción, dichas variedades se distinguen de las demás por su fortaleza para resistir plagas, medida del grano, características culinarias y las denominaciones de las variedades de arroz, van a depender del grupo investigativo y el país dónde fueron creadas (Ecured, 2020, p. 4).

Tabla 3-1: Variedades y categorías de arroz

Categorías	De acuerdo al proceso industrial
Grano largo: es reconocido en el mercado internacional por su buena calidad poseen un bajo contenido de amilopectina, debido a que la cáscara, el salvado y el germen es eliminado.	Cargo o integral: puede ser de grano medio o largo es más oscuro que los refinados debido a que conserva una parte del salvado de la cáscara, su importancia crece ante la preocupación de una alimentación sana y nutritiva.
Grano mediano: es un más corto y grueso que el grano largo, posee una peculiaridad que le permite guardar el almidón.	Blanco: posee un alto contenido de amilosa.
Grano corto: es prácticamente redondo en su forma, posee grandes concentraciones de amilopectina y pequeñas cantidades de amilosa.	Parboleid o vaporizado: su almidón se gelatiniza haciéndolo más duro y brillante.
	Rápido o precocido: es el método más antiguo de industrialización.

Fuente: (Ecured, 2020, p. 4)

1.4.2 Arroz Integral

Es una de las nuevas variedades de arroz, que es posible gracias a la manufactura del arroz que cambia el arroz con cáscara en arroz blanco, elaborado o pulido, calificado para el consumo humano, el propósito de la elaboración de arroz es conservar la mayor cantidad de granos de arroz entero íntegros, el rendimiento del proceso se estima por la cantidad de arroz entero a partir de una cantidad designada de arroz con cáscara, además a partir del grano entero de arroz, se tiene muchos derivados como: arroz partido, salvado de arroz, harina, obtención de almidón, siendo las proteínas las únicas no aprovechadas (Pinciroli, 2010, p. 3).

Contiene una cantidad importante de fibra alimenticia y vitaminas ya que conserva el salvado de la cascara, pues del arroz cosechado el 20% es la cáscara y el 10% corresponde al salvado, estos elementos se eliminan en los procesos de descascarado y pulido respectivamente para formar los granos de arroz blanco (70%) y partido. El arroz integral está formado principalmente por el salvado y endosperma. Es de menor consumo a pesar de sus beneficios en nutrientes y antioxidantes naturales como: ácidos fenólicos, Flavonoides, tocoferol, tocotrienoles, selenio, zinc, fibra soluble y ácido fólico. Este tipo de arroz tiene la desventaja que necesita un tiempo alargado para su cocción aproximadamente de 45-60 min, aunque actualmente se está motivando su consumo, debido a que es ricos en fibra, tocoles, minerales, complejo B y fitonutrientes (Pincioli, 2010, p. 3).

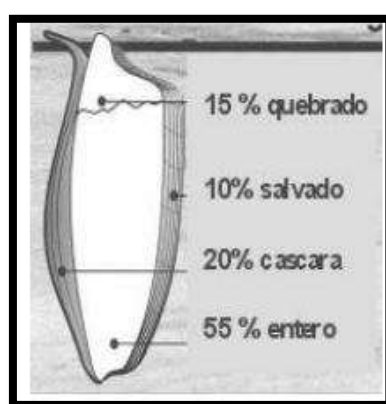


Figura 2-1. Rendimiento del arroz molinado

Fuente: (Pincioli, 2010)

Tabla 4-1: Valor Nutricional del Arroz Integral

Composición del Arroz Integral por 100g de sustancia (base seca)		
Agua	%	12
Proteínas	g	7,5
Grasas	g	1,9
Carbohidratos	g	77,4
Fibra	g	1
Cenizas	g	1,2
Calcio	mg	32
Fósforo	mg	221
Hierro	mg	1,6
Sodio	mg	9
Potasio	mg	214
Vitamina B1 (Tiamina)	mg	0,34
Vitamina B2 (Riboflavina)	mg	0,05
Niacina (Ácido nicotínico)	mg	4,7
Calorías	cal	360

Fuente: (InfoAgro, 2020, p. 2)

1.4.3 Almidón

Es un biopolímero que sirve como reserva de hidrato de carbono de muchos vegetales, formado por la unión de moléculas de α -D- glucosa unidas mediante enlaces glucosídicos. Hay muchos vegetales ricos en almidón, por ejemplo: las semillas de maíz, trigo, arroz y existen plantas que almacenan almidón en otras estructuras como las raíces que forman tubérculos como las papas, camote. La calidad y tipo de almidón lo determinan los porcentajes de amilosa y amilopectina, según su estructura glucosídica, generalmente constituida por 20% y 80% respectivamente, la dimensión, aspecto, forma y estructura de los granos de almidón, pueden ser regulares o irregulares y depende de la fuente botánica de la que provengan (León et al., 2020, p. 621).

1.4.3.1 Amilosa

Es un polímero en el cual las unidades anhidro glucosas están presentes y unidas por los enlaces glucosídicos α (1-4) y un leve grado de ramificación en los enlaces α (1-6), “tiene la habilidad de adquirir una conformación tridimensional helicoidal, en la que en cada vuelta de hélice consta de 6 moléculas de glucosa, y en el interior de cada hélice contiene átomos de hidrógeno, mientras que los grupos hidroxilos permanecen en el exterior” (Ochoa et al., 2014, pp. 18-19).

La presencia de los átomos de hidrógeno en las hélices confieren una característica hidrófoba a la amilosa y le permite formar complejos con ácidos grasos libres, componentes glicéridos de ácidos grasos, yodo y hasta algunos alcoholes, aunque también las cadenas de almidón se asocian mediante puentes de hidrógeno formando una hélice doble que se destruye por calentamiento (Ochoa et al., 2014, pp. 18-19).

1.4.3.2 Amilopectina

Es la molécula del almidón de gran tamaño y peso molecular, que posee ramificaciones laterales cortas, constituido por muchos anillos de glucosa unidos entre sí por enlaces glucosídicos α 1-6. Su molécula es significativamente más grande que la molécula de amilosa y es esencialmente insoluble en agua caliente, la mayoría de almidones contienen 75% de amilopectina conocidos como almidones cerosos. (León et al., 2020, p. 622). “ Las cadenas de amilopectina, están dispuestas radialmente dentro del gránulo con sus extremos terminales no reductoras orientadas hacia la superficie con alternancia de zonas cristalinas y zonas amorfas”(León et al., 2020, p. 622).

1.4.4 Almidón de arroz

La granulación de almidón de arroz es minúscula, poliédrica, con medida cerca de 6µ de grosor, de ángulos agudos sin estrías concéntricas, en el proceso de elaboración de almidón comercial, el fraccionamiento de los componentes es inevitable por lo que se dificulta ver gránulos de 2-150 componentes, la limitación de preparar almidón comercial de arroz, se debe al elevado costo de producción de arroz con respecto a otros cereales y tubérculos, sin embargo las propiedades químicas y moleculares del almidón de arroz son semejantes a otros almidones de cereales utilizados para el consumo humano (S. López & Ozaeta, 2013, pp. 15-16).

1.4.5 Polimerización

La polimerización se puede dar por condensación o por adición, y es una reacción química donde se sintetiza un polímero a partir de moléculas pequeñas e iguales denominadas monómeros, para formar una molécula muy grande denominada polímero, el mecanismo de reacción se divide en polimerización por pasos o en cadena (Clayden & Greeves, 2013, pp. 1-2).

“El tamaño de la cadena depende de parámetros como la temperatura o el tiempo de reacción, teniendo cada cadena un tamaño distinto y por consecuencia un tamaño molecular distinto de ahí que se llama la masa molecular promedio del polímero”(Clayden & Greeves, 2013, pp. 1-2).

1.4.6 Plástico

Es el material sintético derivado del petróleo, obtenido por procesos de polimerización con características fisicoquímicas de elasticidad, flexibilidad, duradero, liviano y que se moldea con facilidad permitiendo su adaptación a diversas formas, siendo muy resistentes es por ello que se degradan con gran lentitud (Heinrich Böll Stiftung, 2019, p. 14).

1.4.7 Bioplástico

Se denominan bioplásticos, a los materiales garantizados como biodegradables que tienen su origen en materias orgánicas renovables, ya sean agrícolas, forestales y animales (ECOEMBES, 2009, p. 7). Todos los polímeros naturales basados en carbono, almidón, celulosa, lignina y los monómeros en los que están basados son biodegradables, aunque existen distintos polímeros fundamentados en recursos renovables poseen bajas posibilidades de competir en el mercado, otros polímeros basados en recursos renovables pero con un menor potencial en el mercado que son los basados en polisacáridos y proteínas. Un polímero de almidón es un material

termoplástico resultante del procesamiento del almidón natural por medios químicos, térmicos o mecánicos. Debido a su costo relativamente bajo, son atractivos como sustitutos de los plásticos basados en la petroquímica. Cuando son copolimerizados con otros polímeros pueden obtenerse copolímeros tan flexibles como el polietileno o tan rígidos como el poliestireno (Ochoa et al., 2014, pp. 16-18).

Tabla 5-1: Clasificación de los Bioplásticos

POLÍMEROS BIODEGRADABLES					
Biopolímeros (BPL)					
Polímeros extraídos de Biomasa				Sintetizados a partir de biomonomeros	Producidos a partir de microorganismo
Polisacáridos			Proteínas	Otros	Sustrato+enzimas + bacterias
Almidón	Celulosa	Otros	Soya Gluten Caseína	Lignina	
Maíz trigo arroz	Madera	Chitín, pectina			Ácido poliláctico (PHL)
Polímeros de fuentes no renovables					
Policaprolactona(PCL) Copoliéster alifático (PBSA) Politereftalato de trimetileno					

Fuente: (ECOEMBES, 2009, p. 8)

1.4.7.1 Usos, oportunidades y limitaciones de los bioplásticos

Los bioplásticos constituyen positivamente a la conservación de los recursos naturales y a la protección del medio ambiente, pero para que su mercado se desarrolle tendrá que recurrir a una serie de factores como son:

- Políticas legislativas a favor del reciclaje y compostaje frente a depósito en vertedero.
- El desarrollo de infraestructuras de compostaje por parte de municipios.
- La disminución del precio de los bioplásticos para hacerlos más competitivos con los plásticos procedentes de la industria petroquímica.
- La concienciación de consumidores hacia los productos que tengan en cuenta criterios de sostenibilidad ambiental.
- El desarrollo de nuevas tecnologías (Ochoa et al., 2014, p. 80).

Los polímeros basados en almidón son mucho más baratos que otros bioplásticos tales como poliésteres sintéticos o el PLA ya que se producen a partir de recursos renovables de bajo costo

y el proceso de producción es más simple que el de los bioplástico sintéticos. El precio de los bioplásticos basados en almidón se ha reducido considerablemente en los últimos años y sus volúmenes de producción se ha incrementado, debido al desarrollo de procesos más eficientes (Ochoa et al., 2014, p. 80).

1.4.7.2 Envases y Embalajes basados en almidón

Los bioplásticos basados en almidón se caracterizan por su flexibilidad y se utilizan para fabricar bolsas y redes para envasado de frutas y verduras. La alta permeabilidad al vapor de las películas de mezclas de almidón ayuda a mantener las frutas y verduras frescas durante más tiempo y cuando los alimentos han caducado se puede compostar junto con la envoltura sin necesidad de que existan procesos de separación (Ochoa et al., 2014, p. 85).

1.4.7.3 Producción de polímeros de almidón

La producción de polímeros de almidón comienza con la extracción de almidón del grano, mediante la molienda por vía húmeda. Tomando ejemplo el maíz los granos se maceran en una disolución ácida diluida, se muelen, y se elimina el germen que contiene aceite. Una molienda más fina separa la fibra del endospermo, el cual es posteriormente centrifugado para separar la proteína, menos densa que el almidón, el lodo del almidón posteriormente se lava en una centrifuga se concentra y se seca para su paletización. De esta manera se obtiene polímeros puros que han de someterse a un proceso de extrusión o mezcla para obtener material termoplástico (Ochoa et al., 2014, p. 20).

1.4.7.4 Propiedades de polímeros de almidón

Los polímeros de almidón son parcialmente cristalinos, relativamente transparentes y presentan propiedades antiestáticas. Su densidad supera a la mayor parte de polímeros termoplásticos usuales y tienen baja resistencia a solventes y aceites, esta apariencia se permite mejorar con mixturas de policaprolactona (Ochoa et al., 2014, p. 23).

Las propiedades mecánicas de los biopolímeros de almidón son, en general inferiores a las de los plásticos de origen petroquímico que son razonablemente fáciles de procesar pero vulnerables a la degradación. Las aplicaciones de los biopolímeros de almidón se ven reducidas por la sensibilidad a la humedad y contacto con el agua y por la alta permeabilidad al vapor de agua y otras propiedades barreras tales como: permeabilidad al oxígeno, y al dióxido de carbono

son de moderadas a buenas. Los biopolímeros de almidón son biodegradables, aunque en el caso de sus mezclas un contenido demasiado alto de otro copolímeros puede afectar negativamente su biodegradabilidad (Ochoa et al., 2014, p. 23) .

1.4.7.5 *Tratamientos hidrotérmicos del almidón*

Se aplican al almidón en condiciones controladas de humedad y temperatura como resultado de estos tratamientos suelen presentarse: gelatinización, gelación, retrogradación. La gelatinización ocurre cuando los gránulos de almidón se hidratan en medio acuoso al calentarse, “provocando la ruptura del orden molecular, exhibiendo cambios irreversibles del gránulo de almidón sobre todo en las propiedades tales como: fusión de las zonas cristalinas del gránulo y pérdida de birrefringencia y solubilización de las moléculas que conforman el almidón” (Martínez et al., 2017, pp. 16-23).

Los factores que afectan a la gelatinización son:

- **Ácido:** estimula la hidrólisis ácida mientras se da la cocción de los gránulos de almidón, teniendo como resultado la constitución de polímeros de cadena corta conocidos como dextrinas, dicha hidrólisis puede generar disminución de absorción de agua por parte del gránulo de almidón (Martínez et al., 2017, pp. 16-23).
- **Agitación:** es necesaria, al inicio, durante el proceso de gelatinización, facultando a los gránulos de almidón hincharse libremente, logrando mezclas uniformes, sin coágulos. Si la agitación es desmesurada luego de completar la gelatinización puede romper los gránulos y efectuar un aumento de la fluidez de las mezclas de almidón (Martínez et al., 2017, pp. 16-23).
- **Temperatura:** los almidones varían su temperatura de gelatinización, dependiendo el tipo de almidón, y puede completarse a 88-90°C y hasta 95°C (Martínez et al., 2017, pp. 16-23).
- **Tiempo de calentamiento**

Retrogradación

Conocido como el fenómeno opuesto a la gelatinización, sucede cuando las moléculas de almidón gelatinizado se reorganizan, formando estructuras ordenadas, donde de un estado inicial amorfo pasan a un estado final más cristalino, se tiene también la pérdida de solubilidad del almidón disuelto, ya que al enfriar y dejar reposar las pastas de almidón, lentamente se hacen menos solubles, donde la amilosa gelifica fuera del gránulo mientras que la amilopectina

permanece en el gránulo hinchado para recristalizarse y juntas formar una red (Torres Martinez, 2007, pp. 20-21).

1.4.8 *Plastificantes*

Son materiales de baja volatilidad, que se incorporan a un material plástico que se añade a un material plástico para favorecer su producción incrementando su elasticidad, puede disminuir la viscosidad del fundido, así como la temperatura de transición vítrea, el modulo elástico del fundido, su presencia disminuye factores de dureza y la fragilidad (Mexpolímeros, 2018, p. 7). También pueden considerarse aditivos de procesamiento, desafortunadamente, ningún plastificante individual incorpora todas las combinaciones deseadas de las propiedades que se requiere por tanto para cualquier aplicación específica es necesario elegir una combinación correcta de plastificantes ya que existen más de 300 tipos distintos de plastificantes (Mexpolímeros, 2018, p. 7).

Los plastificantes para el procesamiento de películas biodegradables basadas en almidón, poseen viscosidad superior al agua, añadido a una mixtura con el propósito de enriquecer la elasticidad del material interviniendo en la reducción de las uniones intermoleculares, el efecto plastificante puede ser dado por sustancias como: agua, alcoholes, aldehídos, cetonas, ácidos orgánicos, aminas, ésteres, amidas y mezclas entre estos, pero se prefiere utilizar plastificantes cuya presión de vapor sea baja para evitar que este se volatilice al finalizar el proceso de extrusión o de calentamiento. La adición de plastificantes disminuye la temperatura de fusión y la temperatura de transición vítrea, cambiando su comportamiento reológico (Enríquez et al., 2012, pp. 186-187).

El glicerol al ser un plastificante soluble en agua caliente, con características suavizantes, incluye una sustancia plastificante en una matriz polimérica, la elongación y la deformación aumentan mientras que el esfuerzo de ruptura y el módulo de elasticidad disminuyen (Enríquez et al., 2012, pp. 186-187).

Los plastificantes se requieren comúnmente para aumentar la flexibilidad de la película al reducir el enlace del hidrógeno intramolecular a lo largo del polímero, aumentando así el esparcimiento intermolecular, dando como resultado un aumento de la movilidad molecular reduce la transición vítrea y disminuye el grado de cristalinidad, los plastificantes que se utilizan habitualmente son carbohidratos hidrófilos de bajo peso molecular como los polioles (Muscat et al., 2012, pp. 189-190).

1.4.9 Glicerol

Es un compuesto líquido conocido como glicerina, $C_3H_8O_3$, a temperatura ambiente es viscoso incoloro, inodoro y ligeramente dulce que se encuentra en todos los tipos de aceites, así como en grasas animales o vegetales siempre que estén ligados a otros ácidos grasos como puede ser oleico o esteárico. Sus aplicaciones son muy variadas como la fabricación de cosméticos, lubricante, anticongelante, composiciones de medicamentos y como agente plastificante (Lafuente, 2017, pp. 5-9).

En el campo de los bioplásticos la glicerina les brinda las propiedades de dureza y flexibilidad; es decir si se añade menos glicerina el bioplástico resultante será un poco duro, pero si la glicerina es añadida en mayor cantidad el bioplástico obtenido será más flexible, debido a que la glicerina afecta el grado de unión de las moléculas de plástico (Zeng, 2019, p. 82).

1.4.10 Ácido acético

Es uno de los ácidos carboxílicos más utilizados en la industria química como alimentaria, es un compuesto de fórmula química $C_2H_4O_2$ también es denominado ácido metilcarboxílico ácido etanoico, es una sustancia orgánica presente en la composición de vinagre, dándole las características de sabor agrio y olor típico, es un material inflamable y corrosivo a la vez, en proporciones puras puede llegar a ser riesgoso para la salud. Posee numerosas aplicaciones entre las más importantes están: Control de polilla en la apicultura, usos culinarios, tinte médico para revelar lesiones del virus del papiloma humano (VPH) entre otros (Levoso Sánchez, 2016, pp. 1-2).

1.4.11 Biodegradabilidad

Se considera una alternativa actual que busca disminuir el impacto ambiental, misma que integra 2 categorías biodegradación primaria y secundaria o mineralización, se trata de técnicas que señalan “la mineralización de las estructuras orgánicas, por medio de microorganismos, estos microorganismos pueden convertir los bioplásticos en biomasa, metano, agua y dióxido de carbono” (A. Rodríguez, 2012, p. 70).

CAPÍTULO II

2 MARCO METODOLÓGICO

2.1 Planteamiento de las Hipótesis

2.1.1 *Hipótesis General*

- El almidón de arroz y arroz integral puede sustituir a otros almidones comunes, como materia prima en formulación adecuada con plastificantes, para formar envolturas biodegradables.

2.1.2 *Hipótesis Específicas*

- La obtención de almidón de arroz y arroz integral, según el tratamiento de extracción puede variar el porcentaje de rendimiento de los mismos. Además de determinar si cumple los requisitos de materia prima que cumpla con la realización de los métodos de ensayo como: solubilidad, pH, sensibilidad y residuos por calcinación.
- Mediante la elaboración del bioplástico a nivel de laboratorio, con formulaciones adecuadas de almidón de arroz y arroz integral- plastificante, se podrán obtener datos de variación de flexibilidad, dureza, siendo estas características las que determinaran las diferencias entre los bioplásticos obtenidos.
- Mediante la validación de los bioplásticos obtenidos a partir de almidón de arroz blanco e integral se determinará si la película obtenida cumple con las características pertinentes de envoltura biodegradable para alimentos, mediante los respectivos métodos de ensayo: humedad, solubilidad, espesor, ensayo para las propiedades de tracción de láminas plásticas delgadas y biodegradabilidad.

2.2 Identificación de Variables

Tabla 1-2: Variables independientes y dependientes

Etapas del proceso	Variables Independientes	Variables Dependientes
Extracción del almidón	<ul style="list-style-type: none">• Cantidad de muestra	<ul style="list-style-type: none">• Velocidad• Tiempo

	<ul style="list-style-type: none"> • Secado 	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura de secado • Tiempo de secado
	<ul style="list-style-type: none"> • Tamizado 	<ul style="list-style-type: none"> • Diámetro de partícula
Caracterización de los almidones obtenidos	<ul style="list-style-type: none"> • Métodos de ensayos 	<ul style="list-style-type: none"> • Solubilidad • Sensibilidad • Residuos por calcinación • Densidad Aparente • Punto de Gelatinización • pH • Contenido de humedad
Elaboración del Bioplástico	<ul style="list-style-type: none"> • Concentración de almidón-plastificante 	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura • Agitación • Estabilidad • Punto de gelatinización del almidón. • Tiempo de secado de bioplástico
Validación del bioplástico obtenido a partir de almidón de arroz blanco e integral	Métodos de ensayo	<ul style="list-style-type: none"> • Solubilidad • Permeabilidad al vapor de agua • Humedad • Biodegradabilidad • Ensayos de tracción

Realizado por: Gavilanes Ruiz, Lizbeth, 2021.

2.3 Operacionalización de Variables

Tabla 2-2: Operacionalización de Variables

Categoría	Concepto	Dimensiones	Variables	Indicadores	Instrumentos de medición	Valor
Obtener un bioplástico a partir de almidón de arroz blanco (<i>Oryza sativa</i>) y arroz integral como envoltura para alimentos	Según (A. Rodríguez, 2012, p.70) estos polímeros tienen origen en materias orgánicas, de ahí el concepto de plásticos biodegradables o bioplásticos, pueden degradarse por la acción de microorganismos a corto plazo.	Extraer el almidón de arroz blanco (<i>Oryza sativa</i>) e integral	• Cantidad de muestra	Peso	Balanza	200 g
			• Tamizado	Diámetro de partícula	Torre de tamices	106µm
			• Velocidad	Dirección y sentido de movimiento de un cuerpo	Licuadora	Alta-Baja
			• Tiempo de secado	Horas	Cronómetro	10 h – almidón de arroz blanco 24h- almidón de arroz integral
		Caracterizar el almidón obtenido a partir de arroz blanco e integral	• Temperatura de secado	Grados Celsius	Estufa	45°C
			• Punto de gelatinización	Grados Celsius	Termómetro	77°C-78°C
			• pH	Acidez, alcalinidad	PHímetro	5-7
			• Sensibilidad • Residuos por calcinación • Solubilidad • Densidad Aparente • Contenido de humedad			
		Obtener bioplásticos a partir de almidón de arroz blanco e integral a nivel de laboratorio	• Tiempo de secado de los bioplásticos	Horas	Cronómetro	48h-72h
			• Temperatura de secado de los bioplásticos	Grados Celsius	Termómetro	20°C-30°C
			• Agitación • Concentración almidón-plastificante			

		Validar los bioplásticos obtenidos a partir de arroz blanco e integral	<ul style="list-style-type: none"> • Humedad • Solubilidad • Permeabilidad al vapor de agua • Espesor • Ensayos de tracción • Biodegradabilidad 			
--	--	--	---	--	--	--

Realizado por: Gavilanes Ruiz, Lizbeth, 2021.

2.4 Matriz de Consistencia

Tabla 3-2: Matriz de Consistencia

Aspectos Generales				
Problema General	Objetivo General		Hipótesis General	
Debido al aumento de la contaminación por residuos plásticos, se ha visto la necesidad de elaborar bioplásticos teniendo en cuenta sus puntos fuertes que son a partir de productos renovables y son biodegradables.	Elaborar bioplásticos a partir del almidón de arroz (<i>Oryza sativa</i>) y arroz integral para uso como envolturas biodegradables de alimentos.		El almidón de arroz y arroz integral puede sustituir a otros almidones comunes, como materia prima en formulación adecuada con plastificantes, para envolturas biodegradables.	
Aspectos Específicos				
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Variables de las Hipótesis Específicas	Técnicas de recolección de datos
Se desconoce la velocidad y el tiempo con el que se obtendrá un buen rendimiento de almidón de arroz blanco e integral y si los almidones obtenidos cumplen con parámetros establecidos al realizar los métodos de ensayo (adaptados de	<ul style="list-style-type: none"> • Obtener el almidón de arroz (<i>Oryza sativa</i>) y arroz integral. • Determinar el 	HI: La caracterización de las muestras de almidón de arroz blanco y arroz integral contribuyen, al porcentaje de amilopectina y amilosa que	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad de muestra • Temperatura 	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis bibliográfico <p>Ensayos adaptados de la norma NTE INEN 1456</p> <ul style="list-style-type: none"> • Solubilidad • pH

<p>la norma (NTE INEN 1456, 2013) y (FAO et al., 2007)), ya que es materia prima para obtener bioplásticos para envolturas de alimentos</p>	<p>porcentaje de rendimiento de los almidones extraídos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Caracterizar el almidón obtenido del arroz (<i>Oryza sativa</i>) y arroz integral mediante los métodos de ensayo: solubilidad, pH y residuos por calcinación. 	<p>contienen los grano de arroz y se pueda llevar a cabo la reacción de polimerización, además de determinar si cumple los requisitos de materia prima que cumple con la realización de los respectivos métodos de ensayo.</p>		<ul style="list-style-type: none"> • Residuos por calcinación • Sensibilidad • Temperatura de gelatinización • Densidad aparente • Contenido de Humedad
<p>Se desconoce las composiciones almidón-plastificante de las muestras a obtener y las condiciones de operación para obtener los bioplásticos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Obtener los bioplásticos a nivel de laboratorio a partir del almidón de arroz blanco y arroz integral. • Comparar los 	<p>H2: Mediante la elaboración del bioplástico, con formulaciones adecuadas de almidón de arroz y arroz integral, plastificantes, se podrán obtener datos de variación de flexibilidad, dureza, siendo estas características las que determinaran las diferencias</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Concentración de almidón-plastificantes 	<ul style="list-style-type: none"> • Ensayos preliminares, donde se controlan: • Temperatura • pH • facilidad de moldeo • estabilidad • verificar si forma o no la película

	bioplásticos obtenidos del arroz (<i>Oryza sativa</i>) y arroz integral.	entre los bioplásticos obtenidos.		
No se ha determinado un control en cuanto a los ensayos de validación de películas bioplásticas, así como a las características de calidad para su uso	Validar los bioplásticos obtenidos mediante su caracterización mediante métodos de ensayo: solubilidad, humedad, espesor, ensayo de tracción, y biodegradabilidad, para satisfacer requerimientos necesarios para su posterior uso.	H3: Mediante los ensayos de validación de las películas bioplásticas obtenidas a partir del arroz blanco e integral se determinará si la película cumple con las características pertinentes para ser una envoltura biodegradable para alimentos.	<ul style="list-style-type: none"> • Humedad • Solubilidad • Biodegradabilidad • Espesor • Permeabilidad al vapor de agua • Ensayo de tracción 	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión Bibliográfica • Adaptando las respectivas normas como: INEN 891 1982-11; NTE INEN 2635:2012

Realizado por: Gavilanes Ruiz, Lizbeth, 2021.

2.5 Tipo y diseño de la Investigación

La presente investigación es experimental, por la manipulación de variables y para ello se realizó en base al método factorial 2^k , para identificar el método (tratamiento) adecuado para la obtención de almidón de arroz blanco e integral, con un buen porcentaje de rendimiento, para ello se realizó 6 tratamientos con 4 repeticiones cada uno, en los cuales varía la velocidad de la licuadora (alta y baja) y el tiempo de triturado (2, 3 y 4 minutos), debido a que el arroz es un grano duro. Mientras que para la elaboración de los bioplásticos se utilizó el mismo diseño factorial con 4 tratamientos y 4 repeticiones de cada uno, manteniendo constante la concentración de agua destilada y variando la concentración de la glicerina (plastificante), con una adecuada composición de almidón de arroz blanco e integral, el vinagre no fue necesario utilizar debido a que brinda características de rigidez a las biopelículas, de esto va depender el éxito de los experimentos y siempre que se midan las variaciones con precisión, repitiendo el experimento, en diferentes condiciones obteniendo resultados que presenten cierta variabilidad.

2.6 Unidad de Análisis

Para la presente investigación se trabaja con 2 unidades de análisis como el arroz blanco y arroz integral, donde su objetivo es obtener biopelículas a partir de almidón de arroz (*Oryza sativa*) y arroz integral, para la obtención de las biopelículas se realizaran cuatro formulaciones obteniendo cuatro láminas biodegradables. Para efectuarles los respectivos métodos de ensayo, mencionados anteriormente, y que se realizaran por triplicado.

2.7 Población de Estudio

La población de estudio de esta investigación corresponderá a muestreos de arroz blanco e integral en la ciudad de Riobamba provincia de Chimborazo, en especial la sección de cereales de los mercados como: San Alfonso y la Condamine. Beneficiando de manera directa el estudio experimental del Grupo de Investigación Ambiental y Desarrollo de la ESPOCH, en la obtención de bioplásticos a partir de productos agrícolas del Ecuador, aportando un valor agregado de estos productos y favoreciendo de manera indirecta al fortalecimiento de la agricultura del país.

2.8 Tamaño de Muestra

Se realizará la extracción del almidón de arroz blanco (*Oryza sativa*) y arroz integral por vía húmeda, donde se tomarán datos de cada uno de los tratamientos realizados para posteriormente con la ayuda del análisis estadístico ANOVA, determinar si las medias de los rendimientos son significativamente iguales, en caso de ser así se acepta la hipótesis nula y si las medias son distintas, se aceptará la hipótesis alterna, en caso de aceptar esta última se realizará la Prueba Tukey para saber cuánta diferencia significativa existen entre las medias de los rendimientos obtenidos del almidón de arroz blanco e integral.

Para la obtención de los bioplásticos a partir de almidón de arroz blanco y almidón de arroz integral se variará la glicerina (plastificante) y almidón blanco e integral, hasta encontrar las biopelículas con las formulaciones favorables.

2.9 Selección de la Muestra

- Realizar una visita in-situ a los mercados agroalimentarios de la ciudad de Riobamba (San Alfonso y la Condamine).
- Verificar la calidad del arroz blanco e integral mediante observación.

Las variedades de arroz utilizados inicialmente en el presente proyecto son:

- Arroz blanco envejecido Conejo (grano largo)
- Arroz Integral Súper Extra

2.10 Técnicas de Recolección de Datos

La presente investigación se basa en artículos científicos, tesis, documentos que tratan el mismo tema, así como la mayor parte de datos experimentales se realizaron en el laboratorio de investigación mediante experimentación y observación, tanto en la extracción, obtención de los almidones de arroz blanco e integral, así como para mejorar el rendimiento de cada uno de ellos y en la elaboración de las biopelículas.

2.10.1 Extracción del almidón de Arroz blanco e Integral

La extracción de almidón se realizó por vía húmeda usando el método factorial 2^k , a partir de 2 variables: tiempo (2, 3, 4 minutos), debido a que el grano de arroz blanco es duro, y aún más el grano de arroz integral por conservar el salvado, y velocidad (alta y baja), obteniendo 6 tratamientos con 4 repeticiones cada uno.

Tabla 4-2: Técnica de extracción de almidón de arroz blanco e integral

Materiales	Sustancias	Procedimiento	Método de Ensayo
<ul style="list-style-type: none"> • Licuadora • Balanza digital y analítica • Cronómetro • Recipientes de plástico • Espátula cuchara de laboratorio • Probeta • Tela Filtrante • Colador • Estufa a 45°C • Bandejas de aluminio descartables • Guantes • Mortero y pistilo • Fundas ziploc 	<ul style="list-style-type: none"> • Agua Purificada • Arroz blanco • Arroz integral 	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis Físicos de la materia prima, determinar el peso, longitud y espesor de los granos de arroz blanco e integral. • Pesar 200g de arroz blanco, 200g de arroz integral. • Triturar el arroz blanco, con ayuda de una licuadora. Se realiza el mismo proceso para el arroz integral. • Mezclar las muestras del arroz blanco (200g), con 600 ml de agua purificada, para cada muestra utilizando intervalos de tiempo (2, 3 y 4 minutos), a velocidades alta y baja respectivamente, teniendo una totalidad de 24 tratamientos, de los cuales se determinará el o los mejores rendimientos, a través del análisis de varianza (ANOVA) y Prueba Tukey. • Lavar el arroz hasta 4 veces para la obtención de mayor cantidad de almidón. • La mezcla se filtrará, el almidón traspasará el filtro junto con el agua. • Sedimentación: Dejar en reposo por 10 horas para el arroz blanco y 6 horas para el arroz integral, el almidón se asentará en el fondo del recipiente utilizado. • Decantar el sobrenadante, con un tubo de catéter o con una manguera. • Secar el sedimento obtenido, en bandejas de aluminio, colocando el almidón húmedo de manera uniforme y colocar en una estufa a 45°C por 10 h para el almidón de arroz blanco y 24 horas para el almidón de arroz integral. • Triturar el almidón seco con la ayuda de un mortero o para mayor facilidad se puede realizar en la licuadora. • Tamizar los almidones, Según (FAO et al., 2007), el 95% de los gránulos debe atravesar la malla 106µm. • Almacenar en las fundas ziploc a temperatura ambiente, para conservar sus propiedades. 	<p>(Marichelvam et al., 2019, pp. 4-5)</p>

Realizado por: Gavilanes Ruiz, Lizbeth, 2021.

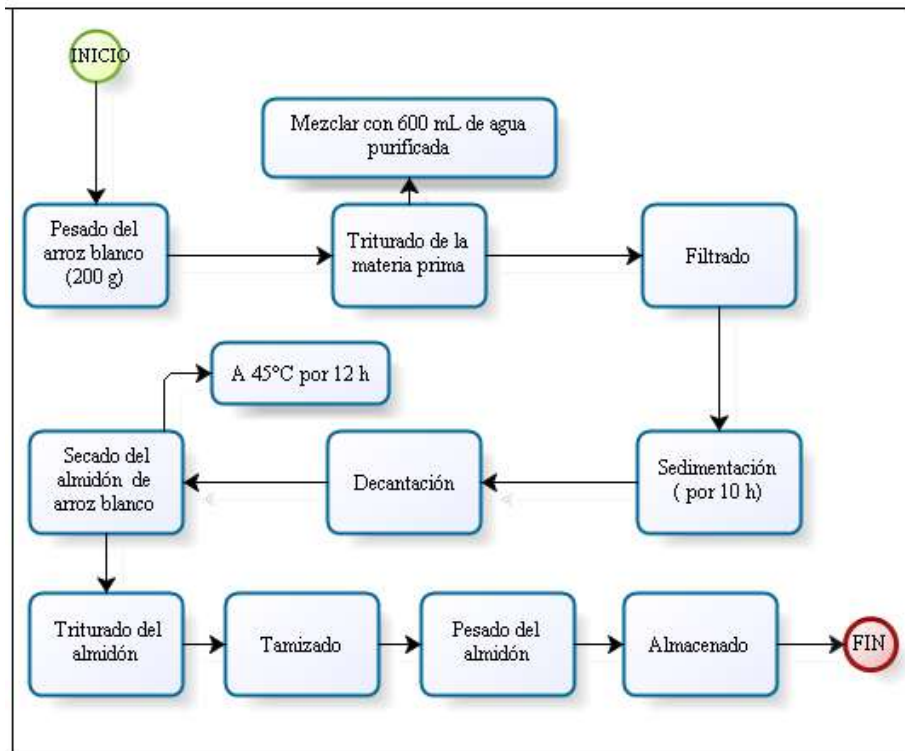


Figura 1-2: Diagrama de flujo para la obtención de almidón de arroz blanco

Realizado por: Gavilanes Ruiz, Lizbeth, 2021.

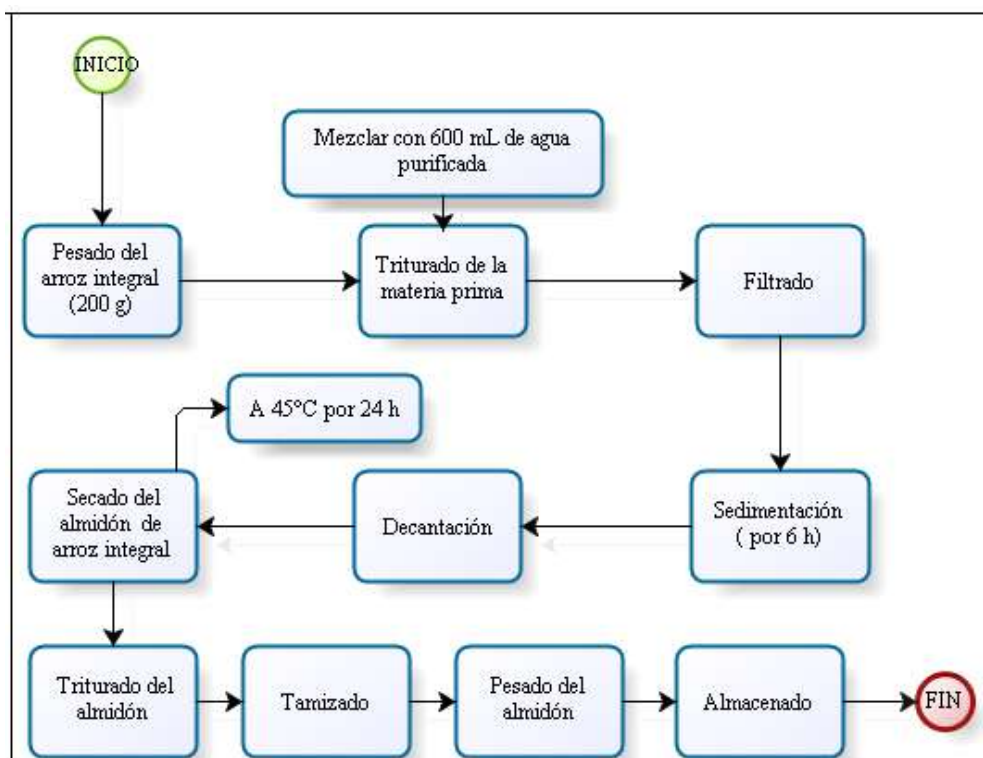


Figura 2-2: Diagrama de flujo para la obtención de almidón de arroz blanco

Realizado por: Gavilanes Ruiz, Lizbeth, 2021.

2.10.1.1 Técnica para la caracterización de los almidones obtenidos a partir de arroz blanco e integral

Tabla 5-2: Métodos de Ensayos fisicoquímicos para el almidón de arroz blanco e integral

N°	Ensayo
1	Distribución del tamaño de gránulo
	Materiales y Equipos <ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica • Torre de tamices con base y tapa
	Procedimiento <ul style="list-style-type: none"> • Pesar cada tamiz vacíos y limpios • Pesar 100 g de muestra de almidón y transferir al tamiz de la parte superior del grupo de tamices • Agitar el grupo de tamices, hasta que la cantidad de almidón que pasa a través de la parte superior del grupo de tamices sea significativa (aproximadamente 10 minutos) • Remover el tamiz de la parte superior y agitar hasta que la cantidad de almidón a través del siguiente tamiz sea significativo • Continuar de igual forma con los otros tamices hasta que todos sean removidos. • Pesar cada uno de los tamices y el fondo con sus respectivas fracciones de almidón
	Cálculos e interpretación de resultados Ecuación 1-2: Distribución del tamaño de gránulo <p style="text-align: center;">Peso neto individual = (peso tamiz + fracción de almidón) – peso de cada tamiz vacío</p> Ecuación 2-2: Gran total para la distribución del tamaño de gránulo $\text{Gran total} = \sum \text{pesos netos individuales}$
	Valores de Referencia <ul style="list-style-type: none"> • El 100% o el 95% debe pasar a través de un tamiz de malla 140 (106 µm)
	Método de Ensayo (FAO et al., 2007, p. 61)
2	Sensibilidad
	Materiales y Equipos <ul style="list-style-type: none"> • Balanza Analítica • Vasos de precipitación de 25 ml y 250 ml • Reverbero • Probeta graduada de 200 ml • Pipetas graduadas • Pera de succión Reactivos <ul style="list-style-type: none"> • Ioduro de Potasio R.A • Solución de Iodo 0,1 N • Solución de tiosulfato de sodio 0,1 N

	<p>Procedimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • En un vaso de precipitación de 25 ml, pesar 1 g de almidón, añadir 5 ml de agua fría y agitar • Transferir totalmente la suspensión en un vaso de precipitación de 200ml de agua hirviendo • Enfriar y añadir 5ml de esta solución a 100 ml de agua que contiene 50 mg de Ioduro de potasio. • Añadir 0,05 ml de solución de Iodo a 0,1 N. • El ensayo se realizará por duplicado. <p>Interpretación de Resultados</p> <p>Se considera que la muestra cumple con el requisito cuando: se produce un color azul profundo que desaparecerá con la adición de 0,05ml de solución de tiosulfato de sodio a 0,1N.</p> <p>Método de Ensayo</p> <p>(NTE INEN 1456, 2013, p. 4)</p>
3	<p>Determinación de pH</p> <p>Materiales y Equipos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Medidor de pH • Agitador de Laboratorio <p>Reactivos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Soluciones de calibración de pH estándar <p>Procedimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Normalizar el medidor de pH a 25°C, sumergiendo los electrodos en solución tampón de pH 7,0 y ajustar el control a esta temperatura. • Con el control de asimetría ajustar el instrumento al valor de pH correcto de la solución tampón. • Con el control correspondiente retornar al equipo a su posición de reposo. • Lavar los electrodos con agua destilada y secarlos con papel absorbente. • Sumergir los electrodos en la solución que deberán estar a 25°C. • La solución es 5g de almidón en 25 ml de agua destilada, agitar por 30 minutos a 100 RPM en el shaker. • Accionar el control de lectura y leer el pH. • El ensayo se realizará por triplicado. <p>Interpretación de Resultados</p> <ul style="list-style-type: none"> • Considerar que las muestras cumplen con el requisito, si el pH obtenido se encuentra entre 5,0-7,0 <p>Método de Ensayo</p> <p>(NTE INEN 1456, 2013, pp. 1-2)</p>
4	<p>Contenido de Humedad y Materia seca</p> <p>Materiales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Balanza Analítica • Crisoles de Porcelana • Estufa a 80°C constante y ventilación forzada • Desecador • Guantes para alta temperatura • Pinza para crisol <p>Procedimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pesar los crisoles previamente tarados (Mr) • Pesar en el crisol vacío 5 gramos de almidón (Mh) • Colocar el crisol con la muestra en la estufa a 80°C durante 24 horas

	<ul style="list-style-type: none"> • Enfriar los crisoles en el desecador, hasta obtener peso constante (30-40 minutos) (Ms) • Pesar los crisoles con la muestra de almidón seco
	<p>Cálculos e Interpretación de Resultados Los ensayos se realizaran por triplicado Ecuación 3-2: Cálculo de humedad</p> $\% \text{ de humedad} = \frac{(Mh - Ms)}{(Ms - Mr)} \times 100$ <p>Ecuación 4-2: Porcentaje de Materia seca</p> $\% \text{ Materia seca} = 100 - \% \text{ de humedad}$ <p>Dónde: Mh = peso del recipiente más la muestra húmeda (gramos) Ms = peso del recipiente más la muestra seca (gramos) Mr = peso del recipiente (gramos)</p>
	<p>Valores de referencia El contenido de materia seca debe estar entre 87-90 %</p>
	<p>Método de Ensayo (FAO et al., 2007, p. 62)</p>
5	<p>Residuos por calcinación</p> <p>Equipos y Materiales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica • Mufla • Reverbero • Campana extractora de gases • Crisoles de porcelana • Desecador • Pinza para crisol • Guantes para alta temperatura <p>Procedimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tarar los crisoles de porcelana • Pesar aproximadamente 1g de almidón en base seca en un crisol de porcelana • Calentar el crisol de porcelana hasta ignición en un reverbero bajo la campana extractora de gases. • Colocar el crisol de porcelana con la respectiva muestra carbonizada en la mufla a 550°C, durante 3 horas y media. • Enfriar el crisol con las cenizas, hasta obtener un peso constante. • Pesar el crisol con las cenizas y calcular la cantidad de cenizas y expresar el resultado como porcentaje de cenizas totales. <p>Interpretación de Resultados El ensayo se realizará por triplicado. El contenido de residuo por calcinación se deberá obtener utilizando la siguiente ecuación:</p> <p>Ecuación 5-2: Residuos por calcinación</p> $R = \frac{m1}{m} \times 100$ <p>Siendo: R= residuo por calcinación m1= masa del residuo en gramos m= masa de la muestra en gramos</p>
	<p>Valores de referencia</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se debe considerar que la muestra del residuo obtenido no deberá ser mayor a 0,12 por ciento
	<p>Método de Ensayo (FAO et al., 2007, p. 91)</p>

6	<p>Temperatura de Gelatinización</p> <p>Materiales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Termómetro con escala de 0°C-100°C • Reverbero • Malla para reverbero • Vaso de precipitación de 100 ml y 500 ml • Pinzas para vaso de precipitación • Probeta <p>Procedimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pesar 5 gramos de almidón en base seca, mezclar con agua destilada y completar hasta 50 ml • Calentar a baño María • Agitar la suspensión con el termómetro constantemente, hasta que se forma una pasta y la temperatura permanezca estable por unos segundos • Leer la temperatura de gelatinización • Este ensayo se realizará por triplicado. <p>Interpretación de Resultados La temperatura de gelatinización se lee directamente del termómetro. Según (Altamirano, 2017), La temperatura de gelatinización en finalización Tc °C del arroz blanco oscila 79 ± 4°C. La temperatura de gelatinización en finalización Tc °C del arroz integral oscila 74,6 ± 0,8°C</p> <p>Método de Ensayo (FAO et al., 2007, p. 72)</p>
7	<p>Índice de absorción de agua, Índice de Solubilidad en agua y Poder de Hinchamiento</p> <p>Materiales y Equipos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tubos de centrífuga de plástico de 50 ml • Balanza analítica • Termómetro • Vasos de precipitación de 50 ml • Estufa con temperatura constante • Baño maría con calentamiento constante <p>Procedimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pesar tubos de centrífuga secos a 60°C • Pesar en los tubos 1,25g de almidón en base seca y agregar 30 ml de agua destilada y agitar. • Colocar en baño de agua a 60°C, durante 30 minutos agitar la suspensión cada 10 minutos después de haber iniciado el calentamiento. • Centrifugar a temperatura ambiente a 4900 RPM, durante 30 minutos • Decantar el sobrenadante inmediatamente después de centrifugar y medir el volumen. • Tomar 10 ml del sobrenadante y colocar en un vaso de precipitación de 50 ml previamente pesado. • Secar el sobrenadante en un horno, durante toda la noche a 70°C. • Pesar el tubo de centrífuga con el gel. • Pesar el vaso de precipitación con los insoluble

	<p>Cálculos e interpretación de resultados</p> <p>El presente ensayo se realizará por triplicado</p> <p>Ecuación 6-2: Índice de absorción de agua (IAA)</p> $\text{Índice de absorción de agua(IAA)} = \frac{\text{Peso gel(g)}}{\text{peso muestra(g)bs}}$ <p>Ecuación 7-2: Índice de Solubilidad en agua (ISA)</p> $\text{Índice de Solubilidad en agua(ISA)} = \frac{\text{Peso solubles(g)} \times V \times 10}{\text{Peso muestra(g)bs}}$ <p>Ecuación 8-2: Poder de Hinchamiento (PH)</p> $\text{Poder de Hinchamiento (PH)} = \frac{\text{Peso gel (g)}}{\text{Peso muestra(g)} - \text{Peso solubles(g)}}$
	<p>Valores de Referencia</p> <ul style="list-style-type: none"> • Índice de absorción de agua 0,82 g gel/g muestra. • Índice de solubilidad en agua entre 0,27- 12,32% • Poder de Hinchamiento entre 0,79 y 15,45
	<p>Método de Ensayo (FAO et al., 2007, pp. 73-74)</p>
8	<p>Densidad Aparente</p> <p>Materiales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica • Probeta graduada de 250 ml • Embudo • Espátula <p>Procedimiento</p> <p>Densidad Aparente del almidón suelto</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pesar la probeta graduada vacía • Adicionar cuidadosamente con una espátula la muestra de almidón a la probeta de 250 ml por medio de un embudo hasta que el volumen total sea libremente completado <p>Densidad Aparente del almidón empacado</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sostener la probeta con la muestra de almidón, realizar vibración y adicionar el almidón hasta que el volumen ocupado sea el valor mínimo • Realizar vibración durante 5 minutos, a una misma frecuencia y amplitud de manera que la probeta vibre rítmicamente en la base • Medir el volumen de la muestra empacada

	<p>Interpretación de Resultados</p> <p>Densidad Aparente del almidón suelto (g/ml) El presente ensayo se realizará por triplicado</p> <p>Ecuación 9-2: Densidad Suelta</p> $\frac{[(\text{Peso probeta} + \text{almidón suelto})(\text{g})] - \text{peso probeta vacía (g)}}{50 \text{ mL}}$ <p>Densidad Aparente del almidón empacado (g/ml)</p> <p>Ecuación 10-2: Densidad Empacada</p> $\frac{[(\text{Peso probeta} + \text{almidón empacado})(\text{g})] - \text{peso probeta vacía (g)}}{50 \text{ mL}}$ <ul style="list-style-type: none"> • El almidón debe tener una densidad promedio de aproximadamente 1,560 g/ml <p>Método de Ensayo (FAO et al., 2007, p. 65)</p>
9	<p>Viscosidad Brookfield</p> <p>Materiales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica • Termómetro • Varilla de agitación • Reverbero • Vaso de precipitación de 500 ml • Vaso de precipitación de 1000 ml • Viscosímetro Brookfield DV- 1 • Caja de Agujas para el Brookfield <p>Procedimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pesar 25 gramos de almidón en base seca, disolver con agua destilada y completar a 500 ml • Colocar la suspensión en un vaso de precipitación de 1000 ml, con agitación hasta ebullición aproximadamente por 15 minutos • Enfriar el gel hasta 25°C • Medir la viscosidad a 25°C, con una velocidad de 10 RPM <p>Interpretación de Resultados</p> <p>La viscosidad se debe reportar sin decimales en centipoise (cP), informar el método utilizado: la concentración de la suspensión de almidón, temperatura, velocidad y número de aguja utilizada.</p> <p>La viscosidad varía entre 840-1500 cP a 25°C y con una velocidad de 10 RPM</p> <p>Método de Ensayo (FAO et al., 2007, p. 66)</p>

Realizado por: Gavilanes Ruiz, Lizbeth, 2021.

2.10.2 Obtención del Bioplástico

Se utilizó el diseño estadístico 2^k , donde el 2 representa la variación de la cantidad de almidón de arroz blanco e integral y glicerina como plastificante, mientras que k, corresponde al número de repeticiones que para este diseño son 4, entonces el diseño factorial para la presente investigación tendrá la totalidad de 16 pruebas con 4 tratamientos.

Tabla 6-2: Diseño factorial 2^k , para la obtención de bioplásticos a partir de almidón de arroz blanco

CA (g)	Límite alto	7	DE = 2^K		
	Límite bajo	5			
			1,25	2,14	CP (ml)
			Límite bajo	Límite alto	

Realizado por: Gavilanes, Lizbeth.2021

Tabla 7-2: Diseño factorial 2^k , para la obtención de bioplásticos a partir de almidón de arroz integral

CA (g)	Límite alto	5	DE = 2^K		
	Límite bajo	3			
			0,88	1,25	CP (ml)
			Límite bajo	Límite alto	

Realizado por: Gavilanes, Lizbeth.2021

Tabla 8-2: Técnica para la obtención de bioplásticos

N°	Obtención de los bioplásticos
	<p>Materiales y Equipos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Balanza Analítica • Reverbero • Termómetro • Pinzas para vaso de precipitación • Varilla de Agitación

	<ul style="list-style-type: none"> • Cronómetro • Vasos de precipitación de 250 ml y 500 ml • Toallas • Cajas Petri • Moldes de vidrio pyrex 25cm × 20cm • Probetas de 10 ml, 25 ml, 50 ml • Pipetas graduadas de 10 ml • Pera de succión
	<p>Reactivos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Agua destilada • Ácido acético • Glicerina • Pectina • Almidón de arroz blanco con tamaño de gránulo de 63 μm • Almidón de arroz integral con tamaño de gránulo de 63 μm
	<p>Procedimiento específico para tratamiento A2 de la presente investigación</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pesar 5 gramos de almidón en un vaso de precipitación de 250 ml • Adicionar 64 ml de agua destilada • Colocar el vaso de 250 ml con la suspensión en el vaso de 500 ml, el proceso se llevará a cabo a baño maría. • Adicionar 1,25 gramos de glicerina cuando la suspensión de almidón y agua haya llegado a los 60°C, la agitación deberá permanecer constante desde el inicio del proceso, hasta llegar a la temperatura de gelatinización del almidón. • Una vez llegada a la temperatura de gelatinización se debe colocar en las cajas petri, o a su vez en los pyrex, (conocido como el método de casting, donde un líquido es vertido en un molde y dejado para su reacción, para formar un objeto rígido que reproduce la cavidad del molde (Aleman et al., 2020, p. 1). • Dejar secar a temperatura ambiente por 48 horas • Retirar los bioplásticos de las cajas petri y colocarlas en papel de despacho a temperatura ambiente

Fuente: (Marichelvam et al., 2019, pp. 4-5)

Realizado por: Gavilanes Ruiz, Lizbeth, 2021

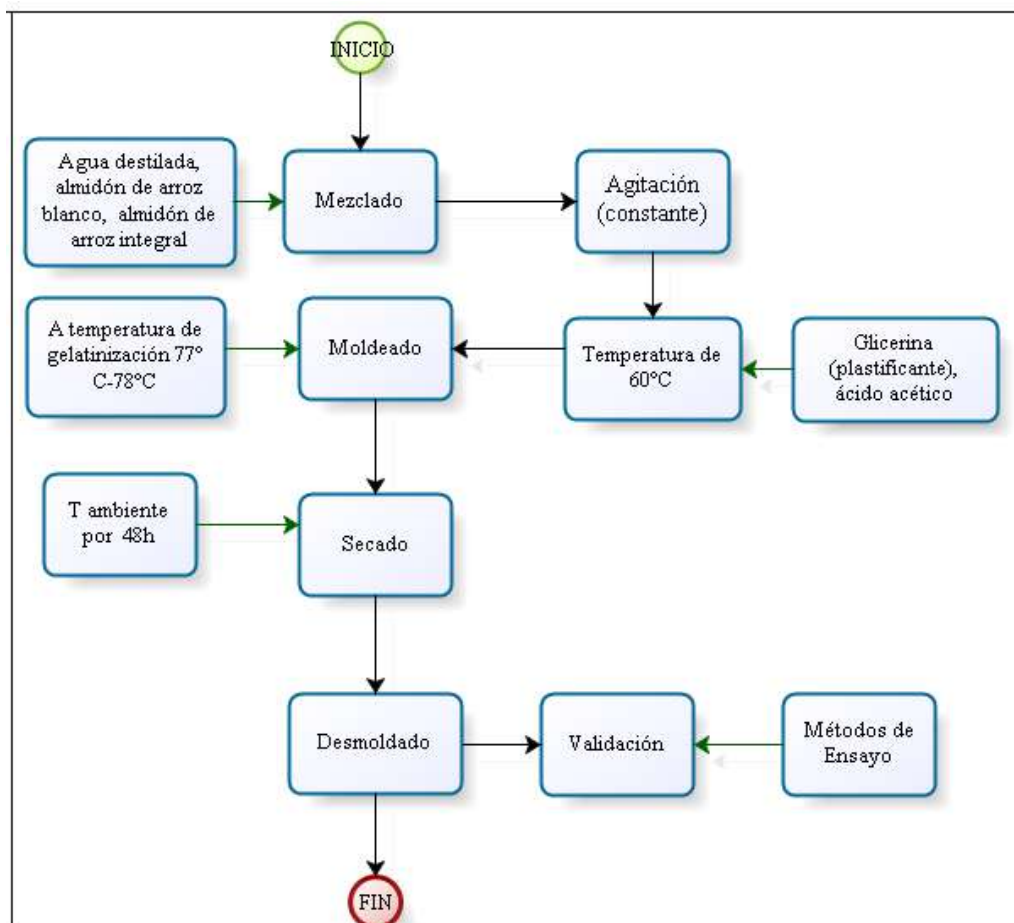


Figura 3-2. Diagrama de flujo para la obtención de los bioplásticos

Realizado por: Gavilanes Ruiz, Lizbeth, 2021.

Tabla 9-2: Técnicas para la caracterización de las biopelículas

N°	Ensayo
1	Humedad
	La humedad se determinó pesando las películas secadas al ambiente y posteriormente, colocadas en un crisol previamente tarado en una estufa a 105°C, durante 24 horas. Se realizaron 3 ensayos por cada muestra. Ecuación 11-2: Humedad para las biopelículas $\% \text{ de humedad} = \frac{\text{peso inicial de la película} - \text{peso final de la película}}{\text{peso inicial de la película}} \times 100$
	Método de Ensayo Ensayo basado en el tema “Biolásticos a base de almidón de maíz y arroz como materiales de envasado alternativos” por (Marichelvam et al., 2019, pp. 6-7)
2	Solubilidad en el agua
	Procedimiento <ul style="list-style-type: none"> • Cortar las películas en dimensiones de 2,5cm x 2,5 cm • Colocar las películas secas en frascos pequeños y colocar 80 ml de agua destilada, con una agitación de 100 RPM durante 1 hora • Posteriormente filtrar y colocar las películas en una estufa a 40°C, hasta que se seque y luego a

	<p>105°C hasta que obtengan peso constante</p> <p>Se realizaron ensayos por triplicado</p> <p>Ecuación 12-2: Porcentaje de Solubilidad de las biopelículas</p> $\% \text{ de Solubilidad} = \left(\frac{\text{peso inicial seco} - \text{peso final seco}}{\text{peso inicial seco}} \right) \times 100$ <p>Método de Ensayo</p> <p>Ensayo basado en el tema “PELÍCULAS BIODEGRADABLES Y COMESTIBLES DESARROLLADAS EN BASE A AISLADO DE PROTEÍNA DE SUERO LÁCTEO: ESTUDIO DE 2 MÉTODOS DE ELABORACIÓN Y DEL USO DEL SORBATO DE POTASIO COMO CONSERVADOR”(Charro, 2015, p. 32)</p>
3	<p>Espesor</p> <ul style="list-style-type: none"> • Medir el espesor con un calibrador pie de rey, en diez puntos igualmente distribuidos a lo ancho de la lámina y en ángulo recto. • Es recomendable para evitar controversias y confusiones, se deberá condicionar la lámina antes del ensayo, sometiendo la lámina durante 18 horas 20±2°C. • Las láminas deberán ser recortadas en medidas de 2,5cm×2,5cm cada una, se recomienda utilizar 10 películas, el resultado se registrará con el promedio de las mismas. <p>Método de Ensayo</p> <p>Este método de ensayo fue basado en la investigación realizada por (González et al., 2011, p. 332) con el tema “Proteína de soja reticulada como material para películas biodegradables: Síntesis, caracterización y biodegradación”</p>
4	<p>Permeabilidad al Vapor de agua</p> <p>Procedimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se empleó el método desecante, donde se utiliza gel de sílice previamente activado a 105°C por 24 horas • Llenar las ¾ partes de los tubos de ensayo, para mezclar puesto que serán pesados durante 6 horas • Medir la altura y el diámetro de los tubos de ensayo utilizados para este método • Cortar las películas en dimensiones de 2,5 x 2,5 cm para cada muestra, estas películas se colocan en la boca de los tubos de ensayo y se deberá sellar herméticamente • Posterior a esto son colocados en un desecador con un ambiente de humedad relativa 48%-52%, en el fondo del desecador se colocó una solución saturada de cloruro de sodio y a una temperatura de 20°C-27°C, las muestras fueron pesadas durante 6 horas consecutivas • El ensayo se realizará por triplicado. <p>Ecuación 13-2: Tasa de transmisión de vapor</p> $WVTR = \frac{(Q/t)}{A} \text{ expresado en } \left(\frac{g}{h \times m^2} \right)$ <p>Dónde:</p> <p>Q = peso ganado del desecante en gramos</p> <p>WVTR= Tasa de transmisión de vapor de agua</p> <p>t = tiempo de la prueba en horas</p> <p>A= área total de la biopelícula</p> <p>Ecuación 14-2: Transmisión de vapor de agua</p>

	$WVP = \frac{WVTR \times z}{S'(HR_2 - HR_1)}$ <p>Dónde:</p> <p>WVP = es la permeabilidad al vapor de agua en (g * h⁻¹ * m⁻¹ * MPa⁻¹)</p> <p>WVTR= es la pendiente de la curva (g/h) sobre el área expuesta de la lámina (g/h*m)</p> <p>S' = es la presión de vapor de agua a la temperatura de ensayo (MPa) (T = 20°C)</p> <p>HR₂= es la humedad relativa de la cámara con solución de cloruro de sodio saturada (HR₂=75%)</p> <p>HR₁= es la humedad relativa en el interior de la celda (HR₁= 0%)</p> <p>z = espesor (m)</p> <p>Método de Ensayo</p> <p>Basado en la ASTM D1653-93: Métodos de prueba estándar para la transmisión de vapor de agua de una película de recubrimiento orgánico</p> <p>Fuente: (Nuñez, 2014, p. 38)</p>
5	<p>Ensayo de Tracción</p> <p>Fundamento: Las probetas deben ser deformadas a lo largo de su eje mayor, con una velocidad constante y aplicando una fuerza determinada hasta que esta probeta se rompa, cuando la carga o el alargamiento presente cierto valor, de manera que se puedan medir las propiedades mecánicas (alargamiento, límite elástico o carga de rotura).</p> <p>Materiales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Máquina Universal de Ensayos- WAW600B. • Probeta tipo A especificada en la (NTE INEN 2043:2013, 2013, p. 4) • Probetas de Bioplástico a partir de almidón de arroz blanco, arroz integral. <p>Procedimiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El presente ensayo fue realizado en el laboratorio LenMav y las probetas para cada formulación se realizaron por triplicado. <p>Método de Ensayo</p> <p>Método de Ensayo para las propiedades de tracción para láminas plásticas delgadas (INEN NTE 2635:2012, 2012)</p>
6	<p>Biodegradabilidad</p> <p>Biodegradabilidad Aerobia</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cortar las películas biodegradables en medidas 2,5cm×2,5cm. • Recoger 200g de tierra con un ligero contenido de humedad y almacenar en un contenedor • Medir el pH de tierra a utilizar, colocando 2gramos de tierra en un frasco, adicionar 80 ml de agua destilada, agitar a 100RPM por 30 minutos. • Las películas deben ser enterradas en el interior del suelo a 2 cm de profundidad • Pesar las películas antes y después del ensayo, durante 7, 14, 21 y 28 días • Para pesar las películas se deben limpiar las películas de la tierra • La prueba de biodegradabilidad se midió mediante la ecuación: <p>Ecuación 15-2: Pérdida de peso para las biopelículas</p>

$$\text{Pérdida de peso} = \frac{W_0 - W}{W_0} \times 100$$

- Dónde: W_0 y W son los pesos de las muestras antes y después del ensayo.

Biodegradabilidad Anaerobia

- Cortar las películas biodegradables en medidas 2,5cm×2,5cm.
- Recoger 600g de tierra (con un ligero contenido de humedad), y almacenar en un contenedor.
- Medir el pH de tierra a utilizar, colocando 2gramos de tierra en un frasco, adicionar 80 ml de agua destilada, agitar a 100RPM por 30 minutos.
- Las películas deben ser enterradas en el interior del suelo a 12 cm de profundidad
- Limpiar las películas de la tierra
- Fotografíar las películas antes y después del ensayo, durante 7, 14, 21 y 28 días
- La prueba de biodegradabilidad se va a determinar por diferencia de áreas con el software NX siemens

Biodegradabilidad en el agua

- Cortar las películas biodegradables en medidas 2,5cm×2,5cm.
- Colocar las películas en 500 ml de agua purificada
- El peso de las muestras deben ser tomadas antes y después del ensayo, durante 7,14, 21 y 28 días para ello se debe filtrar el agua para secar la película en la estufa y poder pesar
- La prueba de biodegradabilidad se midió mediante la ecuación:

$$\text{Pérdida de peso} = \frac{W_0 - W}{W_0} \times 100$$

Dónde: W_0 y W son los pesos de las muestras antes y después del ensayo.

Método de Ensayo

Este método de ensayo fue basado en la investigación realizada por (González et al., 2011, pp. 333-334) con el tema “Proteína de soja reticulada como material para películas biodegradables: Síntesis, caracterización y biodegradación” y la pérdida de peso de los bioplásticos fue analizada por la (NTE INEN2643:2012, 2012, p.2)

Realizado por: Gavilanes Ruiz, Lizbeth, 2021.

CAPÍTULO III

3 MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

3.1 Datos de los análisis físicos a la materia prima

A continuación se da a conocer los datos de peso, longitud y espesor de los granos de arroz blanco e integral utilizados como materia prima para la extracción de almidón.

Tabla 1-3: Datos de los análisis físicos del arroz blanco e integral

Arroz Blanco			
N°	Peso(g)	Longitud (mm)	Espesor (mm)
1	0,023	6,78	1,70
2	0,025	7,06	1,70
3	0,020	6,78	1,68
4	0,019	6,76	1,70
5	0,022	6,78	1,70
Promedio	0,022	6,83	1,70
Valor Aceptado	0,022±0,20	6,83±0,13	1,70±0,01
Arroz Integral			
N°	Peso(g)	Longitud (mm)	Espesor (mm)
1	0,024	7,56	1,82
2	0,025	7,60	1,80
3	0,021	7,16	1,80
4	0,024	7,60	1,80
5	0,025	7,60	1,78
Promedio	0,024	7,50	1,80
Valor Aceptado	0,024±0,02	7,50±0,19	1,80±0,01

Realizado por: Gavilanes Ruiz, Lizbeth, 2021.

3.1.1 Rendimientos obtenidos del almidón de arroz blanco y arroz integral

Las variables utilizadas para la extracción del almidón de arroz blanco e integral son: RPM (revoluciones por minuto) alta y baja de la licuadora marca Indurama, en tiempos de: 2, 3 y 4 minutos, los tiempos de experimentación son elevados debido a que el grano de arroz es duro es por ello que se debe licuar por más tiempo para obtener un buen rendimiento de almidón y sea un proceso de extracción óptimo.

Ecuación 1-3: Porcentaje de Rendimiento para almidones

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

Se realizó un muestreo para la selección de la materia prima, que fue adquirida en 2 mercados distintos de la ciudad de Riobamba, tratando que los granos de arroz sean largos debido a que según (Pincioli, 2010, pp. 3-4), el grano largo de arroz posee mayor cantidad de amilosa. Para la presente investigación se utilizó el método estadístico 2^k , donde se realizaron 6 tratamientos con 4 repeticiones respectivamente, como se presenta en las siguientes tablas, en las que el tratamiento 6 se presenta con el mayor rendimiento de almidón de arroz blanco con un rendimiento promedio de 66,59%, mientras que para el almidón de arroz integral fue de igual manera el tratamiento 6 con un rendimiento promedio de 13,29%. Según (Vanegas et al., 2013, p. 1) los rendimientos del arroz partido se encuentran desde 51,48% a 68,32%, mientras que (Hernández et al., 2008, p. 718), indica que los granos de cereales contienen entre 60 y 75% de su peso seco de almidón, lo cual indica que el rendimiento del almidón de arroz blanco se encuentra dentro de los parámetros establecidos, mientras que el rendimiento de almidón de arroz integral, presenta un bajo rendimiento, esto se debe a que el grano de arroz integral conserva el salvado y Según (Quiroga, 2008, p. 137), son almidones físicamente inaccesibles (AR_1) que están presentes en legumbres y cereales, el grano de arroz integral al conservar el salvado resulta ser un grano que posee cierta dureza, para fraccionar el grano, es por ello que aunque se aumentó considerablemente los tiempos de molienda no se obtuvo un rendimiento admisible como el almidón de arroz blanco, además que resulta muy dificultoso de extraer por el salvado que presenta, no es un almidón estético a la vista y mucho menos para ser considerado materia prima de biopelículas, considerando también que la materia prima arroz integral es doblemente costosa que el arroz blanco. El arroz integral a más de no poseer un buen rendimiento de almidón se vuelve un proceso extractivo demasiado costoso.

En la Tabla 2-3 y la Tabla 3-3, se indican los rendimientos de arroz blanco e integral respectivamente.

Tabla 2-3: Resultados del rendimiento de almidón de arroz blanco

N°	Tratamiento	Variables		Repetición	Volumen de agua (ml)	Peso			Rendimiento		Tiempo de Reposo	Temperatura de secado	Tiempo de Secado(h)																										
		Tiempo: RPM	Producto			Almidón		Rendimiento (%)	Promedio (%)																														
						Arroz Blanco	Peso (g)			Total (g)																													
1	T1	2min:B		1	600	200		35,67	144,74	17,84	18,10	10	45	12																									
2				36,05				18,03																															
3				37,07				18,54																															
4				35,95				17,98																															
5	T2	3min:B		1			600	200		48,33	190,23				24,17	23,78	10	45	12																				
6				47,90						23,95																													
7				46,34						23,17																													
8				47,66						23,83																													
9	T3	4min:B		1					600	200					96,62	386,14				48,31	48,27	10	45	12															
10				97,77											48,89																								
11				96,48											48,24																								
12				95,27											47,64																								
13	T4	2min:A		1							600				200					49,06	195,39				24,53	24,43	10	45	12										
14				48,27																24,14																			
15				49,18																24,59																			
16				48,88																24,44																			
17	T5	3min:A		1												600				200					101,76	408,96				50,88	51,12	10	45	12					
18				102,86																					51,43														
19				101,96																					50,98														
20				102,38																					51,19														
21	T6	4min:A		1																	600				200					133,75	532,69				66,88	66,59	10	45	12
22				132,64																										66,32									
23				133,40																										66,70									
24				132,90																										66,45									

Realizado por: Gavilanes Ruiz, Lizbeth, 2021

Tabla 3-3: Resultados del rendimiento de almidón de arroz integral

N°	Tratamiento	Variables	Repetición	Volumen de agua (ml)	Peso			Rendimiento		Tiempo de reposo	Temperatura de secado°C	Tiempo de Secado(h)		
		Tiempo:RPM			Producto	Almidón		Rendimiento (%)	Promedio					
					Arroz Integral	R (g)	Total (g)							
1	T1	2min:B	1	600	200		21,02	5,44	2,72	6	45	24		
2			2					5,34	2,67					
3			3					5,08	2,54					
4			4					5,16	2,58					
5	T2	3min:B	1					45,86	11,98				5,99	5,74
6			2						11,39				5,70	
7			3						11,20				5,60	
8			4						11,29				5,65	
9	T3	4min:B	1					72,21	18,00				9,00	9,03
10			2						18,19				9,10	
11			3						18,07				9,04	
12			4						17,95				8,98	
13	T4	2min:A	1					37,98	9,61				4,81	4,75
14			2						9,44				4,72	
15			3						9,75				4,88	
16			4						9,18				4,59	
17	T5	3min:A	1					80,39	19,97				9,99	10,05
18			2						19,88				9,94	
19			3						20,01				10,01	
20			4						20,53				10,27	
21	T6	4min:A	1					106,30	25,98				12,99	13,29
22			2						26,62				13,31	
23			3						26,95				13,48	
24			4						26,75				13,38	

Realizado por: Gavilanes Ruiz, Lizbeth, 2021

3.1.2 Análisis de varianza del rendimiento de almidón obtenido del arroz blanco

Para el siguiente análisis se tiene:

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0,05$

Y se tendrá una regla de decisión, establecida por el valor de probabilidad, mismo que si es menor a 0,05 se rechaza la hipótesis nula, en la siguiente tabla, el valor de probabilidad es 2,6824E-31 que es menor a 0,05 por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

Tabla 4-3: Análisis de Varianza de los rendimientos del almidón de arroz blanco

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	7497,59	5	1499,52	12813,66	2,6824E-31	2,77
Dentro de los grupos	2,11	18	0,12			
Total	7499,70	23				

Realizado por: Gavilanes Ruiz, Lizbeth.2021

3.1.2.1 Prueba de Tukey para los tratamientos de extracción de almidón de arroz blanco

Al aceptar la hipótesis alterna, es necesario indicar que grupo o que grupos son los que están haciendo diferencia y para ello se utiliza la prueba de Tukey.

Tabla 5-3: HSD para el almidón de arroz blanco

HSD=	0,77
Multiplicador=	4,49
Mse =	0,12
n=	4

Realizado por: Gavilanes Ruiz, Lizbeth, 2021.

Ecuación 2-3: Diferencia Honesta significativa

$$\text{HSD} = (\text{Multiplicador} \times \sqrt{\text{Mse}/n})$$

Dónde:

Multiplicador = q alfa, valor que se encuentra en tabla 8, para valores críticos de tukey a 0,05 porque se trabaja con 95% de confianza.

Mse = cuadrado del error medio, (Suma de cuadrados dentro de los grupos/ Grados de Libertad dentro de los grupos)

n = tamaño de los grupos

Tabla 6-3: Prueba de tukey para los rendimientos de almidón de arroz blanco

	T1	T2	T3	T4	T5	T6
T1		-5,683	-30,173	-6,33	-33,023	-48,49
T2			-24,49	-0,65	-27,34	-42,81
T3				23,85	-2,85	-18,32
T4					-26,70	-42,16
T5						-15,47
T6						

Realizado por: Gavilanes Ruiz, Lizbeth, 2021.

Solo el T2 y T4, presentan un valor menor a la HSD, los demás tratamientos son significativamente diferentes, ya que son mayores a la HSD, además se compara con el análisis de Tukey obtenido en minitab donde solo T2 y T4 comparten una letra, mientras que todos son significativamente distintos al no compartir una letra, como se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 7-3: Análisis de medias de los rendimientos de almidón de arroz blanco

Factor	N	Media	Agrupación
T6	4	66,587	A
T5	4	51,120	B
T3	4	48,270	C
T4	4	24,4250	D
T2	4	23,780	D
T1	4	18,098	E

Realizado por: Gavilanes Ruiz, Lizbeth, 2021.

3.1.3 Análisis de varianza del rendimiento obtenido del arroz integral

En la siguiente tabla se presentan los análisis estadísticos para la extracción de almidón de arroz integral, donde el valor de probabilidad es menor a α , como se explicó anteriormente por lo tanto se acepta la hipótesis alterna.

Tabla 8-3: Análisis de Varianza de los rendimientos de almidón de arroz integral

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	307,04	5	61,41	3006,51	1,2328E-25	2,77
Dentro de los grupos	0,37	18	0,02			
Total	307,41	23				

Realizado por: Gavilanes Ruiz, Lizbeth.2021

3.1.3.1 Prueba de tukey para los tratamientos de la extracción de almidón de arroz integral

Al aceptar la hipótesis alterna, es necesario realizar la prueba de Tukey para saber que grupos presentan diferencia significativa.

Tabla 9-3: HSD para el almidón de arroz integral

HSD=	0,32
Multiplicador=	4,49
Mse =	0,02
n=	4

Realizado por: Gavilanes Ruiz, Lizbeth, 2021

Tabla 10-3: Prueba de Tukey para los rendimientos de almidón de arroz integral

	T1	T2	T3	T4	T5	T6
T1		-3,11	-6,40	-2,12	-7,43	-10,66
T2			-3,30	0,98	-4,32	-7,56
T3				4,28	-1,02	-4,26
T4					-5,30	-8,54
T5						-3,24
T6						

Realizado por: Gavilanes Ruiz, Lizbeth, 2021.

Todas las medias de los tratamientos de extracción de almidón de arroz integral son significativamente diferentes como se presenta en la tabla, también compara con los análisis de la prueba de tukey, realizado en minitab donde todas las medias de los tratamientos son significativamente distintas, ya que ninguna de las medias de los tratamientos realizados comparten una letra.

Tabla 11-3: Análisis de las medias de los rendimientos de almidón de arroz integral

Factor	N	Media	Agrupación
T6	4	13,290	A
T5	4	10,0525	B
T3	4	9,0300	C
T2	4	5,7350	D
T4	4	4,7500	E
T1	4	2,6275	F

Realizado por: Gavilanes Ruiz, Lizbeth, 2021.

3.1.4 *Ensayos Fisicoquímicos para el almidón de arroz blanco y Arroz Integral*

3.1.4.1 *Contenido de Amilosa y Amilopectina del almidón de arroz blanco e integral*

El contenido de amilopectina se obtiene de la diferencia de 100

Tabla 12-3: Resultados de análisis de amilosa de los almidones

N°	Prueba	Almidón de Arroz blanco	Almidón de Arroz integral	Institución
1	Amilosa	26,81	29,10	INIAP
2	Amilopectina	73,19	70,90	INIAP

Realizado por: Gavilanes Ruiz, Lizbeth, 2021

El contenido de amilosa y amilopectina para el almidón de arroz blanco es de (26,81% y 73,19%) y para el almidón de arroz integral es de (29,10% y 70,90%) respectivamente. Según (Landires et al., 2009, p. 2) los valores analizados para el almidón de arroz blanco concuerdan con la variedad de arroz ecuatoriano F50 ($26 \pm 2,2$ para amilosa y $73,3 \pm 2,2$ para amilopectina), mientras que para el almidón de arroz integral concuerda con la variedad de arroz ecuatoriano INIAP 15 ($29,2 \pm 3,2$ para amilosa y $70,08 \pm 3,2$ para amilopectina). En la investigación realizada por (D. Rodríguez, 2015, pp. 42-43), el contenido de amilosa para las variedades de arroz F50, F60, F473 es 21,4%, 21,5% y 23,01% respectivamente, con variaciones estadísticas de ($p < 0,05$), pues según (Pereyra et al., 2018, pp. 2-7), el contenido de amilosa según variedades se clasifican en bajo de 9-20%, intermedio de 20-25% y alto con un contenido mayor al 25%, es por ello que en su investigación las variedades de arroz YERUA PA y GURI INTA CL, poseen valores de amilosa de $22,50 \pm 0,00$ y $32,45 \pm 0,35$. De acuerdo a la literatura revisada la cantidad de amilosa y amilopectina de arroz blanco e integral de la presente investigación concuerdan con dichos resultados siendo la amilosa de almidón de arroz blanco e integral una de las variedades de amilosa más altas por el porcentaje que representa.

3.1.4.2 *Distribución del tamaño de gránulo*

El almidón de arroz blanco e integral debe ser triturado luego de ser secado, y la mayoría de gránulos se encuentran retenidos en el tamiz de apertura 106 μm , como se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 13-3: Resultados de distribución del tamaño de gránulo

Apertura μm	% retenido de almidón de arroz blanco	% retenido de almidón de arroz integral
300	2,65	5,80
150	13,66	29,74
106	39,87	31,87
63	34,04	24,31
38	8,18	8,72
Base	1,59	0,58
Total	100	100

Realizado por: Gavilanes Ruiz, Lizbeth, 2021

Según (FAO et al., 2007, p. 67) el 95% los gránulos de almidón deben atravesar la malla 140 (106 μm), pero la mayoría de gránulos se encuentra retenido en dicho tamiz más no logra atravesarlo, por tanto no cumple con lo establecido, sin embargo se puede solucionar moliendo nuevamente el almidón seco, hasta cumplir con el tamaño de gránulo de almidón deseado.

3.1.4.3 Sensibilidad

Tabla 14-3: Resultados para la Sensibilidad de almidones

N°	Sensibilidad	Presenta color azul profundo
1	Almidón de arroz blanco	SI
2		SI
3		SI
1	Almidón de arroz integral	SI
2		SI
3		SI

Realizado por: Gavilanes, Ruiz, Lizbeth, 2021

Según (NTE INEN 1456, 2013, p. 5), indica que se cumple con el requisito si se produce un color azul profundo. De acuerdo a lo observado tanto en la prueba de almidón de arroz blanco como el almidón de arroz integral, se observó dicha coloración, siendo más profundo el color azul en el almidón de arroz blanco al ser más puro. El color azul desaparece al agregar 0,05ml de solución de tiosulfato de sodio a 0,1N. También fue comprobado a través de una prueba rápida con lugol, con la ayuda de 2 tubos de ensayo. La prueba de sensibilidad en los almidones es utilizada para determinar la presencia o alteración de almidón u otros polisacáridos, teniendo en

cuenta que el yoduro de potasio reacciona con el almidón produciendo el color azul profundo, y esta prueba puede realizarse a cualquier producto que contenga almidón (Aguilar et al., 2014, p. 1).

3.1.4.4 *Determinación de pH*

El valor promedio de pH, así como las 3 réplicas que se realizan, para este ensayo, se presenta en la siguiente tabla de resultados, el valor promedio de pH para el almidón de arroz blanco es $5,98 \pm 0,02$, mientras que para el almidón de arroz integral es $6,42 \pm 0,04$.

Tabla 15-3: Resultados de pH

N°	pH	
	Almidón de arroz blanco	Almidón de arroz Integral
1	5,97	6,40
2	6,00	6,40
3	5,98	6,46
Promedio	5,98±0,02	6,42±0,04

Realizado por: Gavilanes Ruiz, Lizbeth, 2021

Según la norma (NTE INEN 1456, 2013, pp. 2-3), la muestra satisface con el requerimiento, cuando el pH alcanzado se encuentre desde 5,0-7,0. En el presente ensayo cumple con el requisito, tanto para el almidón de arroz blanco como para el almidón de arroz integral al encontrarse dentro de ese rango. En la (FAO et al., 2007, pp. 89-90), indica que el valor de pH de una muestra es la medida de su acidez o alcalinidad, para el estudio de los almidones nativos esta norma establece que debe estar entre 6,0 - 6,5, en el presente proyecto tanto los valores de pH de almidón de arroz blanco e integral se encuentran dentro de los parámetros establecidos por esta norma.

3.1.4.5 *Contenido de humedad y materia seca*

3.1.4.6 *Cálculos del porcentaje de humedad y materia seca*

En la siguiente tabla se presentan los datos para realizar los cálculos tanto para la Humedad y contenido de materia del almidón de arroz blanco e integral.

Tabla 16-3: Datos para los cálculos de Humedad y Materia seca

Almidón de arroz blanco		Almidón de arroz integral	
Peso del Crisol vacío Tarado (g)		Peso del Crisol vacío Tarado (g)	
A1	38,92	I1	43,14
A2	41,52	I2	42,08
A3	39,17	I3	32,93
Peso de la muestra Inicial (g)		Peso de la muestra Inicial (g)	
A1	5,00	I1	5,02
A2	5,01	I2	5,00
A3	5,02	I3	5,02
Peso del Crisol Vacío + Peso de la muestra Inicial (g)		Peso del Crisol Vacío + Peso de la muestra Inicial (g)	
A1	43,92	I1	48,16
A2	46,52	I2	47,08
A3	44,19	I3	37,95
Peso luego de 24 horas a 105°C (g)		Peso luego de 24 horas a 105°C (g)	
A1	43,46	I1	47,70
A2	46,07	I2	46,62
A3	43,72	I3	37,48

Realizado por: Gavilanes Ruiz, Lizbeth, 2021

A partir de la ecuación 3-2

$$W = \frac{(Mh - Ms)}{(Ms - Mr)} \times 100$$

Dónde:

Mh= peso del recipiente más la muestra húmeda (gramos)

Ms= peso del recipiente más la muestra seca (gramos)

Mr= peso del recipiente (gramos)

$$W_{A1} = \left(\frac{43,922 - 42,455}{42,455 - 38,921} \right) \times 100$$

$$W_{A1} = 10,30\%$$

A partir de la ecuación 4-2

$$\text{Materia Seca} = 100 - \% \text{ de humedad}$$

$$\text{Materia seca}_{A1} = 100 - 8,978\% = 91,022$$

$$\text{Materia Seca}_{A1} = 91,02\%$$

En la siguiente tabla se presenta los valores promedio de Humedad y Materia seca para los almidones de arroz blanco e integral, así como las respectivas réplicas realizadas en el presente ensayo. Según (FAO et al., 2007, p. 62), los almidones con contenidos de materia seca, superiores al 90 % advierten severas condiciones de secado, mientras que aquellos almidones que poseen valores menores al 87% señalan posibilidad de contaminación por hongos y otros microorganismos.

Tabla 17-3: Resultados para Humedad y materia seca

N°	Humedad para el almidón de arroz blanco (%)	Humedad para el almidón de arroz integral (%)
1	10,30	10,08
2	10,07	10,01
3	10,34	10,24
Promedio	10,24±0,15	10,11±0,12
N°	Materia seca para el almidón de arroz blanco (%)	Materia seca para el almidón de arroz integral (%)
1	89,70	89,93
2	89,93	89,99
3	89,66	89,76
Promedio	89,76±0,15	89,89±0,12

Realizado por: Gavilanes Ruiz, Lizbeth, 2021

El contenido de materia seca de los almidones en la (FAO et al., 2007, p. 62), deben estar entre 87-90 por ciento. El valor promedio de materia seca del almidón de arroz blanco contiene un promedio de 89,76% y una diferencia significativa de ($\pm 0,15$) en materia seca, mientras que para el almidón de arroz integral se encuentra en un valor promedio de 89,892 % y una diferencia significativa de ($\pm 0,12$) en materia seca lo cual indica que se encuentra dentro de los parámetros establecidos. En la Investigación “Propiedades Fisicoquímicas y funcionales del almidón de arroz (*Oryza sativa L*) blanco e integral” realizada por (Martínez et al., 2017, p. 20), los valores de humedad para el almidón de arroz blanco e integral es $8,34 \pm 1,12$ y $8,65 \pm 1,09$ respectivamente; y en el año 2018 (Pereyra et al., 2018, p. 7), el % de humedad para el almidón nativo de arroz YERUA PA y GURI INTA CL, se encuentran en $11,46 \pm 0,32$ y $13,45 \pm 0,27$. De acuerdo a las investigaciones realizadas y a los valores obtenidos los valores de humedad tanto para el almidón de arroz blanco e integral de esta investigación se encuentran dentro de los parámetros de la norma utilizada así como con los valores analizados en otras investigaciones.

3.1.4.7 Residuos por calcinación

3.1.4.8 Cálculos de los residuos por calcinación

A partir de la ecuación 5-2

$$R = \frac{m1}{m} \times 100$$

Siendo:

R= residuo por calcinación

m1= masa del residuo en gramos

m= masa de la muestra en gramos

$$R_{A_1} = \frac{0,001}{1,001} \times 100$$

$$R_{A_1} = 0,10\%$$

En la siguiente tabla se presenta los resultados de residuos por calcinación de los almidones de arroz blanco e integral. el contenido de cenizas según (FAO et al., 2007, p. 91) en los almidones no debe exceder el 0,12%.

Tabla 18-3: Resultados de los residuos por calcinación

N°	Almidón de arroz blanco (%)	Almidón de arroz integral (%)
1	0,10	0,50
2	0,11	0,49
3	0,10	0,49
Promedio	0,10±0,06	0,49±0,06

Realizado por: Gavilanes Ruiz, Lizbeth, 2021

El valor promedio de cenizas para el almidón de arroz blanco es de 0,10% con una diferencia significativa de ($\pm 0,06$) valor que se encuentran dentro de los requisitos establecidos por la (FAO et al., 2007, p. 9), mientras que el valor promedio de cenizas del almidón de arroz integral es de 0,49% con una diferencia significativa de ($\pm 0,06$), valor que no cumple con la norma debido a que según (Martínez et al., 2017, p.20), en su investigación, el contenido de cenizas en el almidón de arroz blanco e integral es $0,11 \pm 0,01$ y $0,72 \pm 0,12$, en nuestro caso el contenido de ceniza del almidón de arroz integral también excede al de almidón de arroz blanco, y de acuerdo a Martínez se debe a que el arroz integral posee un alto contenido de minerales, ya que existen investigaciones donde se han reportado valores sobre el porcentaje de ceniza con 8,50% de ceniza y se debe al salvado que posee el arroz estabilizado. (Pereyra et al., 2018, p. 7), el contenido de ceniza de las 2 variedades de arroz que estudia tiene valores de $0,15 \pm 0,02$ y $0,06 \pm 0,02$. De

acuerdo a las investigaciones revisadas en contenido de ceniza de los almidones de arroz blanco e integral se encuentran dentro de los rangos establecidos.

3.1.4.9 Temperatura de Gelatinización

En la siguiente tabla se presentan los resultados de la temperatura de gelatinización, misma que es muy importante determinarla, ya que a esa temperatura se debe trabajar para la obtención de los bioplástico del presente proyecto.

Tabla 19-3: Resultados de la temperatura de gelatinización

N°	Temperatura de gelatinización del arroz blanco (°C)	Temperatura de gelatinización del arroz integral (°C)
1	78	79
2	76	77
3	77	78
Promedio	77±1	78±1

Realizado por: Gavilanes Ruiz, Lizbeth, 2021.

(Altamirano, 2017, p. 7), en su estudio Cinética de hidratación del arroz tipo “senia” blanco e integral, indica que el almidón de arroz blanco posee las siguientes temperaturas de gelatinización: temperatura inicial de gelatinización T_0 °C= 65 ± 2 , temperatura pico de gelatinización T_p °C= 71 ± 2 °C, temperatura final de gelatinización T_c °C= 79 ± 4 °C, mientras que para el almidón de arroz integral, la temperatura inicial de gelatinización T_0 °C= $64,8\pm 1,7$, temperatura pico de gelatinización T_p °C= $69,7\pm 0,3$ °C, temperatura final de gelatinización T_c °C= $74,6\pm 0,8$ °C. Los valores promedio de temperatura de gelatinización para el almidón de arroz blanco y almidón de arroz integral en la presente investigación es 77°C y 78°C respectivamente, valores que se encuentra dentro de los parámetros analizado por Altamirano Silvia, excepto el valor de temperatura de gelatinización de arroz integral.

Según (Gómez et al., 2015, p. 125), donde la temperatura de gelatinización para un almidón nativo de arroz es $80,12^\circ\text{C}$ y Según (D. Rodríguez, 2015) indica que “los gránulos de almidón de arroz integral tienen distinta composición y grado de cristalinidad, aunque provengan de una misma fuente botánica provocando que unos sean más resistentes que otros por esta razón se llega a presentar una diferencia de 8°C a 12°C , entre la temperatura de los primeros gránulos y la de los últimos, este parámetro se ve muy afectado por la presencia de diferentes compuestos químicos que favorecen o inhiben los puentes de hidrógeno” (pp. 27-28).

3.1.4.10 Índice de absorción de agua, Índice de Solubilidad en agua y Poder de Hinchamiento

A continuación se presentan los datos para calcular el índice de absorción de agua, índice de solubilidad en agua y Poder de Hinchamiento.

Tabla 20-3: Datos para los cálculos de ISA, IAA y Poder de Hinchamiento

Arroz blanco	Peso gel (g)	Arroz Integral	Peso gel(g)
A1	6,35	I1	6,14
A2	6,78	I2	5,72
A3	6,61	I3	6,36
Arroz blanco	Volumen descartado de sobrenadante(ml)	Arroz Integral	Volumen descartado de sobrenadante(ml)
A1	27,00	I1	28,50
A2	28,00	I2	27,00
A3	28,00	I3	27,00
Arroz blanco	Sobrenadante secado (g)	Arroz Integral	Sobrenadante secado(g)
A1	0,03	I1	0,06
A2	0,03	I2	0,04
A3	0,01	I3	0,09

Realizado por: Gavilanes Ruiz, Lizbeth, 2021

A partir de la ecuación 6-2

$$\text{Índice de absorción de agua (IAA)} = \frac{\text{Peso gel (g)}}{\text{peso muestra (g)}_{bs}}$$

$$\text{Índice de absorción de agua (IAA)}_{A1} = \frac{6,346 \text{ g}}{1,25 \text{ g}} = 5,077 \text{ g gel/g muestra}$$

A partir de la ecuación 7-2

$$\text{Índice de Solubilidad en agua (ISA)} = \frac{\text{Peso solubles (g)} \times V \times 10}{\text{Peso muestra (g)}_{bs}}$$

$$\text{Índice de Solubilidad en agua (ISA)}_{A1} = \frac{0,025 \text{ g} \times 27 \text{ ml} \times 10}{1,25 \text{ g}} = 5,40\%$$

A partir de la ecuación 8-2

$$\text{Poder de Hinchamiento (PH)} = \frac{\text{Peso gel (g)}}{\text{Peso muestra (g)} - \text{Peso solubles (g)}}$$

$$\text{Poder de Hinchamiento (PH)}_{A1} = \frac{6,346 \text{ g}}{1,25 \text{ g} - 0,025 \text{ g}} = 5,180$$

A continuación se presentan los resultados para el índice de absorción de agua

Tabla 21-3: Resultados para el índice de absorción de agua

N°	IAA para almidón de arroz blanco (g gel/ g muestra)	IAA para almidón de arroz integral (g gel/g muestra)
1	5,08	4,91
2	5,43	4,58
3	5,29	5,09
Promedio	5,26± 0,18	4,86± 0,26

Realizado por: Gavilanes Ruiz, Lizbeth, 2021

Según (FAO et al., 2007, pp. 73-74), los valores de referencia para el índice de absorción de agua (IAA) están en un rango de 0,82-15,52g gel/ g muestra, tomando como referencia estos estudios para el IAA del almidón de arroz blanco y arroz integral están en un valor $5,26 \pm 0,18$ g gel/g muestra y $4,86 \pm 0,26$ g gel/ g muestra respectivamente, lo cual indica que están dentro de los rangos establecidos.

En la siguiente tabla se presentan los resultados para la solubilidad en agua de los almidones de arroz blanco e integral.

Tabla 22-3: Resultados para el índice de solubilidad en agua

N°	ISA para el almidón de arroz blanco (%)	ISA para el almidón de arroz integral (%)
1	5,41	12,12
2	5,80	11,90
3	5,50	12,03
Promedio	5,57± 0,20	12,02± 0,11

Realizado por: Gavilanes Ruiz, Lizbeth, 2021

Para el índice de solubilidad de agua (ISA), la (FAO et al., 2007, pp. 73-74), indica que los valores de referencia están entre 0,27-12,32%. Para el ISA del almidón de arroz blanco y arroz integral están en valores promedio $5,57 \pm 0,20\%$ y $12,02 \pm 0,11 \%$ respectivamente, mismo que se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la norma. La elevada solubilidad de

almidón de arroz integral se explica que de acuerdo a la (FAO et al., 2007, pp. 73-74), es de baja calidad, lo que provocara que productos a partir de este, presenten poca estabilidad cuando se enfríen. Según (Martínez et al., 2017, pp. 21-22), cuando se incrementa la temperatura los gránulos de almidón del arroz integral y blanco sufren el proceso de precipitación de la amilosa, donde la estructura del almidón está altamente organizada y posee una gran estabilidad por las múltiples interacciones que existen con sus dos polisacáridos constituyentes. El almidón de arroz integral posee zonas menos organizadas y las más accesibles a sus puentes de hidrógeno en contacto con el agua, no son tan numerosos ni rígidos como en las áreas cristalinas por consiguiente el almidón de arroz integral posee mayor solubilidad en agua.

En la siguiente tabla se presentan los resultados de Poder de Hinchamiento de los almidones de arroz blanco e integral, así como los valores de las 3 réplicas realizadas en este ensayo.

Tabla 23-3: Resultados del Poder de Hinchamiento

N°	Poder de Hinchamiento para el almidón de arroz blanco	Poder de Hinchamiento para el almidón de arroz integral
1	5,18	5,15
2	5,54	4,74
3	5,31	5,47
Promedio	5,35±0,18	5,12±0,37

Realizado por: Gavilanes Ruiz, Lizbeth, 2021

El poder de Hinchamiento (PH), según (FAO et al., 2007, pp. 73-74) está dentro de un rango 0,79-15,45, para PH del almidón de arroz blanco y arroz integral se tiene valores promedio de $5,345 \pm 0,18$ y $5,117 \pm 0,37$ respectivamente, cumpliendo con el requisito. (Martínez et al., 2017, pp. 22-23), “El poder de hinchamiento se da cuando el agua entra en contacto con las paredes receptoras de los gránulos de almidón permitiendo que el gránulo logre su hinchamiento y a medida que se incrementa la temperatura, se retiene más agua y el gránulo de almidón de arroz empieza a hincharse y aumentar de volumen”.

Según (FAO et al., 2007, p. 74), los almidones de buena calidad con alto contenido de almidón y alta viscosidad de la pasta tendrán una baja solubilidad, alta absorción al agua y alto poder de hinchamiento mientras que los almidones de baja calidad presentan una alta solubilidad, baja absorción al agua y bajo poder de hinchamiento, lo que al enfriarse se va a producir pastas delgadas y de poca estabilidad cuando estas se enfríen. Según los resultados obtenidos del almidón de arroz blanco y arroz integral se indica que el almidón de arroz blanco es de buena calidad, mientras que el almidón de arroz integral es de baja calidad.

3.1.4.11 *Densidad Aparente*

3.1.4.12 *Cálculos para la Densidad Suelta y Compacta*

Densidad Aparente del almidón de arroz blanco e integral suelto (g/ml)

A partir de la ecuación 9-2

$$\frac{[(\text{Peso probeta} + \text{almidón suelto})(\text{g})] - \text{peso probeta vacía (g)}}{50 \text{ mL}}$$

$$A_1 = \frac{[(70,713 + 20,048)(\text{g})] - 70,713 (\text{g})}{50 \text{ mL}}$$

$$A_1 = 0,401 \text{ g/ml}$$

Densidad Aparente del almidón de arroz blanco e integral empacado (g/ml)

A partir de la ecuación 10-2

$$\frac{[(\text{Peso probeta} + \text{almidón empacado})(\text{g})] - \text{peso probeta vacía (g)}}{50 \text{ mL}}$$

$$A_1 = \frac{[(70,713 + 20,037)(\text{g})] - 70,713(\text{g})}{50 \text{ mL}}$$

$$A_1 = 0,668 \text{ g/ml}$$

En la siguiente tabla se presentan los resultados de la densidad Suelta y Compacta de los almidones de arroz blanco e integral, Según (FAO et al., 2007,p. 65) el almidón debe tener una densidad promedio de aproximadamente 1,560 g/ml, lo cual indica que nuestros valores cumplen con la norma establecida.

Tabla 24-3: Resultados para la Densidad Suelta y Densidad Compacta

N°	Densidad Suelta para el almidón de arroz blanco g/ cm ³	Densidad Suelta para el almidón de arroz integral g/ cm ³
1	0,40	0,44
2	0,44	0,51
3	0,41	0,49
Promedio	0,42±0,02	0,48±0,04
N°	Densidad Compacta para el almidón de arroz blanco g/ml	Densidad Compacta para el almidón de arroz integral g/ml
1	0,67	0,79
2	0,66	0,77
3	0,67	0,77
Promedio	0,67±0,01	0,78±0,01

Realizado por: Gavilanes Ruiz, Lizbeth, 2021

3.1.4.13 Viscosidad Brookfield

En la siguiente tabla se presentan los resultados de Viscosidad Brookfield, que se llevó a cabo a 10 RPM, y para determinar la viscosidad de almidón de arroz blanco, se utilizó el número de aguja SPL 3 y para la viscosidad de almidón de arroz integral con número de aguja SPL 2.

Tabla 25-3: Resultados de Viscosidad Brookfield

Tipo de almidón	N°	Viscosidad Brookfield (cP)
Almidón de Arroz blanco	1	4987,50
	2	4969,20
	3	4975,40
	Promedio	4977,40±9,31
Almidón de Arroz integral	1	3316,30
	2	3317,20
	3	3316,30
	Promedio	3316,60±1,16

Realizado por: Gavilanes, Ruiz, Lizbeth, 2021

Según (FAO et al., 2007, p.66), el valor de referencia de viscosidad varía entre 840-1500cP. Los valores obtenidos para la viscosidad del almidón de arroz y almidón de arroz integral no cumplen con la norma establecida, debido a que la norma utilizada para este ensayo hace referencia a otro tipo de almidón como es el de la yuca, mismo que posee un comportamiento muy distinto al de almidón de arroz. (Pereyra et al., 2018, pp. 11), en su investigación “Obtención y caracterización de almidón químicamente modificado de arroz”, indica que el almidón nativo GURI tiene viscosidad pico (cP), viscosidad holding (cP) y viscosidad final (cP), con valores de 3265,5±27,6, 3018,5±6,4, 3324,0±18,4 respectivamente, mientras que para OSA GURI posee 4489,5 ± 13,4; 2752,5 ± 9,2; 4813,0 ± 2,8; aunque OSA YERUA posee una viscosidad final elevada con 5011,0±2,8, lo cual indica que los valores de viscosidad para el almidón de arroz blanco e integral concuerdan con estos estudios, teniendo similitudes en la viscosidad final.

3.1.4.14 Análisis Microbiológicos

Para los análisis microbiológicos la (FAO et al., 2007, pp. 95-98), establece que para los Coliformes fecales el valor de referencia es < 10 UFC/g, para mohos y levaduras los valores no deben superar de 1000 a 5000 UFC/g. Los valores para los almidones de arroz blanco e integral se encuentran con ausencia, lo cual es un indica, que es materia prima óptima para la elaboración de biopelículas para envolturas de alimentos, de acuerdo a los valores de la siguiente tabla.

Tabla 26-3: Resultados de los análisis Microbiológicos

Almidón de arroz Blanco			
Determinaciones	Unidades	Valores de referencia	Resultados
Coliformes Totales	UFC/g	-	Ausencia
Coliformes Fecales (<i>Escherichia Coli</i>)	UFC/g	< 10	Ausencia
Mohos y levaduras	UFC/g	1 000- 5 000	Ausencia
Almidón de arroz Integral			
Determinaciones	Unidades	Valores de referencia	Resultados
Coliformes Totales	UFC/g	-	Ausencia
Coliformes Fecales (<i>Escherichia Coli</i>)	UFC/g	< 10	Ausencia
Mohos y levaduras	UFC/g	1 000- 5 000	Ausencia

Realizado por: Gavilanes Ruiz, Lizbeth, 2021

3.2 Elaboración de las películas bioplásticas a partir de almidón de arroz blanco e integral

Biopelículas a partir de almidón de arroz blanco

Para las siguientes formulaciones filmogénicas, la temperatura es de 77°C, tiempo de elaboración de 30 min en cada película y velocidad de agitación 120 rpm, se mantienen constantes, al igual que el agua destilada (64 ml) y el ácido acético que es nulo, debido a que cuarteo a las películas bioplásticas, o a su vez con la combinación adecuada de plastificante forma biofilms demasiado rígidos que pueden servir para otras aplicaciones, también se sigue también la recomendación de (Enríquez et al., 2012, p. 186) de combinar 2 plastificantes, que para este caso no fue buena opción por parámetros estéticos ya que forma burbujas debido a la diferencia de puntos de gelatinización de la glicerina y pectina, dicho comportamiento y formulaciones, se puede observar en el Anexo H.

Cada experimento se debe realizar 4 veces para obtener un % de error experimental. Las formulaciones fueron obtenidas a partir de un estudio publicado por (Muscat et al., 2012, p. 190) donde para el caso de almidones de baja amilosa como es el caso del almidón de arroz blanco que posee un contenido de amilosa 26,81% y amilopectina 73,19%, según análisis de los almidones de arroz blanco e integral de este proyecto, realizados por el INIAP. La relación almidón-plastificante es de, 80:20, 70:30, 85:15 como se esta cumpliendo para A2, A6, B2, excepto la formulación B6, que su relación almidón plastificante es (70:21) pero cumple con el porcentaje de plastificante mayor al 15%, como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 27-3: Ensayos de las biopelículas a partir de almidón de arroz blanco

N°	Tratamiento	Variable	Repetición	COMPOSICIONES		Observación
				Almidón	Glicerina	
1	TP1 (A2)	CA1 : CP1	1	5	1,25	Forma la película
2			2			
3			3			
4			4			
5	TP2 (A6)	CA1: CP2	1	5	2,14	Forma la película
6			2			
7			3			
8			4			
9	TP3 (B2)	CA2 : CP1	1	7	1,25	Forma la película
10			2			
11			3			
12			4			
13	TP4 (B6)	CA2 : CP2	1	7	2,14	Forma la película
14			2			
15			3			
16			4			

Fuente: (Marichelvam et al., 2019, pp. 4-5) y (Muscat et al., 2012, pp. 189-190)

Realizado por: Gavilanes Ruiz, Lizbeth.2021

El cálculo de la relación almidón-plastificante, así como la cantidad de agua destilada para las formulaciones se realizaron tomando como guía los artículos científicos de (Muscat et al., 2012, pp. 189-190) y (Marichelvam et al., 2019, pp. 4-5).

Cálculo de la relación almidón-plastificante

$$\frac{80}{20} = \frac{5}{x}$$

x = 1,25 mL de plastificante

Cálculo del agua destilada

$$\sum \text{Solutos A} = 100$$

$$\sum 5 + 3 + 2 + 1 = 11$$





$$\frac{11}{\sum \text{solutos A2}} = \frac{100}{x}$$

$$\frac{11}{\sum 6,88} = \frac{100}{x}$$

x = 64 ml de agua destilada

Se ha elegido las 4 mejores formulaciones que son: A2, A6, B2, B6, provenientes de los respectivos tratamientos y a las que se les realizara los métodos de ensayos para validación, mismas que son estructuralmente intactas, transparentes, uniformes y lisas como se indica en la siguiente tabla 28-3.

Tabla 28-3: Análisis sensorial de las películas obtenidas a partir de almidón de arroz blanco

Muestra	Biopelícula	Facilidad de moldeo	Transparencia	Facilidad al desprenderse del molde	Ideal o no para envoltura
A2		X	X	X	Ideal para envoltura
A6		X	X	X	Ideal para envoltura
B2		X	X	X	Ideal para envoltura
B6		X	X	X	Ideal para envoltura

Realizado por: Gavilanes Ruiz, Lizbeth.2021

Biopelículas a partir de almidón de arroz integral

Para las siguientes formulaciones filmogénicas, la temperatura es de 78°C, tiempo de elaboración que es 30 min en cada película y velocidad de agitación que es 120 rpm, se mantienen constantes, al igual que el agua destilada (45 ml) y ácido acético 0,5 ml.

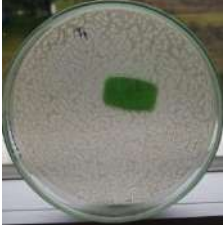
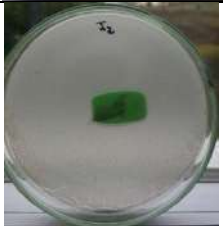
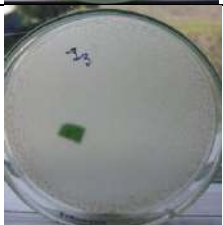
Tabla 29-3: Ensayos de las biopelículas a partir de almidón de arroz integral


N°	Tratamiento	Variable	Repetición	COMPOSICIONES		Observación
				Almidón	Glicerina	
1	TP1 (I1)	CA1 : CP1	1	3	0,88	No forma la película
2			2			
3			3			
4			4			
5	TP2 (I2)	CA1: CP2	1	3	1,25	No forma la película
6			2			
7			3			
8			4			
9	TP3 (I3)	CA2 : CP1	1	5	0,88	No forma la película
10			2			
11			3			
12			4			
13	TP4 (I4)	CA2 : CP2	1	5	1,25	No forma la película
14			2			
15			3			
16			4			

Realizado por: Gavilanes Ruiz, Lizbeth.2021

A continuación se puede apreciar la apariencia de las películas a partir de almidón de arroz integral.

Tabla 30-3: Análisis sensorial de las biopelículas a partir de almidón de arroz integral

Muestra	Biopelícula	Dificultad para formar la película	Transparencia	Observación
I1		X		No ideal
I2		X		No ideal, no forma la película, tiende a cuartearse
I3		X		No ideal, tiende a cuartearse

I4		X		No ideal, se cuartea
----	---	---	--	----------------------

Realizado por: Gavilanes Ruiz, Lizbeth.2021

De los 4 ensayos realizados para las biopelículas a partir de almidón de arroz integral basados en el método factorial 2^k , ninguno formó las biopelículas, ya que en su mayoría tienden a cuartearse. Es por ello que se vio la necesidad de realizar otras formulaciones filmogénicas que se encuentran en el Anexo I, al combinar con 2 plastificantes como recomienda (Enríquez et al., 2012, p. 186), presentan una apariencia pastosa imposible de secar, la formulación A2I se tomó del Tratamiento 1 (A2), que por análisis sensorial resultó ser mejor de las biopelículas a partir de almidón de arroz blanco, pero con el almidón de arroz integral no logró formar la biopelícula, es decir de las 12 formulaciones filmogénicas realizadas, ninguna fue exitosa, además de presentar un color moreno claro no tienen una transparencia ideal a diferencia de las biopelículas obtenidas a partir de almidón de arroz blanco. Todo esto puede deberse a varios motivos pese a que la cantidad de amilosa y amilopectina del almidón de arroz integral no difiere casi nada de la cantidad de amilosa y amilopectina que posee el arroz blanco.

Sin embargo se realizó la combinación de los almidones de arroz blanco e integral en un 50% y 50%; 50% y 25% pero mediante un análisis sensorial, estas biopelículas son frágiles, tienden a romperse con facilidad, no poseen una buena transparencia a diferencia de las biopelículas a partir de almidón de arroz blanco tienen, mientras que el ensayo de la combinación de 75% de almidón de arroz integral y 25% de arroz blanco no fue exitosa, tiende a cuartearse en su totalidad, dichas formulaciones y fotografías se encuentran adjuntas en el anexo I.

Según revisión bibliográfica los motivos pueden ser los siguientes:

- El arroz integral al conservar gran parte del salvado, su almidón posee 0,45 % de fibra bruta en 15g de almidón y esta fibra es insoluble en agua, este análisis se puede verificar en el Anexo J, de este trabajo valor que supera al compararlo con la bibliografía de (Martínez et al., 2017, p. 20), debido a que en su investigación posee $1,56\% \pm 0,07$ de fibra bruta en 100g de almidón de arroz integral.
- El arroz integral posee un sinnúmero de sustancias en su estructura como: ácidos fenólicos, flavonoides, tocoferoles y ácido fítico este último a pesar de ser miscible con el agua, no es absorbible y también impide la absorción de cualquier sustancia debido a su estructura molecular, formando de esta manera sales insolubles denominados fitatos. (L. Rodríguez et al., 2018, pp. 40-41)

- Según (Peñarrieta et al., 2014, p. 68), su color moreno claro se debe a los compuestos fenólicos responsables del color y las características sensoriales de las plantas y alimentos, resultando no ser una película opcional para el área de envolturas.
- Según (FAO et al., 2007, pp. 73-74), el almidón de arroz integral es de baja calidad debido a que posee una elevada solubilidad, bajo índice de absorción y bajo poder de hinchamiento, es por ello que aunque se haya combinado con un plastificante no se formara una película, generando agrietamientos en estas películas debido a la mayor rigidez de la combinación almidón y plastificante causada por la antiplasticidad y la poca estabilidad. Por lo tanto no se podrán realizar los ensayos de caracterización para estas películas ya que se necesitan películas sin agrietamientos, huecos, agujeros, burbujas para evitar errores experimentales.

3.3 Métodos de Ensayo para validación de las películas a partir de almidón de arroz blanco

3.3.1 Humedad

3.3.2 Cálculos para la humedad

A partir de la ecuación 11-2

$$\% \text{ de humedad} = \frac{\text{Peso inicial de la película} - \text{peso final de la película}}{\text{peso inicial de la película}} \times 100$$

$$\% \text{ de humedad } A2_1 = \frac{0,280 - 0,219}{0,280} \times 100$$

$$\% \text{ de humedad } A2_1 = 21,79\%$$

Tabla 31-3: Resultados de la humedad

N°	Peso inicial (g)	Peso final (g)	% de humedad	Promedio (%)
A2 ₁	0,280	0,210	25,00	25,05±0,46
A2 ₂	0,188	0,140	25,53	
A2 ₃	0,199	0,150	24,62	
A6 ₁	0,171	0,124	27,49	26,67±1,44
A6 ₂	0,229	0,166	27,51	
A6 ₃	0,168	0,126	25,00	
B2 ₁	0,194	0,145	25,26	25,17±0,28
B2 ₂	0,173	0,130	24,86	
B2 ₃	0,193	0,144	25,39	
B6 ₁	0,221	0,169	23,53	24,07±0,76
B6 ₂	0,373	0,249	24,93	
B6 ₃	0,219	0,167	23,74	

Realizado por: Gavilanes Ruiz, Lizbeth. 2021

Se observa que la película B6 mostró la menor absorción de agua, teniendo un valor más bajo de humedad por lo tanto puede aumentar la vida útil del plástico, sin embargo, A6, A2, B2

revelaron un mayor contenido de humedad. Los motivos por los cuales A6 revela un mayor contenido de humedad según (Muscat et al., 2012, pp. 190-193), se debe a que de las 4 formulaciones es la posee mayor cantidad de plastificante con una relación 70:30 almidón-plastificante y la glicerina es muy higroscópica es decir que posee la capacidad de absorber humedad del ambiente, además la amilosa tiende a formar una red de hebras rígidas y los poros presentes en la red, podrían atrapar más agua y que este contenido de agua en las películas dependen exclusivamente de la microestructura de la red de almidón, con el que se trabaje, los valores de humedad en la investigación para biopelículas de baja amilosa de (Muscat et al., 2012, pp. 192-193), se encuentran para LA G30 $25,12 \pm 0,89$, llegando a tener una coincidencia con las formulaciones de esta investigación, mientras que para LA G15 Y LA G 20, tiene valores de $10,58 \pm 0,34$ y $13,48 \pm 0,17$, que representan valores menores de humedad.

3.3.3 Solubilidad

3.3.3.1 Cálculos para la solubilidad

A partir de la ecuación 12-2

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

$$A2_1 = \left(\frac{0,147 - 0,130}{0,417} \right) \times 100$$

$$A2_1 = 11,56\%$$

Tabla 32-3: Resultados para Solubilidad

N°	Pi	P1	P2	P3	P4	P5	Pf	% de Solubilidad	Promedio
A2 ₁	0,147	0,137	0,137	0,135	0,130	0,130	0,130	11,56	10,74±0,73
A2 ₂	0,187	0,173	0,171	0,168	0,168	0,168	0,168	10,16	
A2 ₃	0,162	0,149	0,148	0,146	0,145	0,145	0,145	10,49	
A6 ₁	0,111	0,101	0,101	0,100	0,100	0,100	0,100	9,91	10,59±0,01
A6 ₂	0,104	0,097	0,096	0,093	0,093	0,093	0,093	10,58	
A6 ₃	0,124	0,115	0,113	0,110	0,110	0,110	0,110	11,29	
B2 ₁	0,194	0,176	0,174	0,174	0,173	0,173	0,173	10,82	10,04±0,67
B2 ₂	0,156	0,146	0,144	0,142	0,142	0,141	0,141	9,62	
B2 ₃	0,289	0,269	0,267	0,265	0,263	0,261	0,261	9,69	

B6₁	0,219	0,200	0,200	0,199	0,199	0,198	0,198		9,59	9,25±0,29
B6₂	0,221	0,209	0,209	0,207	0,203	0,201	0,201		9,05	
B6₃	0,373	0,345	0,343	0,341	0,339	0,339	0,339		9,12	

Realizado por: Gavilanes Ruiz, Lizbeth. 2021

Como se puede observar los valores promedio de solubilidad, las muestras A2 y A6 tienen el mayor porcentaje de solubilidad, mientras que las muestras B2 y B6 muestran menor solubilidad en agua, Según (Marichelvam et al., 2019, pp. 4-8), se debe a que posee mayor cantidad de almidón de arroz, en relación a las otras películas es por ello que cuya solubilidad es la propiedad principal capaz de distinguir el tipo de almidón a través de los métodos de formación de película, basándose en que el almidón está relacionado con el contenido de amilosa en los granos.

3.3.4 Espesor

El espesor de los bioplásticos se mide en 10 lugares diferentes utilizando un calibrador pie de rey, y se calcula la media. El grosor medio de los bioplásticos para A2 es 0,17 mm (170 µm), A6 es 0,1mm (100 µm), B2 0,13 mm (130 µm) y B6 0,2 mm (200 µm), como se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 33-3: Resultados del espesor de las biopelículas

A₂												
(Todas las medidas para esta tabla están expresadas en mm)												
N°	E₁	E₂	E₃	E₄	E₅	E₆	E₇	E₈	E₉	E₁₀	P	PT
1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,17
2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	
3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
A₆												
N°	E₁	E₂	E₃	E₄	E₅	E₆	E₇	E₈	E₉	E₁₀	P	PT
1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
B₂												
N°	E₁	E₂	E₃	E₄	E₅	E₆	E₇	E₈	E₉	E₁₀	P	PT
1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,13
2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	
3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
B₆												

N°	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	E ₆	E ₇	E ₈	E ₉	E ₁₀	P	PT
1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	
3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	

Realizado por: Gavilanes Ruiz, Lizbeth. 2021

Según (Marichelvam et al., 2019, pp. 6-7), el grosor de las envolturas de plástico no debe ser inferior a 50 micras. Los resultados muestran que los bioplásticos preparados tienen un grosor de 100-200 micras, por tanto, pueden utilizarse para preparar envolturas. Sin embargo, se han publicado varios trabajos sobre el grosor de las películas de almidón donde se encuentra que el valor del espesor de las películas a partir de almidón era de aproximadamente 0,15 mm. (Muscat et al., 2012), los valores de espesor para las películas L G15, LG20, LG 30 son $0,135\pm 0,004$, $0,140\pm 0,003$, $0,132\pm 0,011$ mm, lo cual indica que las biopelículas cumplen con el espesor requerido para envolturas. Aunque de acuerdo a lo observado el espesor de las biopelículas también va depender de la cantidad de mezcla que se coloque en los moldes.

3.3.5 Permeabilidad

3.3.5.1 Cálculos para la Permeabilidad

Tabla 34-3: Datos para calcular la permeabilidad de las biopelículas

N°	Ø Mm	R mm	Área πr^2 (m ²)	Pi	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
A2 ₁	16,4	8,2	$2,11 \times 10^{-4}$	30,635	30,637	30,637	30,638	30,639	30,639	30,640	30,650
A2 ₂	16,4	8,2	$2,11 \times 10^{-4}$	31,604	31,604	31,605	31,605	31,612	31,614	31,616	31,616
A2 ₃	16,4	8,2	$2,11 \times 10^{-4}$	31,788	31,792	31,793	31,795	31,795	31,802	31,802	,31,803
A6 ₁	16,4	8,2	$2,11 \times 10^{-4}$	30,255	30,255	30,260	30,260	30,261	30,263	30,264	30,264
A6 ₂	16,4	8,2	$2,11 \times 10^{-4}$	31,411	31,413	31,413	31,414	31,414	31,416	31,417	31,418
A6 ₃	17,4	8,7	$2,38 \times 10^{-4}$	30,979	30,979	30,981	30,983	30,984	30,984	30,986	30,987
B2 ₁	19,3	9,65	$2,93 \times 10^{-4}$	31,544	31,547	31,550	31,553	31,555	31,557	31,558	31,559
B2 ₂	17,9	8,95	$2,52 \times 10^{-4}$	30,566	30,568	30,575	30,576	30,576	30,576	30,577	30,577
B2 ₃	17,9	8,95	$2,52 \times 10^{-4}$	30,418	30,420	30,422	30,427	30,430	30,432	30,432	30,433
B6 ₁	16,4	8,2	$2,11 \times 10^{-4}$	32,113	32,115	32,118	32,121	32,121	32,122	32,123	32,123
B6 ₂	16,7	8,35	$2,19 \times 10^{-4}$	31,337	31,341	31,344	31,347	31,347	31,347	31,348	31,348
B6 ₃	16,7	8,35	$2,19 \times 10^{-4}$	31,525	31,525	31,528	31,531	31,533	31,533	31,534	31,535

Realizado por: Gavilanes Ruiz, Lizbeth.2021

3.3.5.2 Tasa de transmisión de vapor (WVTR)

3.3.5.3 Cálculos para la tasa de transmisión de vapor

A partir de la ecuación 13-2

$$WVTR = \frac{Q}{A} \text{ Expresado en } \left(\frac{\text{g}}{\text{h}\cdot\text{m}^2}\right)$$

$$WVTR_{A2_1} = \frac{(30,650-30,635)\text{g}/7\text{h}}{2,11\times 10^{-4} \text{ m}^2}$$

$$WVTR_{A2_1} = 10,16 \frac{\text{g}}{\text{h}\cdot\text{m}^2}$$

Tabla 35-3: Resultados de la tasa de transmisión de vapor

N°	A2 $\frac{\text{g}}{\text{h}\cdot\text{m}^2}$	A6 $\frac{\text{g}}{\text{h}\cdot\text{m}^2}$	B2 $\frac{\text{g}}{\text{h}\cdot\text{m}^2}$	B6 $\frac{\text{g}}{\text{h}\cdot\text{m}^2}$
1	10,16	6,09	7,31	6,77
2	8,12	4,73	6,24	7,18
3	10,16	4,80	8,50	6,52
Promedio	9,48±1,18	5,21±0,77	7,35±1,13	6,82±0,33

Realizado por: Gavilanes Ruiz, Lizbeth.2021

3.3.5.4 Transmisión de vapor de agua (WVP)

3.3.5.5 Cálculos para la transmisión de vapor de agua

A partir de la ecuación 14-2

$$WVP = \frac{WVTR \times z}{S'(HR_2 - HR_1)}$$

$S' = 0,002392\text{MPa} \rightarrow$ a 20°C Tabla A-4 del Apéndice 1 (Cengel & Boles, 2012)

$$WVP_{A2_1} = \frac{10,16 \frac{\text{g}}{\text{h}\cdot\text{m}^2} \times (2,00 \times 10^{-4}\text{m})}{0,002392\text{MPa}(75 - 0)}$$

$$WVP_{A2_1} = 1,133 \times 10^{-1} \frac{\text{g}}{\text{h}\cdot\text{MPa}\cdot\text{m}}$$

Tabla 36-3: Resultados para la transmisión de vapor de agua

N°	A2 $\frac{g}{h.MPa.m}$	A6 $\frac{g}{h.MPa.m}$	B2 $\frac{g}{h.MPa.m}$	B6 $\frac{g}{h.MPa.m}$
1	0,0113	0,0034	0,0041	0,0076
2	0,0091	0,0026	0,0070	0,0080
3	0,0057	0,0027	0,0047	0,0073
Promedio	0,0087±0,0028	0,0029±0,004	0,0053±0,0015	0,0076±0,004

Realizado por: Gavilanes Ruiz, Lizbeth.2021

La permeabilidad al vapor de agua (WVP) se determinó por triplicado para todas las películas según el método de la ASTM D1653-93, las películas utilizadas en este ensayo son de 2,5cm × 2,5 cm, sin defectos físicos como grietas, burbujas y agujeros. Los valores de WVP de las películas A2, A6, B2, B6, son 0,0087 ±0,0028; 0,0029 ±0,004; 0,0053 ±0,0015; 0,0076±0,004 g/h.MPa.m respectivamente, siendo A6 del tratamiento 2, la que menor permeabilidad al vapor de agua presenta. Según (Muscat et al., 2012, pp. 191-194), la permeabilidad de las películas es importante para los materiales destinados al sector de envolturas, ya que está directamente relacionada con la vida útil y estabilidad del producto envasado. En la presente investigación no se diferencia tanto unas de otras debido a que todas son de almidón de arroz, tienen menores valores de permeabilidad al vapor de agua y pueden ser consideradas como una mejor opción en comparación con la investigación de (Charro, 2015, p. 58), donde el valor de permeabilidad para la biopelícula de patata GMC es 0,1766 g/h.MPa.m.

3.3.6 Ensayo de tracción

Tabla 37-3: Resultados de los ensayos de tracción

Muestra	Probeta	Módulo de Elasticidad (MPa)	Carga de Fluencia (N)	Esfuerzo de fluencia (MPa)	Carga máxima (N)	Esfuerzo máximo (MPa)	% de elongación
A ₂	1	19,58	4,70	1,55	7,33	2,42	33,17
	2	9,92	5,73	2,04	5,75	2,05	48,39
	3	11,30	3,83	1,57	4,77	1,95	38,76
	P	13,60±5,22	4,75±0,95	1,72±0,28	5,95±1,29	2,14±0,07	40,11±6,81
A ₆	1	3,65	4,26	1,16	4,59	1,25	80,46
	2	3,58	3,99	1,09	4,27	1,16	72,34
	3	4,04	3,90	3,71	3,90	1,22	64,16
	P	3,76±0,25	4,05±0,19	1,99±1,49	4,25±0,35	1,21±0,05	72,32±8,15
B ₂	1	11,26	3,95	1,36	5,28	1,72	28,19
	2	14,18	4,12	1,12	6,07	2,00	32,93
	3	2,82	3,50	1,06	3,36	1,17	45,06
	P	9,42±5,90	3,86±0,32	1,18±0,16	4,90±1,39	1,63±0,42	35,39±8,70
B ₆	1	25,49	3,72	1,74	5,75	2,12	29,18

	2	27,87	4,95	2,05	6,04	2,98	32,02
	3	49,96	3,18	1,72	5,98	2,90	24,19
	P	34,44±13,49	3,95±0,91	1,84±0,19	5,92±0,15	2,67±0,48	28,46±3,96

Realizado por: Gavilanes Ruiz, Lizbeth. 2021

El Módulo de Elasticidad o conocido también como el módulo de Young para las películas A2, A6, B2, B6 son: $13,60\pm 5,22$; $3,76\pm 0,25$; $9,42\pm 5,90$; $34,44\pm 13,49$ MPa. Según la investigación realizada por (Muscat et al., 2012, pp. 192-194), El módulo de elasticidad disminuye cuando la humedad de la película aumenta, esto se comprueba porque A6 es la película que mayor humedad posee con $26,67\pm 1,44$ y menor módulo de Young presenta, mientras que la película B6 presenta menor contenido de humedad y mayor módulo de Elasticidad. El módulo de elasticidad también tiende a disminuir cuando se aumenta la cantidad de plastificante y se comprueba debido a que la película A6 posee 70:30 en relación almidón plastificante es por ello que su módulo es menor a diferencia de las otras películas.

El % de elongación presenta los siguientes valores: $40,11\pm 6,81$; $72,32\pm 8,15$; $35,39\pm 8,70$; $28,46\pm 3,96$. Según (Muscat et al., 2012, pp. 192-194), la resistencia a la tracción, el módulo de elasticidad disminuyen y el alargamiento aumenta al aumentar las concentraciones de plastificante por encima del 15% en base sólida seca, independientemente del tipo de almidón, Lo cual dentro de la presente investigación se puede confirmar ya que las películas A2 y A6 poseen mayores % de elongación al tener mayor cantidad de plastificante en su relación almidón-plastificante, mientras que B2 y B6 al tener menor relación almidón-plastificante poseen menores porcentajes de elongación, dichos porcentajes de elongación también se cumplen en la investigación de (Muscat et al., 2012, pp. 192-194), ya que para la relación 70:30 de baja amilosa tiene un porcentaje de elongación de $70,73\pm 4,95$, mismo que posee una coincidencia con la película A6. (Marichelvam et al., 2019, pp. 6-8), asegura que el glicerol brinda a las películas flexibilidad, ya que se reducen los enlaces intermoleculares al tener grupos hidroxilos (3-OH), entre las cadenas poliméricas y se modifican las propiedades mecánicas.

3.3.7 Biodegradabilidad

3.3.7.1 Biodegradabilidad aerobia

Tabla 38-3: Resultados de biodegradabilidad aerobia por diferencia de peso

Formulación	Peso inicial seco (g)	Días	Peso final seco	% de pérdida de peso
A ₂	0,2372	7	0,1810	23,69
	0,1730	14	0,1110	35,84
	0,1940	21	0,1220	37,11
	0,1990	28	0,1214	38,99

A ₆	0,2528	7	0,1941	23,22
	0,2102	14	0,1583	24,69
	0,2050	21	0,1497	26,98
	0,1790	28	0,1284	28,27
B ₂	0,1900	7	0,1546	18,63
	0,2321	14	0,2215	22,15
	0,2649	21	0,1967	25,75
	0,2463	28	0,1770	28,14
B ₆	0,1923	7	0,1429	25,69
	0,2447	14	0,1786	27,01
	0,2663	21	0,1919	27,94
	0,2068	28	0,1479	28,48

Realizado por: Gavilanes Ruiz, Lizbeth. 2021

3.3.7.2 Biodegradabilidad anaerobia

Tabla 39-3: Resultados biodegradabilidad anaerobia por pérdida de área

Formulación	Área inicial (cm ²)	Días	Área final (cm ²)	% de pérdida por área
A ₂	6,25	7	5,89	5,76
	6,25	14	2,14	65,76
	6,25	21	1,84	70,56
	6,25	28	1,01	83,84
A ₆	6,25	7	5,98	4,32
	6,25	14	2,29	63,36
	6,25	21	1,70	72,80
	6,25	28	0	100
B ₂	6,25	7	6,03	3,52
	6,25	14	3,97	36,48
	6,25	21	2,68	57,12
	6,25	28	2,11	66,24
B ₆	6,25	7	4,97	20,48
	6,25	14	2,56	59,04
	6,25	21	1,71	72,64
	6,25	28	0,98	84,32

Realizado por: Gavilanes Ruiz, Lizbeth. 2021

3.3.7.3 Biodegradabilidad en el agua

Tabla 40-3: Resultados de biodegradabilidad en agua por diferencia de peso

Formulación	Peso inicial seco (g)	Días	Peso final seco	% de pérdida de peso
A ₂	0,2387	7	0,1499	37,20
	0,2149	14	0,1323	38,44
	0,2387	21	0,1310	45,12
	0,2130	28	0,0968	54,55
A ₆	0,2294	7	0,1705	25,68
	0,4000	14	0,2907	27,33
	0,2116	21	0,1516	28,36
	0,2002	28	0,1361	32,02

B ₂	0,2230	7	0,1570	29,60
	0,2426	14	0,1623	33,10
	0,3180	21	0,1969	38,08
	0,2483	28	0,1218	50,95
B ₆	0,3721	7	0,2083	44,02
	0,2176	14	0,1088	50,00
	0,3588	21	0,1575	56,10
	0,2780	28	0,1018	63,38

Realizado por: Gavilanes Ruiz, Lizbeth. 2021

Las pruebas de biodegradabilidad se llevaron a cabo enterrando las películas en el suelo bajo 2 cm, bajo 12 cm y en 500 ml de agua, en condiciones de interior durante 28 días. Luego de realizar los cálculos de pérdida de peso Bajo 2 cm la película A2 a los 28 días se ha degradado en un 38,99%, a medida que transcurren los días la película tiende a la rigidez, mientras que para la película A6 bajo 12 cm se ha degradado en su totalidad, para esto se vio la necesidad de utilizar el software NX siemens, debido a que la tierra se ha impregnado en las películas resultando imposible realizar cálculos por pérdida de peso y se realizó mediante pérdida de área. Según la literatura de (González et al., 2011, pp. 335-337), revela que la degradación de las diferentes películas en el suelo depende en gran medida del grado de reticulación, es decir de la unión entre moléculas, cualquier grado mínimo de modificación por reticulación genera una biodegradación más rápida. Esta dependencia puede atribuirse al efecto obstaculizador de las redes químicas sobre la degradación enzimática, este efecto produce una disminución de biodisponibilidad de agua en el interior, el hecho de que en la mayoría de las películas reticuladas, el ataque microbiano, la acción de las enzimas proteolíticas y la hidrólisis se producen en menor medida.

Y la película B6 fue la película que se degradó en un 63,38% y la tuvo mayor porcentaje de biodegradabilidad a diferencia de las otras películas al ser colocada en 500 ml de agua purificada, (González et al., 2011, pp. 335-337), se debe a que forma enlaces con el agua por tanto tiende a degradarse más pronto a diferencia de las demás películas.

3.3.8 *Discusión de Hipótesis*

3.3.8.1 *Hipótesis 1*

- La obtención de almidón de arroz blanco e integral por vía húmeda, se observa que el de mayor rendimiento es el tratamiento 6 y mediante el análisis ANOVA, se acepta una hipótesis alterna, y se realizó la prueba de Tukey, para saber entre cuales de los tratamientos existe la diferencia significativa y para los rendimientos del almidón de

arroz integral, existe una diferencia significativa entre las medias de los 6 tratamientos, mientras que para el almidón de arroz blanco, las medias de T2 y T4 son significativamente iguales, los almidones de arroz blanco e integral fueron sometidos a pruebas fisicoquímicas basadas en los ensayos de (NTE INEN 1456, 2013) y (FAO et al., 2007).

3.3.8.2 Hipótesis 2

Para la elaboración de las biopelículas, se realizó con el método factorial 2^k , y se tomó la guía de 2 artículos científicos (Muscat et al., 2012) y (Marichelvam et al., 2019) donde se realizan relaciones de 70:30, 80:20, 85:15, 70:21 de almidón-plastificante, debido a que el almidón de arroz blanco e integral poseen bajo porcentaje de amilosa 29,10 y 26,81 respectivamente, es por ello que para los tratamientos de elaboración de películas a partir de arroz blanco: T1(A2), T2(A6), T3(B2), T4(B6), donde se varía la cantidad de glicerina como plastificante con cantidades de (1,25 y 2,14) ml y almidón (5 y 6) gramos, mientras se mantienen constantes la cantidad de agua destilada (64ml), velocidad de agitación (120 rpm), temperatura 77°C, para las películas a partir de almidón de arroz blanco y 78°C para las películas a partir de almidón integral, que son las temperaturas de gelatinización de dichos almidones y tiempo de elaboración 30 min. El vinagre considerado como acelerante y conservante, se mantiene nulo debido a que tiende a cuartear a las películas, ya que les brinda demasiada rigidez o en combinación adecuada con almidón y plastificante resulta ser un bioplásticos ideal para otras aplicaciones al ser demasiado grueso y resistente. Resultando como películas ideales para envolturas a la muestras del T1 como A2, T2 como A6, T3 como B2 y T4 como B6.

Para las biopelículas a partir de almidón de arroz integral se utilizó el método factorial 2^k donde se varía el plastificante (0,88 y 1,25) ml y almidón (3 y 5) g y se mantuvieron constantes la cantidad de agua destilada (45 ml), Vinagre (0,5 ml), velocidad de agitación (120 rpm), temperatura 78°C, que es la temperatura de gelatinización y tiempo de elaboración 30 min.

3.3.8.3 Hipótesis 3

Las biopelículas a partir de almidón de arroz blanco, mediante los métodos de validación: los valores de humedad se encuentran desde $24,07 \pm 0,76$ a $26,67 \pm 1,44$, la temperatura de secado no debe superar los 60 °C, ya que al igual que un plástico común tiende a la rigidez

y a deshacerse; a diferencia de otras biopelículas provenientes de fuentes vegetales presenta baja solubilidad en agua de $9,25\pm 0,29\%$ - $10,74\pm 0,73\%$, siendo una buena opción como envolturas; cumplen con el espesor requerido, baja permeabilidad al vapor de agua, son flexibles, resistentes debido a que presentan un buen porcentaje de elongación, y son biocompatibles con el medio ambiente ya que bajo 2 cm de tierra se pueden degradar completamente a partir de los 3 meses, bajo 12 cm de la tierra y en el agua se degradan en su totalidad a partir de las 6 semanas.

CONCLUSIONES

- Se obtuvo almidón de arroz blanco (*Oryza sativa*) y arroz integral a través del método de extracción por vía húmeda, variando la velocidad RPM (alta y baja) y tiempo de trituración de (2, 3 y 4 minutos) con rendimientos promedios de 66,59% y 13,29%.
- Mediante la caracterización de los almidones de arroz blanco e integral se obtuvieron valores de: índice de solubilidad en agua ($5,57 \pm 0,20\%$ y $12,02 \pm 0,11\%$), pH ($5,98 \pm 0,02$ y $6,42 \pm 0,04$), Residuos por calcinación ($0,10 \pm 0,06\%$ y $0,49 \pm 0,06\%$). Para la sensibilidad presenta la coloración azul profunda para los 2 almidones de arroz.
- Se obtuvo los bioplásticos a nivel de laboratorio, a partir de almidón de arroz blanco (*Oryza sativa*), con el método factorial 2^k donde se establece 4 tratamientos con 4 repeticiones respectivamente, donde se varía la cantidad de almidón de arroz blanco (5 y 7) gramos y glicerina como plastificante (1,25 y 2,14) ml, y manteniendo constante el agua destilada (64 ml).
- Se realizó la caracterización a las biopelículas A2, A6, B2 y B6 provenientes de los respectivos tratamientos y obtenidas a partir de almidón de arroz blanco, donde la biopelícula A6 del tratamiento 2, es la más óptima para envolturas, en dicha caracterización por medio de los siguientes métodos de ensayo se obtuvo los siguientes resultados: Humedad $26,77 \pm 1,44\%$, Solubilidad de $10,59 \pm 0,01\%$, Espesor de 0,1 mm ($100\mu\text{m}$), Permeabilidad al vapor de agua $0,0029 \pm 0,004$ g/h.Mpa.m, Las propiedades de tracción de láminas plásticas delgadas, la biopelícula A6 posee un porcentaje de elongación $72,32 \pm 8,15\%$, en cuanto a la Biodegradabilidad Aerobia se ha degradado en un 28,27% en 28 días cumpliendo su desintegración total en 3 meses, siendo la Biodegradabilidad Anaerobia el método más rápido de desintegración, puesto que se ha degradado en su totalidad a los 28 días, y finalmente para la Biodegradabilidad en el agua, es la biopelícula que se ha degradado en un 32,02% a los 28 días y cumpliendo su desintegración total en 2 meses. Cumpliendo con los requisitos para envolturas biodegradables para alimentos.
- No se logró obtener los bioplásticos a partir de almidón de arroz integral, esto se podía prever, por su elevada solubilidad del almidón en agua y su alto contenido en fibra insoluble en agua, por lo tanto no se pudo realizar una comparación entre estos bioplásticos por medio de los métodos de ensayo, debido a que las biopelículas para la caracterización, no deben ser frágiles y deben ser libre de agrietamientos, agujeros, burbujas para evitar errores experimentales.

RECOMENDACIONES

- Aunque la materia prima (almidón), presenta ausencia de Coliformes totales, fecales, mohos y levaduras, se recomienda realizar un análisis microbiológico de las biopelículas.
- Al realizar las formulaciones de las biopelículas, se deberá controlar que la cantidad de plastificante se encuentre por encima del 15% en base sólida, con relación a la cantidad de almidón.
- Se deberá ir aumentando progresivamente la temperatura del reverbero al realizar los bioplásticos.
- Se deberá colocar el plastificante cuando la lechada de agua-almidón llegue a los 60°C, puesto que en la lechada fría es insoluble.
- Es muy importante que la mezcla llegue a la temperatura de gelatinización, para que los gránulos de almidón tengan una estabilidad interna.
- Controlar el porcentaje de ventilación de la estufa para evitar el elevado porcentaje de humedad, y el agrietamiento de los biofilms por el exceso del porcentaje de ventilación de la estufa, y que no sobrepase los 45°C. De preferencia secar a temperatura ambiente
- Verificar las técnicas de secado de los bioplásticos, para mejorar los porcentajes de elongación de los mismos.
- Realizar un estudio de la composición del salvado de arroz integral, en caso que pueda ser útil como materia prima en futuras investigaciones.

GLOSARIO

Ácidos fenoles: son moléculas que tienen uno a más grupos hidroxilo unido a un anillo aromático, juegan funciones metabólicas en las plantas, crecimiento, reproducción, protección contra patógenos externos, estrés como la radiación UV y los depredadores. (Peñarrieta et al., 2014)

Bífida: división entre dos partes sin llegar a la mitad de su longitud.

Birrefringencia: es una propiedad óptica del almidón en el que los gránulos presentan dos índices de refracción por lo cual cuando se irradian con luz polarizada desarrollan la conocida “cruz de malta” (Meza, 2016, p. 31).

Cariósido: fruto monospermo seco e indehisciente, semejante a la nuez, pero con el pericarpio delgado y soldado al tegumento seminal. (Argimon & Trigo, 2021, p.8)

Fasciculadas: se refiere al conjunto de raíces ramificadas o a otros órganos que forman una configuración de haz o manojos.

Filmogénicas: formador de películas, para tener aspectos favorables.

Fluencia: es la lenta y progresiva deformación que va experimentando un material sometido a una carga permanente con el tiempo.

Lígula: en botánica es un apéndice membranoso de naturaleza estipular, que forma partes de algunas plantas especialmente de las gramíneas une el limbo de la hoja con la vaina.

Módulo de Elasticidad: también denominado módulo de Young, es la relación entre la tensión (acción de fuerzas opuestas al que está sometido un cuerpo) y la deformación elástica resultante, indicando la capacidad de resistencia a la deformación. (Balvantín, 2016)

Panícula: inflorescencia compuesta en la que los ramitos van decreciendo de la base al ápice, dándole aspecto piramidal.

Porcentaje de elongación: significa la capacidad que tiene el material para deformarse antes de llegar al punto de ruptura del mismo, se define restando la longitud final de la probeta menos la longitud inicial de la probeta, su resultado dividir para la longitud inicial y se multiplica por cien. (Balvantín, 2016)

Reticulación: se usa en la ciencia de los polímeros, generalmente al uso de los enlaces entrecruzados para promover una diferencia de propiedades físicas de los polímeros.

BIBLIOGRAFÍA

ACEVEDO, M., et al. “Trabajo Especial Origen, Evolución y Diversidad del arroz”. *Agronomía Tropical* [en línea], 2006, (Venezuela). [Consulta: 01 Enero 2021]. ISSN 0002-192X. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2006000200001

AGUIAR, C., et al. Prueba del Almidón [blog], 2014. [Consulta 02 de Enero 2021]. Disponible en: <https://sites.google.com/site/laboratoriosbioquimica/bioquimica-i/prueba-del-almidon>

AGUILERA MOSCOSO, B. DEL C., et al. "Obtención de productos alternativos y eco amigables a partir de almidón y harina de arroz", 2018, (México), pp. 1-2. [Consulta 29 agosto 2020]. Disponible en: [https://repositorio.iberopuebla.mx/bitstream/handle/20.500.11777/3853/productos alternativos a partir de arroz_modalidad interactivo_articulo_final.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.iberopuebla.mx/bitstream/handle/20.500.11777/3853/productos%20alternativos%20a%20partir%20de%20arroz_modalidad%20interactivo_articulo_final.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

ALEMÁN, M., et al. “estudio de las propiedades y biodegradabilidad de plásticos (cast-films) elaborados a partir de cáscara de naranja, pectina y alcohol polivinilico (PVOH)”, 2020, (México, p. 1). [Consulta: 01 febrero 2021]. Disponible en: https://smbb.mx/congresos%20smbb/veracruz01/TRABAJOS/AREA_IV/CIV-14.pdf

ALTAMIRANO, M. “ Estudio de la Cinética de Hidratación de arroz tipo “senia” blanco e integral ”[en línea] (Trabajo de Titulación). (Maestría). Universidad Politecnica de Valencia, Valencia, España. 2017, p.7. [Consulta: 26 octubre 2020]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/87857/ALTAMIRANO%20%20ESTUDIO%20DE%20LA%20CINETICA%20DE%20HIDRATACION%20DE%20ARROZ%20TIPO%20%20SENIA%20%20BLANCO%20E%20INTEGRAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ÁLVAREZ, E. “ Cultivo de Arroz (*Oryza sativa* L.”. *Guía Tecnológica Agropecuaria y Forestal* [en línea], 2018, (El Salvador), p. 7. [Consulta: 22 marzo 2021]. Disponible en: http://centa.gob.sv/docs/guias/granos_basicos/Guia_Centa_Arroz_2019.pdf

ARGIMON, X., & TRIGO, M. DEL M. *Flora Ornamental Española. Glosario de términos utilizados en textos* [en línea], 2021, (España), p.8. [Consulta: 02 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.arbolesornamentales.es/GLOSARIO.pdf>

BALVANTÍN, A. *Ensayos y Propiedades mecánicas de los materiales* [blog], División de ingenierías Campus Ilapuato-Salamanca, 2016. [Consultado: 25 febrero 2021]. Disponible en: <http://www.dicis.ugto.mx/profesores/balvantin/documentos/Ciencia%20de%20Materiales%20para%20Ingenieria%20Mecanica/Unidad%20I%20%20201.%20Ensayos%20y%20Propiedades%20de%20Materiales.pdf>

CENGEL, Y., & BOLES, M. *Termodinámica* [en línea]. Séptima edición. Carolina del Norte-Estados Unidos: Mc Graw Hill, 2012 [Consulta: 25 febrero 2021]. Disponible en: [http://joinville.ifsc.edu.br/~evandro.dario/Termodinâmica/Material Didático/Livro - Cengel/Termodinamica - Cengel 7th - espanhol.pdf](http://joinville.ifsc.edu.br/~evandro.dario/Termodinâmica/Material_Didático/Livro_Cengel/Termodinamica - Cengel 7th - espanhol.pdf)

CHARRO, M. Obtención de plástico biodegradable a partir de almidón de patata [en línea] (Trabajo de Titulación) (Pregrado) Universidad Central del Ecuador. 2015, pp.17-58. [Consulta: 29 agosto 2020]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/3788/1/T-UCE-0017-97.pdf>

CLAYDEN, J., & GREEVES, N. *Polimerización* [blog]. Tecnología de Los Plásticos, 2013. [Consulta: 31 agosto 2020]. Disponible en: <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2013/07/polimerizacion.html>

ECOEMBES. Proyecto de análisis de bioplásticos, 2009, pp. 7-8. [Consulta: 31 agosto 2020]. Disponible en: https://www.ecoembes.com/sites/default/files/archivos_estudios_idi/proyecto_bioplásticos_-_resumen_ejecutivo.pdf

ECURED. *Arroz* [blog], 2020.[Consulta: 01 Septiembre 2020]. Disponible en: <https://www.ecured.cu/Arroz>

ECURED. *Variedades de arroz* [blog], 2020.[Consulta: 01 Septiembre 2020]. Disponible en: https://www.ecured.cu/Variedades_de_arroz

ENRÍQUEZ, M., et al. “COMPOSICIÓN Y PROCESAMIENTO DE PELÍCULAS BIODEGRADABLES BASADAS EN ALMIDÓN”. *Biotecnología en el sector Agropecuario y Agroindustrial* [en línea], 2012, Universidad del Cauca, (Colombia), volumen 10, pp.186-187. [Consulta: 31 agosto 2020]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v10n1/v10n1a21.pdf>

FAO, ARISTIZÁBAL, J., et al. “ Guía Técnica para producción y análisis de almidón de yuca”. *Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO* [en línea], 2007, (Roma), pp.61-91. [Consulta: 18 enero 2021]. ISSN 1020 4234. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-a1028s.pdf>

FAO, SAG, & DICTA. “Manual Técnico para el cultivo de arroz”. *Dirección de Ciencia y Tecnología* [en línea], 2003, (Honduras), pp.5-12. [Consulta: 13 enero 2021]. Disponible en: <https://curlacavunah.files.wordpress.com/2010/04/el-cultivo-del-arroz>

GAIBOR, N.,et al. “Composition, abundance and sources of anthropogenic marine debris on the beaches from Ecuador – A volunteer-supported study”. *Marine Pollution Bulletin* [en línea], 2020, (Ecuador), p. 2. [Consulta: 29 agosto 2020]. ISSN 18793363. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/340296433_Composition_abundance_and_sources_of_anthropogenic_marine_debris_on_the_beaches_from_Ecuador_-A_volunteer-supported_study

GIBBENS, S. “Todo lo que necesitas saber sobre los Bioplásticos”. *National Geographic* [en línea], 2020, [Consulta: 29 agosto 2020]. Disponible en:

<https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/2018/11/todo-lo-que-necesitas-saber-sobre-los-bioplasticos>

GÓMEZ, M., et al. “Caracterización Físicoquímica y Térmica de almidón de arroz en el desarrollo de un material de pared para su uso en microencapsulación”. Memorias de Congreso Internacional de Investigación Científica Multidisciplinaria [en línea], 2015, (México), p.125. [Consulta: 24 enero 2021]. Disponible en: https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/1351/1/2015_Memoria_Artículo_CHARACTERIZACION_FISICOQUIMICA_Y_TÉRMICA_DE_ALMIDON_DE_ARROZ.pdf

GONZÁLES, A., et al. “Cross-linked soy protein as material for biodegradable films: Synthesis, characterization and biodegradation”. Journal of Food Engineering [en línea], 2011, Universidad de Córdoba (Argentina), Volumen 106, pp.332-337. [Consulta: 24 enero 2021]. ISSN 02608774. Disponible en: <https://sci-hub.se/https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S026087741100286X>

HEINRICH BÖLL STIFTUNG. *Atlas del Plástico* [en línea]. Segunda edición, El Salvador, Schachtele, Kai, 2019. [Consulta: 23 marzo 2021]. Disponible en: [https://co.boell.org/sites/default/files/2021-02/Plastic Atlas 2019 cambio.pdf](https://co.boell.org/sites/default/files/2021-02/Plastic%20Atlas%202019%20cambio.pdf)

HERNÁNDEZ, M., et al. “Caracterización físicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán”. Ciencia e Tecnología de Alimentos [en línea], 2008, (México), Volumen 28, p. 718. [Consulta: 30 marzo 2021]. ISSN 0101-2061. Disponible en: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612008000300031&lng=es&nrm=iso&tlng=es

INEN NTE 2635:2012. *Método de Ensayo para las propiedades de tracción de láminas plásticas delgadas.* [Consulta 24 marzo 2021]. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2635.pdf>

INFOAGRO. *El Cultivo del arroz*, Industria de Los Cereales y Derivados [blog], 2020. [Consulta: 15 enero 2021]. Disponible en: <https://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/arroz.htm>

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGRARIAS. *Arroz* [blog], 2014. [Consulta: 01 septiembre 2020]. Disponible en: <http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/mcereal/rarroz>

LAFUENTE, G. Glicerol: Síntesis y Aplicaciones [en línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad Nacional de Educación a distancia. (España). 2017, pp.5-9. [Consulta: 31 agosto 2020]. Disponible en: http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:master-Ciencias-CyTQ-Glafuente/Lafuente_Aranda_Gustavo_TFM.pdf

LANDIRES, D., et al. “Análisis del Contenido Amilosa-Amilopectina en seis Variedades de Arroz Ecuatoriano”. Chemistry Biosynthesis [en línea], 2009, (Ecuador), p.2. [Consulta: 31 agosto 2020]. Disponible en:

https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/24285/1/Articulo_amilosa_amlopectina.pdf

LEÓN, G., et al. “Modificación química de almidones mediante reacciones de esterificación y su potencial uso en la industria cosmética”. Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica [en línea], 2020, (Venezuela), Volumen (39), pp. 621-622. [Consulta: 23 marzo 2021]. Disponible en:

https://www.revistaavft.com/images/revistas/2020/avft_5_2020/17_modificacion.pdf

LEVOSO SÁNCHEZ, A. Modelado del Proceso de extracción de ácido acético con recuperación del disolvente orgánico [en línea] (Trabajo de titulación) (Pregrado) Universidad Politécnica de Madrid,. 2016, pp.1-2. [Consulta: 24 marzo 2021]. Disponible en: http://oa.upm.es/42845/1/TFG_ANA_SANCHEZ_LEVOSO.pdf

LLERENA, J., & MONZÓN, L. Elaboración de un Envase Biodegradable a partir de Almidón Obtenido de Arroz Quebrado (*Oryza Sativa*), Queratina Obtenida de Residuos Avícolas (Plumas) Fortificado con Residuos de Cáscaras de Mango (*Mangifera Indica*) [en línea] (Trabajo de titulación) (Pregrado) Universidad Católica de Santa María, 2017, pp.40-51. [Consulta: 22 marzo 2021]. Disponible en: <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/UCSM/6666/42.0158.IB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

LÓPEZ, A., et al. Almidón Termoplástico reforzado con fibras naturales [en línea] (Trabajo de Titulación) (Pregrado) Universidad Politécnica de Catalunya, 2012, p.1. [Consulta: 31 agosto 2020]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/2117/16776>

LÓPEZ, S., & OZAETA, G. Extracción de Almidón a partir de arroz de rechazo molido como viscosante en la elaboración de cinco cosméticos [en línea] (Trabajo de Titulación) (Pregrado) Universidad San Carlos de Guatemala , 2013, pp. 15-16. [Consulta: 01 septiembre 2020]. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_3493.pdf

MARICHELVAM, M. ., MOHAMMAD, J., & MOHAMMAD, A. “Corn and rice starch-based bioplastics as alternative packaging materials”. Fibers [en línea], 2019,(Malasya), Volumen (9), pp. 192-194. [Consulta: 21 agosto 2020]. ISSN 20796438. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/332318543_Corn_and_Rice_Starch-Based_Bio-Plastics_as_Alternative_Packaging_Materials

MARTÍNEZ, J., et al. “Propiedades fisicoquímicas y funcionales del almidón de arroz (*Oryza sativa L*)”. Revista Alimentos hoy [en línea], 2017, Volumen (25), pp. 16-22. [Consulta: 01 Septiembre 2020]. Disponible en: <https://pdfs.semanticscholar.org/e4f4/f6a112225a24ef617f13efd8c081190f4f4d.pdf>

MEXPOLÍMEROS. *Plastificantes* [blog], 2018. [Consulta: 31 agosto 2020]. Disponible en: <https://www.mexpolimeros.com/plastificante.html>

MEZA, P. Elaboración de Bioplásticos a partir de Almidón residual obtenido de peladoras de papa y Determinación de su Biodegradabilidad a Nivel de Laboratorio. (Trabajo de Titulación). (Pregrado). [en línea] Universidad Agraria La Molina. 2016, pp.12-31.[Consulta: 31 agosto 2020]. Disponible: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2016/Q60-M49-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

MUSCAT, D., et al. “Comparative study of film forming behaviour of low and high amylose starches using glycerol and xylitol as plasticizers”. Journal of Food Engineering [en línea], 2012, pp. 190-200. [Consulta: 01 octubre 2020]. Disponible en: <https://sci-hub.se/http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.10.019>

NTE INEN 1456. (2013). *Reactivo para analisisalmidón soluble (para Iodometría). Metodos de ensayos.* Disponible en: <https://archive.org/details/ec.nte.1456.1986/page/n7/mode/2up>

NTE INEN 2043:2013. (2013). *Plásticos. Método De Ensayo Para La Determinación De Las Propiedades De Tensión.* Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2043-1.pdf>

NUÑEZ, A. Obtención de una película de bioplástico a partir de colágeno de las patas de pollo [en línea] (Trabajo de Titulación) (Pregrado) Universidad Central del Ecuador, 2014, p. 38 [Consulta: 31 agosto 2020]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2879/1/T-UCE-0017-90.pdf>

OCHOA, J., et al. “Bioplásticos” ResearchGate [en línea], 2014, pp. 18-85. [Consulta: 27 Agosto 2020]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/257652567_BIOPLASTICOS

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS , RENDÓN, M. “Cambio Climático y medio ambiente” Noticias ONU [en línea], 2019, p.1 [Consulta: 29 agosto 2020]. Disponible en: <https://news.un.org/es/story/2019/06/1457361>

PEÑARRIETA, J. M., et.al. “Phenolic compounds in food”, Revista Bolivariana de Química [en línea], 2014, (Bolivia), p.68. [Consulta: 25 febrero 2021]. Número ISSN: 0250-5460. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4263/426339682006.pdf>

PEREYRA, F., et al. “Obtención y Caracterización de almidón químicamente modificado de arroz” Journal of Chemical Information and Modeling [en línea], 2018, (Argentina), Volumen (58), pp. 2-11. [Consulta: 31 marzo 2021]. Disponible en: https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/13332/27-agroalimentos-pereyra-florenia-uner.pdf

PÉREZ, H., & RODRÍGUEZ, I. *Cultivos Tropicales de Importancia Económica en Ecuador (Arroz, Yuca, Caña de Azúcar y maíz)* [en línea] Tomo I, Ecuador, 2018. [Consulta: 23 marzo 2021]. Disponible en: <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:rWsvlvsBen0J:repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/14408/1/Cap.1%2520Origen%252C%2520taxonom%25C3%25ADa%2>

52C%2520morfolog%25C3%25ADa%252C%2520fisiolog%25C3%25ADa%2520y%2520nutri
ci%25C3%25B3n%252

PINCIROLI, M. Proteínas de arroz. Propiedades estructurales y funcionales [en línea] (Trabajo de Titulación) (Maestría). Universidad Nacional de la Plata , Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Argentina. 2010, pp.3-4 [Consulta: 16 enero 2021]. Disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/1828/Documento_completo_.pdf?sequence=3&isAllowed=y

PIZÁ, H., et al. Análisis Experimental de la Elaboración de Bioplástico a partir de la cáscara de Plátano para el diseño de una Línea De Producción Alterna Para Las Chifleras De Piura, Perú [en Línea] (Trabajo de Titulación) (Pregrado) Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería.(Piura-Perú). 2017, p.7 [Consulta: 31 agosto 2020]. Disponible en: https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3224/PYT_Informe_Final_Proyecto_Bioplastico.pdf?sequence=1&isAllowed=y

POVEDA, G., & ANDRADE, C. “Producción Sostenible arroz en la Provincia del Guayas” Eumet.net [en línea], 2018, p.1. [Consulta: 29 agosto 2020]. ISSN 1988-7883. Dispone en: <https://www.eumed.net/rev/cccss/2018/03/produccion-arroz-ecuador.html>

QUIROGA, C. C. “Los Almidones y la Salud” Centro de Investigaciones Agrícolas y Agroindustriales Andinas [en línea]. 2008, p. 137. [Consulta: 22 marzo 2021]. ISSN 1814-6333. Disponible en: <http://www.upb.edu/sites/default/files/11Quiroga8.pdf>

RODRÍGUEZ, A. “ Biodegradabilidad de Materiales Plásticos”. Arbor, Ciencia y Tecnología de los alimentos [en línea], 2012, Volumen 22 N°3, p.70 [Consulta: 16 enero 2021].ISSN:0864-4497.Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/328676031_Biodegradabilidad_de_materiales_bioplasticos

RODRÍGUEZ, D. Potencial Agroalimentario del Almidón de Arroz de Tres Variedades Cultivadas en el Departamento del Tolima [en línea] (Trabajo de Titulación) (Maestría), Facultad de Ingeniería agronómica. Ibagué (Tolima- Colombia). 2015, pp. 27-43 [24 enero 2021]. Disponible en: https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/24285/1/Articulo_amilosa_amlopectina.pdf

RODRÍGUEZ, L., et al. “Contenido de ácido fítico y fósforo Inorgánico en Vigna unguiculata y Phaseolus vulgaris Germinadas a diferentes temperaturas”. Información Tecnológica [en línea], 2018, (México) Volumen 29, pp. 40-41. [Consulta: 25 febrero 2021]. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v29n3/0718-0764-infotec-29-03-00039.pdf>

SILVA NYKÄNEN, V. et al. “Un plastificante eficiente y estable en forma de estrella para el almidón: fosfazeno cíclico con cadenas laterales de aminoetoxi etanol con enlaces de hidrógeno”. Green chemistry, 2014, pp.1-2. [Consulta: 31 agosto 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1039/C4GC00794H>

- TORRES MARTINEZ, K.** Optimización de la etapa de Hidrólisis ácida en el proceso de fosfatación de almidón por extrusión para la encapsulación de aceite esencial de Naranja [en línea] (Trabajo de titulación) (Pregrado) Universidad Autónoma de León, 2007, pp.20-21 [Consulta: 01 septiembre 2020]. Disponible en: <http://www.uaeh.edu.mx/docencia/Tesis/icbi/licenciatura/documentos/Optimizacion de la etapa de hidrolisis acida.pdf>
- VANEGAS, R., et al.** “Caracterización de almidón extraído de arroz de tercera de las variedades indica y Fedearroz 60” Dialnet [en línea], 2013, p.1.[Consulta: 25 febrero 2021]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4993076>
- VERDINI, R.** Cereales y Derivados, 2018, p.2. [Consulta: 22 marzo 2021]. Disponible en: https://www.fbioyf.unr.edu.ar/evirtual/pluginfile.php/118012/mod_resource/content/3/2018-B-CEREALES Y DERIVADOS.pdf
- ZENG, X.** “Bioplástico”. Ingenia Materiales [en línea], 2019, pp.1-2. [Consulta: 31 agosto 2020]. Disponible en: http://polired.upm.es/index.php/ingenia_materiales/article/view/3951/4048

ANEXOS

ANEXO A



a)



b)



c)



d)



e)

NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA REALIZADO POR: Gavilanes Ruiz Lizbeth Jaqueline	OBTENCIÓN DE ALMIDÓN DE ARROZ BLANCO												
a) Pesado del arroz blanco b) Licuado del arroz c) Filtrado del arroz d) Sedimentación del almidón e) Almidón de arroz blanco húmedo	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; border: 1px solid black; text-align: center;"> </td> <td>CERTIFICADO</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;"> </td> <td>APROBADO</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;"> </td> <td>POR APROBAR</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;"> </td> <td>POR CALIFICAR</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">X</td> <td>POR VERIFICAR</td> </tr> </table>		CERTIFICADO		APROBADO		POR APROBAR		POR CALIFICAR	X	POR VERIFICAR		LÁMINA	ESCALA	FECHA
	CERTIFICADO														
	APROBADO														
	POR APROBAR														
	POR CALIFICAR														
X	POR VERIFICAR														
			1	1:1	23/01/2021										

CONTINUACIÓN DEL ANEXO A



f)



g)



h)



i)



k)

NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	<p align="center"> ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA REALIZADO POR: Gavilanes Ruiz Lizbeth Jaqueline </p>	OBTENCIÓN DE ALMIDÓN DE ARROZ BLANCO											
f) Secado del almidón g) Almidón seco h) Molienda del almidón i) pesado del almidón k) almacenamiento del almidón	<table border="0"> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>CERTIFICADO</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>APROBADO</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>POR APROBAR</td> </tr> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>POR CALIFICAR</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>POR VERIFICAR</td> </tr> </table>		<input type="checkbox"/>	CERTIFICADO	<input type="checkbox"/>	APROBADO	<input type="checkbox"/>	POR APROBAR	<input checked="" type="checkbox"/>	POR CALIFICAR	<input type="checkbox"/>	POR VERIFICAR	LÁMINA	ESCALA
<input type="checkbox"/>	CERTIFICADO													
<input type="checkbox"/>	APROBADO													
<input type="checkbox"/>	POR APROBAR													
<input checked="" type="checkbox"/>	POR CALIFICAR													
<input type="checkbox"/>	POR VERIFICAR													
			2	1:1	23/01/2021									

ANEXO B



a)



b)



c)



d)



e)



f)



g)



h)

NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	<p style="text-align: center;">ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA REALIZADO POR: Gavilanes Ruiz Lizbeth Jaqueline</p>	OBTENCIÓN DE ALMIDÓN DE ARROZ INTEGRAL											
a) Pesado del arroz integral b) Licuado del arroz integral c) Filtrado d) Sedimentación del almidón e) Almidón húmedo f) Almidón seco g) Molienda del almidón h) Almacenamiento del almidón	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; border: 1px solid black; text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td>CERTIFICADO</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td>APROBADO</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td>POR APROBAR</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">X</td> <td>POR CALIFICAR</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td>POR VERIFICAR</td> </tr> </table>		<input type="checkbox"/>	CERTIFICADO	<input type="checkbox"/>	APROBADO	<input type="checkbox"/>	POR APROBAR	X	POR CALIFICAR	<input type="checkbox"/>	POR VERIFICAR	LÁMINA	ESCALA
<input type="checkbox"/>	CERTIFICADO													
<input type="checkbox"/>	APROBADO													
<input type="checkbox"/>	POR APROBAR													
X	POR CALIFICAR													
<input type="checkbox"/>	POR VERIFICAR													
			3	1:1	23/01/2021									

ANEXO C



a)



b)



c)



d)



e)



f)



g)

NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	<p style="text-align: center;">ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA REALIZADO POR: Gavilanes Ruiz Lizbeth Jaqueline</p>	<p style="text-align: center;">ANÁLISIS FISCOQUÍMICOS DE LOS ALMIDONES DE ARROZ BLANCO Y ARROZ INTEGRAL</p>		
<p>Prueba de Solubilidad</p> <p>a) baño maría a 60°C</p> <p>b) Centrifugación</p> <p>c) almidón precipitado</p> <p>d) Secado del sobrenadante</p> <p>e) Vasos de precipitación con los insolubles</p> <p>f) pH del almidón de arroz blanco</p> <p>g) pH del almidón de arroz integral</p>	<p> <input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input checked="" type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR </p>		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			4	1:1	23/01/2021

ANEXO D



a)



b)



c)



d)



e)



f)



g)



h)

<p>NOTAS:</p>	<p>CATEGORIA DEL DIAGRAMA</p>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA REALIZADO POR: Gavilanes Ruiz Lizbeth Jaqueline</p>	<p>ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DE LOS ALMIDONES DE ARROZ BLANCO Y ARROZ INTEGRAL</p>		
<p>a) y b) Sensibilidad del almidón de arroz integral y almidón de arroz blanco c) Contenido de humedad d) Residuos por calcinación e) Densidad Suelta f) Densidad Compacta g) y h) T de gelatinización para el almidón de arroz blanco y almidón de arroz integral</p>	<p> <input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input checked="" type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR </p>		<p>LÁMINA</p>	<p>ESCALA</p>	<p>FECHA</p>
		<p>5</p>	<p>1:1</p>	<p>23/01/2021</p>	

ANEXO E



a)



b)



c)



d)



e)



f)

NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA REALIZADO POR: Gavilanes Ruiz Lizbeth Jaqueline	ANÁLISIS FISCOQUÍMICOS DE LOS ALMIDONES DE ARROZ BLANCO Y ARROZ INTEGRAL Y ANÁLISIS FÍSICOS A LA MATERIA PRIMA												
			LÁMINA	ESCALA	FECHA										
a) Viscosidad Brookfield para el almidón de arroz blanco b) Viscosidad Brookfield para el almidón de arroz integral c) Torre de Tamices d) Determinación del gránulo e) Dimensiones del grano de arroz f) Pesado de la materia prima	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; border: 1px solid black; text-align: center;"> </td> <td>CERTIFICADO</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;"> </td> <td>APROBADO</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;"> </td> <td>POR APROBAR</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">X</td> <td>POR CALIFICAR</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;"> </td> <td>POR VERIFICAR</td> </tr> </table>		CERTIFICADO		APROBADO		POR APROBAR	X	POR CALIFICAR		POR VERIFICAR		6	1:1	23/01/2021
	CERTIFICADO														
	APROBADO														
	POR APROBAR														
X	POR CALIFICAR														
	POR VERIFICAR														

ANEXO F



a)



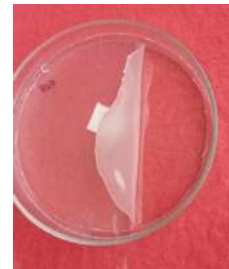
b)



c)



d)



e)



f)



g)

NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA REALIZADO POR: Gavilanes Ruiz Lizbeth Jaqueline	ELABORACIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE ALMIDÓN DE ARROZ BLANCO E INTEGRAL												
a) Pesado del almidón b) Baño María de la muestra c) Vertido de la muestra en las cajas petri d) Secado de las muestras e) Retirado de los bioplásticos f) Pesado de los bioplásticos g) Almacenado de los bioplásticos	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; border: 1px solid black; height: 15px;"></td> <td style="padding-left: 5px;">CERTIFICADO</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; height: 15px;"></td> <td style="padding-left: 5px;">APROBADO</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; height: 15px; text-align: center;">X</td> <td style="padding-left: 5px;">POR APROBAR</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; height: 15px;"></td> <td style="padding-left: 5px;">POR CALIFICAR</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; height: 15px;"></td> <td style="padding-left: 5px;">POR VERIFICAR</td> </tr> </table>		CERTIFICADO		APROBADO	X	POR APROBAR		POR CALIFICAR		POR VERIFICAR		LÁMINA	ESCALA	FECHA
	CERTIFICADO														
	APROBADO														
X	POR APROBAR														
	POR CALIFICAR														
	POR VERIFICAR														
			7	1:1	23/01/2021										

CONTINUACION ANEXO F



h)



i)



j)



k)



l)

NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA REALIZADO POR: Gavilanes Ruiz Lizbeth Jaqueline	OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICOS											
h) Vertido de la muestra en los pyrex i) Secado de los bioplásticos grandes j) Bioplástico a partir de almidón de arroz integral k) y l) Bioplásticos obtenidos	<table border="0"> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>CERTIFICADO</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>APROBADO</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>POR APROBAR</td> </tr> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>POR CALIFICAR</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>POR VERIFICAR</td> </tr> </table>		<input type="checkbox"/>	CERTIFICADO	<input type="checkbox"/>	APROBADO	<input type="checkbox"/>	POR APROBAR	<input checked="" type="checkbox"/>	POR CALIFICAR	<input type="checkbox"/>	POR VERIFICAR	LÁMINA	ESCALA
<input type="checkbox"/>	CERTIFICADO													
<input type="checkbox"/>	APROBADO													
<input type="checkbox"/>	POR APROBAR													
<input checked="" type="checkbox"/>	POR CALIFICAR													
<input type="checkbox"/>	POR VERIFICAR													
			8	1:1	23/01/2021									

ANEXO G



a)



b)



c)



d)



e)



f)



g)

NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA REALIZADO POR: Gavilanes Ruiz Lizbeth Jaqueline	METODOS DE ENSAYO DE LOS BIOPLÁSTICOS		
a) Humedad de las películas Solubilidad b) Películas con agua destilada c) Agitación a 100 RPM d) Secado de las película e) Espesor de las películas Permeabilidad f) Medición de la boca de los tubos de ensayo g) Sellado de las películas	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input checked="" type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR		LÁMINA	ESCALA	FECHA
		9	1:1	23/01/2021	

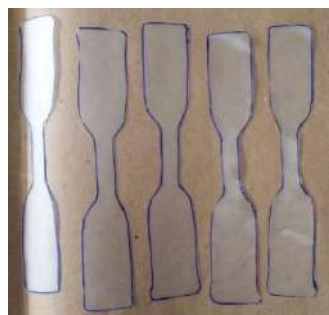
CONTINUACIÓN DEL ANEXO G



h)



i)



j)



k)



l)

NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA REALIZADO POR: Gavilanes Ruiz Lizbeth Jaqueline	METODOS DE ENSAYO DE LOS BIOPLÁSTICOS												
Permeabilidad h) Desecador con los tubos de ensayo i) Probeta tipo A j) Probetas k) Tracción de la probeta l) Máquina Universal	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td>CERTIFICADO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td>APROBADO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td>POR APROBAR</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>POR CALIFICAR</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td>POR VERIFICAR</td> </tr> </table>	<input type="checkbox"/>	CERTIFICADO	<input type="checkbox"/>	APROBADO	<input type="checkbox"/>	POR APROBAR	<input checked="" type="checkbox"/>	POR CALIFICAR	<input type="checkbox"/>	POR VERIFICAR		LÁMINA	ESCALA	FECHA
<input type="checkbox"/>	CERTIFICADO														
<input type="checkbox"/>	APROBADO														
<input type="checkbox"/>	POR APROBAR														
<input checked="" type="checkbox"/>	POR CALIFICAR														
<input type="checkbox"/>	POR VERIFICAR														
			10	1:1	23/01/2021										

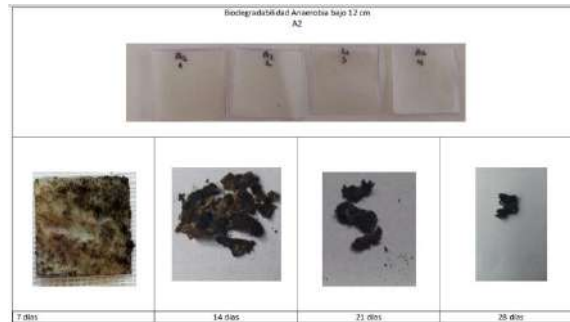
CONTINUACIÓN DEL ANEXO G



m)



n)



o)



p)



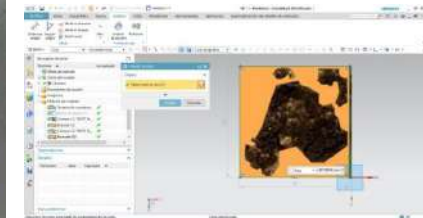
q)



r)



s)



t)

NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA REALIZADO POR: Gavilanes Ruiz Lizbeth Jaqueline	METODOS DE ENSAYO DE LOS BIOPLÁSTICOS												
m) pH de la tierra n) Biodegradabilidad en agua Biodegradabilidad anaerobia o) Biodegradabilidad para A2 p) Biodegradabilidad para A6 q) Biodegradabilidad para B2 r) Biodegradabilidad para B6 s) Biodegradabilidad bajo 2 cm t) Utilización de NX siemens	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; border: 1px solid black; text-align: center;"> </td> <td>CERTIFICADO</td> </tr> <tr> <td style="width: 20px; border: 1px solid black; text-align: center;"> </td> <td>APROBADO</td> </tr> <tr> <td style="width: 20px; border: 1px solid black; text-align: center;"> </td> <td>POR APROBAR</td> </tr> <tr> <td style="width: 20px; border: 1px solid black; text-align: center;">X</td> <td>POR CALIFICAR</td> </tr> <tr> <td style="width: 20px; border: 1px solid black; text-align: center;"> </td> <td>POR VERIFICAR</td> </tr> </table>		CERTIFICADO		APROBADO		POR APROBAR	X	POR CALIFICAR		POR VERIFICAR		LÁMINA	ESCALA	FECHA
	CERTIFICADO														
	APROBADO														
	POR APROBAR														
X	POR CALIFICAR														
	POR VERIFICAR														
			11	1:1	23/01/2021										

ANEXO H

	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. CutuglaguaTlfs. 2690691-3007134. Fax 3007134 Casilla postal 17-01-340	

INFORME DE ENSAYO No: 20-110

NOMBRE PETICIONARIO:	Srta. Lizbeth Gavilanes	INSTITUCIÓN:	Particular
DIRECCIÓN:	Riobamba	ATENCIÓN:	Srta. Lizbeth Gavilanes
FECHA DE EMISIÓN:	10 de diciembre de 2020	FECHA DE RECEPCIÓN:	30/11/2020
FECHA DE ANÁLISIS:	Del 30 de noviembre al 9 de diciembre de 2020	HORA DE RECEPCIÓN:	08H30
		ANÁLISIS SOLICITADO	Amilosa

ANÁLISIS	HUMEDAD	AMILOSA ^{II}				IDENTIFICACIÓN
MÉTODO	MO-LSAIA-01.01	MO-LSAIA-04				
METODO REF.	U. FLORIDA 1970	Morrison y Laignelet 1983				
UNIDAD	%	%				
20-0729	8,12	29,10				Arroz integral
20-0730	8,73	26,81				Arroz blanco

Los ensayos marcados con Ω se reportan en base seca.

OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente


Dr. Iván Samaniego
RESPONSABLE TÉCNICO

RESPONSABLES DEL INFORME




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.

ANEXO I

RESULTADOS DE ANÁLISIS BACTERIOLÓGICOS DE ALMIDONES

NOMBRE: Gavilanes Ruiz Lizbeth Jaqueline
TIPO DE MUESTRA: Almidón de arroz blanco, arroz Integral
FECHA DE ENTREGA: 19 de noviembre del 2020

Examen Físico

COLOR: Blanco
OLOR: Inoloro
ASPECTO: Granular

Examen Bacteriológico

Arroz Blanco			
Determinaciones	Unidades	*Valores de referencia	Resultados
Coliformes Totales	UFC/g	-	Ausencia
Coliformes Fecales (<i>Escherichia Coli</i>)	UFC/g	< 10	Ausencia
Mohos y levaduras	UFC/g	1 000- 5 000	Ausencia
Arroz Integral			
Determinaciones	Unidades	*Valores de referencia	Resultados
Coliformes Totales	UFC/g	-	Ausencia
Coliformes Fecales (<i>Escherichia Coli</i>)	UFC/g	< 10	Ausencia
Mohos y levaduras	UFC/g	1 000- 5 000	Ausencia

Valores de Referencia tomados de Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca (FAO).



Dra. Gina Álvarez R.
RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO
Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

ANEXO J

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE FIBRA Y PROTEÍNA DE ALMIDONES

NOMBRE: Lizbeth Jaqueline Gavilanes Ruiz
TIPO DE MUESTRA: Almidón de arroz blanco y almidón de arroz integral
FECHA DE ENTREGA: 08 de marzo de 2021

Examen Físico

COLOR: Blanco
OLOR: Inoloro
ASPECTO: Granular

Examen realizado a 15 g de muestra

Almidón de arroz blanco			
Determinaciones	Unidades	*Valores de referencia para 100 g	Resultados en 15 g
Proteína	%	0,15 ± 0,03	0,70
Fibra	%	0,76 ± 0,04	0,19

Almidón de arroz integral			
Determinaciones	Unidades	*Valores de referencia	Resultados en 15 g
Proteína	%	0,21 ± 0,04	0,43
Fibra	%	1,56 ± 0,07	0,45

Valores de Referencia tomados de Propiedades fisicoquímicas y funcionales del almidón de arroz (*Oryza sativa*) blanco e integral de (Martínez et al., 2017)



Dra. Gina Álvarez R.
RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO
Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

ANEXO K


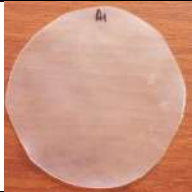

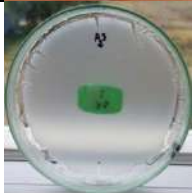

Ensayos para las biopelículas a partir de almidón de arroz blanco, glicerina y ácido acético, con velocidad de agitación constante de 120 rpm, 77°C y tiempo de elaboración de 30 minutos




Relación almidón-plastificante	Ensayo	Composiciones					Observación
		Almidón de Arroz Blanco (g)	Glicerina (g)	Ácido Acético (g)	Pectina (g)	Agua destilada (ml)	
50:50	A	5	3	1	2	100	Forma película
85:15	A1	5	0,88	1	-	64	Ideal para otras aplicaciones
80:20	A5	5	1,25	1	-	64	No ideal
70:30	A3	5	2,14	1	-	64	No ideal muy frágil
75:25	B	6	3	1	2	100	No ideal
85:15	B1	6	1,06	1	-	71	No ideal
80:20	B5	6	1,5	1	-	71	No ideal
70:30	B3	6	2,57	1	-	71	Ideal para otras aplicaciones

Fuente:(Marichelvam et al., 2019) y (Muscat et al., 2012)

Realizado por: Gavilanes Ruiz, Lizbeth.2021

Análisis sensorial de las películas obtenidas a partir de almidón de arroz blanco

Muestra	Biopelícula	Facilidad de moldeo	Transparencia	Facilidad al desprenderse del molde	Ideal o no para envoltura
A		X		X	No Ideal, debido a la formación de burbujas, por los puntos de gelatinización distintos de almidón – plastificante(pectina)
A1		X	X	X	Ideal para otras aplicaciones
A3		X	X	X	No ideal, muy frágil
A5		X		X	No ideal, debido a que se cuartea en los bordes
B		X			No ideal, debido a la formación de burbujas

B1					No ideal
B3		X	X	X	Ideal para otras aplicaciones
B5					No ideal

Realizado por: Gavilanes Ruiz, Lizbeth.2021





ANEXO L





Ensayos de las biopelículas a partir de almidón de arroz integral

Ensayo	Composiciones					Observación
	Almidón de Arroz Integral (g)	Glicerina (g)	Ácido Acético (g)	Pectina (g)	Agua destilada (ml)	
A2I	5	1,25	0	-	64	No forma la película
IA	3	3	5	1	30	Consistencia pastosa
IB	3	2	5	1	30	Consistencia pastosa
IC	2	5	5	1	30	No forma la película
ID	2	6	5	1	30	No forma la película
Ensayo	Almidón de Arroz Blanco/ arroz Integral (g)	Glicerina (g)	Ácido Acético (g)	Pectina (g)	Agua destilada (ml)	Observación
E	4,5/1,5	3	1	-	50	No ideal, muy frágil
D	3/3	3	1	-	50	No ideal, muy frágil
F	1,5/4,5	3	1	-	50	No forma la película

Realizado por: Gavilanes Ruiz, Lizbeth.2021

Análisis sensorial de las biopelículas obtenidas a partir de almidón de arroz integral

Muestra	Biopelícula	Dificultad para formar la película	Transparencia	Observación
A2I		X	X	No ideal, Posee una consistencia pastosa
IA		X		No ideal, tiene consistencia pastosa
IB		X		No ideal, tiene una consistencia pastosa
IC		X		No ideal tiene una consistencia pastosa

ID		X		No ideal tiende a cuartearse
E			X	No ideal, demasiado frágil
D			X	No ideal, demasiado frágil
F		X		No ideal

Realizado por: Gavilanes Ruiz, Lizbeth.2021

ANEXO M



Ing. J. Anibal Viñán B. MsC.

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
N° 01	
SOLICITADO POR:	Lizbeth Jaqueline Gavilanes Ruiz
PROYECTO DE TESIS:	"ELABORACIÓN DE BIOPLÁSTICOS A PARTIR DEL ALMIDÓN DE ARROZ (<i>Oryza sativa</i>) Y ARROZ INTEGRAL PARA USO COMO ENVOLTURAS BIODEGRADABLES DE ALIMENTOS"
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLÁSTICO - ALMIDÓN DE ARROZ BLANCO
MATERIAL:	LAMINA DE PLASTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2020 - 12
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635:012
FECHA DE ENSAYO:	19-dic-20
EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B	
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD	
SERIE: 7136	CERTIFICADO: LNM-F-201650006-CÓD IDENT: M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	A2 - 1
CARACTERÍSTICA	TRANSPARENTE
ESPESOR [mm]	0.26
ANCHURA [mm]	11.67
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	3.03
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	1.958.E+01
CARGA DE FLUENCIA [N]	4.70
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	1.55
CARGA MAXIMA [N]	7.33
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	2.42
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	33.17
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:


 Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.
 GERENTE DEL LABORATORIO
 ENSAYO DE MATERIALES

Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de este documento.

1/1

CONTINUACIÓN DEL ANEXO M

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	Denominación: RG 18 - 1
Nº 02	
SOLICITADO POR:	Lizbeth Jaqueline Gavilanes Ruiz
PROYECTO DE TESIS:	"ELABORACIÓN DE BIOPLÁSTICOS A PARTIR DEL ALMIDÓN DE ARROZ (<i>Oryza sativa</i>) Y ARROZ INTEGRAL PARA USO COMO ENVOLTURAS BIODEGRADABLES DE ALIMENTOS"
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLÁSTICO - ALMIDÓN DE ARROZ BLANCO
MATERIAL:	LÁMINA DE PLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2020 - 12
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635:012
FECHA DE ENSAYO:	19-dic-20
EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B	
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD	
SERIE: 7136	CERTIFICADO: LNM-F-201650006 CÓD IDENT: M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	A2 - 2
CARACTERÍSTICA	TRANSPARENTE
ESPEJOR [mm]	0.25
ANCHURA [mm]	11.24
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm²]	2.81
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	9.920.E+00
CARGA DE FLUENCIA [N]	5.73
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	2.04
CARGA MAXIMA [N]	5.75
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	2.05
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	48.39
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:




Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.
 GERENTE DEL LABORATORIO
 ENSAYO DE MATERIALES

Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de este documento.

1/1

CONTINUACIÓN DEL ANEXO M

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	Denominación: RG 18 - 1
N° 03	
SOLICITADO POR:	Lizbeth Jaqueline Gavilanes Ruiz
PROYECTO DE TESIS:	"ELABORACIÓN DE BIOPLÁSTICOS A PARTIR DEL ALMIDÓN DE ARROZ (<i>Oryza sativa</i>) Y ARROZ INTEGRAL PARA USO COMO ENVOLTURAS BIODEGRADABLES DE ALIMENTOS"
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLÁSTICO - ALMIDÓN DE ARROZ BLANCO
MATERIAL:	LÁMINA DE PLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2020 - 12
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635:012
FECHA DE ENSAYO:	19-dic-20
EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B	
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD	
SERIE: 7136	CERTIFICADO: LNM-F-201650006 CÓD IDENT: M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	A2 - 3
CARACTERÍSTICA	TRANSPARENTE
ESPEJOR [mm]	0.23
ANCHURA [mm]	10.61
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm²]	2.44
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	1.130.E+01
CARGA DE FLUENCIA [N]	3.83
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	1.57
CARGA MAXIMA [N]	4.77
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	1.95
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	38.76
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:



Ing. Anibal Viñan B. M.Sc.
GERENTE DEL LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES


Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de este documento.

1/1

ANEXO N

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	Denominación: RG 18 - 1
N° 04	
SOLICITADO POR:	Lizbeth Jaqueline Gavilanes Ruiz
PROYECTO DE TESIS:	"ELABORACIÓN DE BIOPLÁSTICOS A PARTIR DEL ALMIDÓN DE ARROZ (<i>Oryza sativa</i>) Y ARROZ INTEGRAL PARA USO COMO ENVOLTURAS BIODEGRADABLES DE ALIMENTOS"
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLÁSTICO - ALMIDÓN DE ARROZ BLANCO
MATERIAL:	LÁMINA DE PLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2020 - 12
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635:012
FECHA DE ENSAYO:	19-dic-20
EQUIPO UTILIZADO:	MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA:	JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD
SERIE: 7136	CERTIFICADO: LNM-F-201650006- CÓD IDENT: M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	A6 - I
CARACTERÍSTICA	TRANSPARENTE
ESPEJOR [mm]	0.38
ANCHURA [mm]	9.67
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm²]	3.67
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	3.649.E+00
CARGA DE FLUENCIA [N]	4.26
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	1.16
CARGA MAXIMA [N]	4.59
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	1.25
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	80.46
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:



Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.
GERENTE DEL LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de este documento.

1/1

CONTINUACIÓN DEL ANEXO N

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
N° 05	
SOLICITADO POR:	Lizbeth Jaqueline Gavilanes Ruiz
PROYECTO DE TESIS:	"ELABORACIÓN DE BIOPLÁSTICOS A PARTIR DEL ALMIDÓN DE ARROZ (<i>Oryza sativa</i>) Y ARROZ INTEGRAL PARA USO COMO ENVOLTURAS BIODEGRADABLES DE ALIMENTOS"
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUIMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLÁSTICO - ALMIDÓN DE ARROZ BLANCO
MATERIAL:	LÁMINA DE PLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2020 - 12
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635:012
FECHA DE ENSAYO:	19-dic-20
EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B	
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD	
SERIE: 7136 CERTIFICADO: LNM-F-201650006-CÓD IDENT: M2	
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	A6 - 2
CARACTERÍSTICA	TRANSPARENTE
ESPEJOR [mm]	0.36
ANCHURA [mm]	10.18
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	3.66
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	3.586.E+00
CARGA DE FLUENCIA [N]	3.99
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	1.09
CARGA MAXIMA [N]	4.27
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	1.16
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	72.34
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:



Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.
GERENTE DEL LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de éste documento.

1/1

CONTINUACIÓN DEL ANEXO N

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
N° 06	
SOLICITADO POR:	Lizbeth Jaqueline Gavilanes Ruiz
PROYECTO DE TESIS:	"ELABORACIÓN DE BIOPLÁSTICOS A PARTIR DEL ALMIDÓN DE ARROZ (<i>Oryza sativa</i>) Y ARROZ INTEGRAL PARA USO COMO ENVOLTURAS BIODEGRADABLES DE ALIMENTOS"
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLÁSTICO - ALMIDÓN DE ARROZ BLANCO
MATERIAL:	LÁMINA DE PLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2020 - 12
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635:012
FECHA DE ENSAYO:	19-dic-20
EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B	
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD	
SERIE: 7136 CERTIFICADO: LNM-F-201650006-CÓD IDENT: M2	
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	A6 - 3
CARACTERÍSTICA	TRANSPARENTE
ESPEJOR [mm]	0.3
ANCHURA [mm]	10.65
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	3.20
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	4.039 E+00
CARGA DE FLUENCIA [N]	3.71
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	1.16
CARGA MAXIMA [N]	3.90
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	1.22
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	64.16
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:



Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.
GERENTE DEL LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de este documento.

1/1

ANEXO O

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	Denominación: RG 18 - 1
N° 01	
SOLICITADO POR:	Lizbeth Jaqueline Gavilanes Ruiz
PROYECTO DE TESIS:	"ELABORACIÓN DE BIOPLÁSTICOS A PARTIR DEL ALMIDÓN DE ARROZ (<i>Oryza sativa</i>) Y ARROZ INTEGRAL PARA USO COMO ENVOLTURAS BIODEGRADABLES DE ALIMENTOS"
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLÁSTICO - ALMIDÓN DE ARROZ BLANCO
MATERIAL:	LÁMINA DE PLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 03
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635:012
FECHA DE ENSAYO:	15-mar-21
EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B	
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD	
SERIE: 7136	CERTIFICADO: LNM-F-201650006 CÓD IDENT: M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	B2 - 1
CARACTERÍSTICA	TRANSPARENTE
ESPEJOR [mm]	0.25
ANCHURA [mm]	11.43
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm²]	2.08
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	1.126.E+01
CARGA DE FLUENCIA [N]	3.95
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	1.36
CARGA MAXIMA [N]	5.28
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	1.72
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	28.19
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:



Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.
GERENTE DEL LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de este documento.

1/1

CONTINUACIÓN DE ANEXO O

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
N° 02	
SOLICITADO POR:	Lizbeth Jaqueline Gavilanes Ruiz
PROYECTO DE TESIS:	"ELABORACIÓN DE BIOPLÁSTICOS A PARTIR DEL ALMIDÓN DE ARROZ (<i>Oryza sativa</i>) Y ARROZ INTEGRAL PARA USO COMO ENVOLTURAS BIODEGRADABLES DE ALIMENTOS"
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLÁSTICO - ALMIDÓN DE ARROZ BLANCO
MATERIAL:	LÁMINA DE PLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 03
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635:012
FECHA DE ENSAYO:	15-mar-21
EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B	
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD	
SERIE: 7136 CERTIFICADO: LNM-F-201650006 CÓD IDENT: M2	
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	B2 - 2
CARACTERÍSTICA	TRANSPARENTE
ESPESOR [mm]	0.25
ANCHURA [mm]	10.16
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	2.81
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	1.418E+01
CARGA DE FLUENCIA [N]	4.12
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	1.12
CARGA MAXIMA [N]	6.07
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	2.00
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	32.93
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:



Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.
GERENTE DEL LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de este documento.

1/1

CONTINUACIÓN DE ANEXO O

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
N° 03	
SOLICITADO POR:	Lizbeth Jaqueline Gavilanes Ruiz
PROYECTO DE TESIS:	"ELABORACIÓN DE BIOPLÁSTICOS A PARTIR DEL ALMIDÓN DE ARROZ (<i>Oryza sativa</i>) Y ARROZ INTEGRAL PARA USO COMO ENVOLTURAS BIODEGRADABLES DE ALIMENTOS"
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLÁSTICO - ALMIDÓN DE ARROZ BLANCO
MATERIAL:	LÁMINA DE PLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 03
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635:012
FECHA DE ENSAYO:	15-mar-21
EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B	
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD	
SERIE: 7136 CERTIFICADO: LNM-F-201650006-CÓD IDENT: M2	
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	B2 - 3
CARACTERÍSTICA	TRANSPARENTE
ESPEJOR [mm]	0.21
ANCHURA [mm]	10.10
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	3.67
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	2.818E+00
CARGA DE FLUENCIA [N]	3.50
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	1.06
CARGA MAXIMA [N]	3.36
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	1.17
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	45.06
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:



Ing. Anibal Viñan B. M.Sc.
GERENTE DEL LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de este documento.

1/1

ANEXO P

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
Nº 04	
SOLICITADO POR:	Lizbeth Jaqueline Gavilanes Ruiz
PROYECTO DE TESIS:	"ELABORACIÓN DE BIOPLÁSTICOS A PARTIR DEL ALMIDÓN DE ARROZ (<i>Oryza sativa</i>) Y ARROZ INTEGRAL PARA USO COMO ENVOLTURAS BIODEGRADABLES DE ALIMENTOS"
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLÁSTICO - ALMIDÓN DE ARROZ BLANCO
MATERIAL:	LÁMINA DE PLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 03
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635:012
FECHA DE ENSAYO:	15-mar-21
EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B	
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD	
SERIE: 7136	CERTIFICADO: LNM-F-201650006 CÓD IDENT: M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	B6 - 1
CARACTERÍSTICA	TRANSPARENTE
ESPEJOR [mm]	0.25
ANCHURA [mm]	11.24
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm²]	2.81
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	2.549.E+01
CARGA DE FLUENCIA [N]	3.72
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	1.74
CARGA MAXIMA [N]	5.75
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	2.12
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	29.18
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:



Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.
GERENTE DEL LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de este documento.

1/1

CONTINUACIÓN DEL ANEXO P

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	Denominación: RG 18 - 1
N° 05	
SOLICITADO POR:	Lizbeth Jaqueline Gavilanes Ruiz
PROYECTO DE TESIS:	"ELABORACIÓN DE BIOPLÁSTICOS A PARTIR DEL ALMIDÓN DE ARROZ (<i>Oryza sativa</i>) Y ARROZ INTEGRAL PARA USO COMO ENVOLTURAS BIODEGRADABLES DE ALIMENTOS"
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLÁSTICO - ALMIDÓN DE ARROZ BLANCO
MATERIAL:	LAMINA DE PLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 03
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635:012
FECHA DE ENSAYO:	15-mar-21
EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B	
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD	
SERIE: 7136	CERTIFICADO: LNM-F-201650006- CÓD IDENT: M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	B6 - 2
CARACTERÍSTICA	TRANSPARENTE
ESPEJOR [mm]	0.30
ANCHURA [mm]	10.95
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm²]	3.67
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	2.787.E+01
CARGA DE FLUENCIA [N]	4.95
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	2.05
CARGA MAXIMA [N]	6.04
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	2.98
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	32.02
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:



Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.
GERENTE DEL LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de éste documento.

1/1

CONTINUACIÓN DEL ANEXO P

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
Nº 06	
SOLICITADO POR:	Lizbeth Jaqueline Gavilanes Ruiz
PROYECTO DE TESIS:	"ELABORACIÓN DE BIOPLÁSTICOS A PARTIR DEL ALMIDÓN DE ARROZ (<i>Oryza sativa</i>) Y ARROZ INTEGRAL PARA USO COMO ENVOLTURAS BIODEGRADABLES DE ALIMENTOS"
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLÁSTICO - ALMIDÓN DE ARROZ BLANCO
MATERIAL:	LÁMINA DE PLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 03
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635:012
FECHA DE ENSAYO:	15-mar-21
EQUIPO UTILIZADO:	MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA:	JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD
SERIE:	7136
CERTIFICADO:	LNM-F-201650006
CÓD IDENT:	M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	B6 - 3
CARACTERÍSTICA	TRANSPARENTE
ESPEJOR [mm]	0.22
ANCHURA [mm]	10.95
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	2.24
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	4.996 E+01
CARGA DE FLUENCIA [N]	3.18
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	1.72
CARGA MAXIMA [N]	5.98
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	2.90
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	24.19
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:



(Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.)
GERENTE DEL LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de éste documento.

1/1



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: 18 / 06 / 2021

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: <i>Lizbeth Jaqueline Gavilanes Ruiz</i>
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: <i>Ciencias</i>
Carrera: <i>Ingeniería Química</i>
Título a optar: <i>Ingeniera Química</i>
f. Analista de Biblioteca responsable: <i>Lic. Luis Caminos Vargas Mgs.</i>

**LUIS
ALBERTO
CAMINOS
VARGAS**

Firmado digitalmente por LUIS
ALBERTO CAMINOS VARGAS
Nombre de reconocimiento
(DN): c=EC, I=RIOBAMBA,
serialNumber=0602766974,
cn=LUIS ALBERTO CAMINOS
VARGAS
Fecha: 2021.06.18 17:34:48
-05'00'



1085-DBRA-UTP-2021