



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**“OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DEL ALMIDÓN DE
SEMILLAS DE YACA (*ARTOCARPUS HETEROPHYLLUS*) Y
AGUACATE HASS (*PERSEA AMERICANA*) PARA SU USO EN EL
RECUBRIMIENTO DE ALIMENTOS”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERA QUÍMICA

AUTORA: ANDREA BRIGETH ARMIJOS QUEZADA

DIRECTOR: Ing. HANNIBAL LORENZO BRITO MOÍNA PhD.

Riobamba – Ecuador

2021

© 2021, **Andrea Brigeth Armijos Quezada**

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, Andrea Brigeth Armijos Quezada, 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, 16 de marzo del 2021

Andrea Brigeth Armijos Quezada

171854070-9

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

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto de Investigación. **“OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DEL ALMIDÓN DE SEMILLAS DE YACA (ARTOCARPUS HETEROPHYLLUS) Y AGUACATE HASS (PERSEA AMERICANA) PARA SU USO EN EL RECUBRIMIENTO DE ALIMENTOS”**, realizado por la señorita: **ANDREA BRIGETH ARMIJOS QUEZADA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal 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. Cesar Puente Guijarro, PhD PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	_____	2021-11-05
Ing. Hannibal Lorenzo Brito Moína PhD DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN	_____	2021-11-05
Ing. Adrián Alejandro Rodríguez Pinos MSc. MIEMBRO DEL TRIBUNAL	_____	2021-11-05

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a mi madre, a mi padre quienes me apoyaron en cada momento del transcurso de la misma, quienes han sido ejemplo de esfuerzo para culminar cada una de las etapas mi vida, a mi hermano por su ayuda en cada momento requerido.

Andrea

AGRADECIMIENTO

Le agradezco a Dios por haberme guiado y acompañado a lo largo de la carrera, por ser mi fortaleza en las ocasiones de debilidad y darme una vida llena de enseñanzas, experiencias y más que todo alegrías. A mi familia, que ha sido mi pilar primordial para seguir adelante y no decaer ante los conflictos de la vida. A la carrera de Ingeniería Química de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por ser la institución que me ha educado como profesional. Agradezco de igual manera al Ing. Hannibal Brito y al Ing. Adrián Rodríguez por su gran apoyo para la culminación de esta tesis.

Andrea

TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
SUMMARY/ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

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

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO.....	5
2.1. Antecedentes de la investigación.....	5
2.1.1. <i>Antecedentes</i>	5
2.2. Marco conceptual o glosario.....	6
2.2.1. <i>Yaca (Artocarpus heterophyllus)</i>	6
2.2.1.1. <i>Propiedades de la semilla de yaca</i>	7
2.2.2. <i>Semilla de aguacate Hass</i>	8
2.2.3. <i>Almidón</i>	8
2.2.3.1. <i>Amilosa</i>	9
2.2.3.2. <i>Amilopectina</i>	9
2.2.4. <i>Biopolímeros</i>	10
2.2.4.1. <i>Bioplástico</i>	10
2.2.4.2. <i>Plastificante</i>	11
2.2.4.3. <i>Glicerol</i>	11
2.3. Planteamiento de las hipótesis.....	11
2.3.1. <i>General</i>	11

2.3.2.	<i>Específicas</i>	12
2.4.	Identificación de variables	12
2.4.1.	<i>Obtención del almidón</i>	12
2.4.2.	<i>Formulación del bioplástico</i>	12
2.5.	Operacionalización de variables	13
2.6.	Matriz de consistencia	14
2.7.	Tipo y diseño de investigación	15
2.8.	Unidad de análisis	18
2.9.	Población de estudio	18
2.10.	Tamaño de la muestra	18
2.11.	Selección de muestra	19
2.12.	Técnicas de recolección de datos	20
2.12.1.	<i>Técnica de caracterización de la materia prima</i>	20
2.12.1.1.	<i>Técnicas de extracción del Almidón de las semillas</i>	20
2.12.1.2.	<i>Descripción del proceso para la extracción del Almidón</i>	22
2.12.1.3.	<i>Análisis para realizar la caracterización del almidón extraído</i>	23
2.13.	Técnica de obtención de bioplástico	24

CAPÍTULO III

3.	MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
3.1.	Datos obtenidos en los ensayos realizados	26
3.1.1.	<i>Ensayos preliminares para la extracción de almidón</i>	27
3.1.1.1.	<i>Datos para el proceso de extracción del almidón de semillas de aguacate</i>	27
3.1.1.2.	<i>Datos para el proceso de extracción del almidón de semillas de yaca</i>	27
3.2.	Cálculos	32
3.2.1.	<i>Porcentaje de rendimiento del almidón de las semillas</i>	32
3.2.2.	<i>Porcentaje de humedad de las películas bioplásticas</i>	33
3.2.3.	<i>Porcentaje de solubilidad de las películas bioplásticas</i>	34
3.2.4.	<i>Porcentaje de permeabilidad de las películas bioplásticas</i>	34
3.2.5.	<i>Porcentaje de biodegradabilidad de las películas bioplásticas</i>	35
3.3.	Resultados	36
3.3.1.	<i>Resultados de los análisis químicos y microbiológicos</i>	36
3.3.1.1.	<i>Resultados de análisis químicos y microbiológicos de las semillas</i>	36
3.3.1.2.	<i>Resultados de análisis químicos y microbiológicos del almidón</i>	36
3.3.2.	<i>Resultados de la extracción de almidón</i>	38
3.3.2.1.	<i>Extracción de almidón de las semillas de aguacate</i>	38

3.3.2.2.	<i>Extracción de almidón de las semillas de yaca</i>	40
3.3.2.3.	<i>Rendimiento total de la extracción de almidón</i>	41
3.3.3.	Resultados de los ensayos físico-mecánicos de las películas bioplásticas	42
3.3.3.1.	<i>Espesores de las películas bioplásticas</i>	42
3.3.3.2.	<i>Resultados de humedad de las películas bioplásticas</i>	43
3.3.3.3.	<i>Resultados de solubilidad de las películas bioplásticas</i>	45
3.3.3.4.	<i>Resultados de permeabilidad de las películas bioplásticas</i>	46
3.3.3.5.	<i>Resultados de biodegradabilidad de las películas bioplásticas</i>	48
3.3.3.6.	<i>Resultados del ensayo de tracción de las películas bioplásticas</i>	55
3.4.	Prueba de hipótesis	57
3.4.1.	<i>Hipótesis 1</i>	57
3.4.2.	<i>Hipótesis 2</i>	58
3.4.3.	<i>Hipótesis 3</i>	58
CONCLUSIONES		59
RECOMENDACIONES		60
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Antecedentes de la investigación	5
Tabla 2-2:	Propiedades de la semilla de Yaca	7
Tabla 3-2:	Propiedades de la semilla de aguacate Hass	8
Tabla 4-2:	Variables para la obtención del almidón	12
Tabla 5-2:	Operacionalización de variables.....	13
Tabla 6-2:	Matriz de consistencia.....	14
Tabla 7-2:	Variables respuesta a ser medidas en la obtención del almidón	15
Tabla 8-2:	Factores experimentales que van a variar en la obtención del almidón	15
Tabla 9-2:	Diseño experimental de la obtención del almidón.....	15
Tabla 10-2:	Modelo inicial a ajustar a los resultados del experimento	15
Tabla 11-2:	Ejecuciones del diseño experimental de la obtención del almidón.....	16
Tabla 12-2:	Variables respuesta a ser medidas en la obtención del bioplástico	17
Tabla 13-2:	Factores experimentales que van a variar en el bioplástico	17
Tabla 14-2:	Diseño experimental de la obtención del bioplástico	17
Tabla 15-2:	Modelo inicial a ajustar a los resultados del experimento (bioplástico)	17
Tabla 16-2:	Formulaciones de las películas.....	17
Tabla 17-2:	Técnicas de extracción del Almidón	20
Tabla 18-2:	Pruebas para la caracterización del almidón extraído.....	23
Tabla 19-2:	Técnica de obtención de bioplásticos.....	24
Tabla 1-3:	Datos obtenidos de las semillas de aguacate y yaca	26
Tabla 2-3:	Parámetros de extracción de almidón de las semillas de aguacate	27
Tabla 3-3:	Parámetros de extracción de almidón de las semillas de yaca.....	27
Tabla 4-3:	Espesores de las películas bioplásticas.....	28
Tabla 5-3:	Datos de humedad para las películas bioplásticas	28
Tabla 6-3:	Datos de permeabilidad para las películas bioplásticas	29
Tabla 7-3:	Datos de solubilidad para las películas bioplásticas	29
Tabla 8-3:	Datos de biodegradabilidad en suelo para las películas bioplásticas	30
Tabla 9-3:	Datos para determinas el porcentaje de degradación (suelo) cada tres días.....	30
Tabla 10-3:	Datos de biodegradabilidad en condición ambiente	31
Tabla 11-3:	Datos para determinas el porcentaje de degradación (ambiente) cada tres días...31	
Tabla 12-3:	Datos de biodegradabilidad en condición agua	32
Tabla 13-3:	Datos para determinas el porcentaje de degradación (agua) cada tres días.....	32
Tabla 14-3:	Determinaciones analizadas de la materia prima.....	36
Tabla 15-3:	Determinaciones analizadas del almidón	36
Tabla 16-3:	Resultados de la extracción de almidón de semillas de aguacate	38

Tabla 17-3:	Resumen estadístico para el rendimiento (almidón de semillas de aguacate).....	38
Tabla 18-3:	ANOVA para RENDIMIENTO por VARIABLES	39
Tabla 19-3:	Resultados de la extracción de almidón de semillas de yaca	40
Tabla 20-3:	Resumen estadístico para el rendimiento (almidón de semillas de yaca)	40
Tabla 21-3:	ANOVA para RENDIMIENTO por VARIABLES	41
Tabla 22-3:	Rendimientos totales del proceso de extracción de almidón	41
Tabla 23-3:	Resultados de espesores de las películas bioplásticas	42
Tabla 24-3:	Resultados de humedad de las películas bioplásticas	43
Tabla 25-3:	Resultados de solubilidad de las películas bioplásticas	45
Tabla 26-3:	Resultados de solubilidad de las películas bioplásticas	46
Tabla 27-3:	Resultados de la biodegradabilidad en condición ambiente	48
Tabla 28-3:	Resumen estadístico para biodegradabilidad ambiente	48
Tabla 29-3:	ANOVA para biodegradabilidad ambiente% por tratamientos	49
Tabla 30-3:	Porcentaje de degradación por tratamientos en intervalos de 3 días (ambiente)..	50
Tabla 31-3:	Resultados de la biodegradabilidad en condición suelo	50
Tabla 32-3:	Resumen estadístico para biodegradabilidad suelo%	51
Tabla 33-3:	ANOVA para biodegradabilidad suelo por tratamientos.....	51
Tabla 34-3:	Porcentaje de degradación por tratamientos en intervalos de 3 días (suelo).....	52
Tabla 35-3:	Resultados de la biodegradabilidad en condición agua	53
Tabla 36-3:	Resumen estadístico para biodegradabilidad (agua).....	53
Tabla 37-3:	ANOVA para biodegradabilidad en agua por tratamientos.....	54
Tabla 38-3:	Porcentaje de degradación por tratamientos en intervalos de 3 días (agua).....	55
Tabla 39-3:	Parámetros de tracción en otras investigaciones similares	55
Tabla 40-3:	Resultados de tracción de las películas bioplásticas	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2:	Semillas de Yaca	7
Figura 2-2:	Aguacate Hass	8
Figura 3-2:	Esquema de la amilosa	9
Figura 4-2:	Esquema de la amilopectina	10
Figura 1-3:	Semillas de yaca y aguacate	26
Figura 2-3:	Dispersión por código de nivel (Semillas de aguacate)	39
Figura 3-3:	Dispersión por código de nivel (Semillas de yaca)	41
Figura 4-3:	Dispersión por código de nivel para biodegradabilidad ambiente.....	49
Figura 5-3:	Dispersión por código de nivel la biodegradabilidad suelo	51
Figura 6-3:	Dispersión por código de nivel para biodegradabilidad agua	53

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-2:	Puntos del diseño de la obtención del almidón	16
Gráfico 2-2:	Puntos del diseño de la elaboración del bioplástico	18
Gráfico 3-2:	Diagrama de bloques del proceso de extracción de almidón	21
Gráfico 4-2:	Diagrama de bloques de la obtención de bioplástico.....	25
Gráfico 1-3:	Espesores por tratamientos película bioplástica	42
Gráfico 3-3:	Humedad por tratamientos película bioplástica.....	44
Gráfico 4-3:	Solubilidad por tratamientos película bioplástica.....	45
Gráfico 5-3:	Solubilidad por tratamientos película bioplástica.....	47
Gráfico 6-3:	Biodegradabilidad en condición ambiente	49
Gráfico 7-3:	Biodegradabilidad en condición suelo.....	52
Gráfico 8-3:	Biodegradabilidad en condición agua	54
Gráfico 9-3:	Propiedades mecánicas de las películas bioplásticas.....	56
Gráfico 10-3:	Rendimientos de extracción de almidón.....	57

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** Selección de materia prima
- ANEXO B:** Operaciones unitarias para la extracción del almidón
- ANEXO C:** Obtención y caracterización de los almidones
- ANEXO D:** Caracterización y contenido de amilosa del almidón
- ANEXO E:** Obtención de bioplástico
- ANEXO F:** Prueba de solubilidad
- ANEXO G:** Determinación de espesores
- ANEXO H:** Prueba de solubilidad
- ANEXO I:** Prueba de biodegradabilidad
- ANEXO J:** Prueba de tracción
- ANEXO K:** Resultados prueba de tracción

RESUMEN

La finalidad principal de este proyecto de investigación es obtener bioplástico a partir del almidón de semillas de yaca (*Artocarpus heterophyllus*) y aguacate Hass (*Persea americana*) para su uso en el recubrimiento de alimentos. Se extrajo almidón por medio de un proceso que constó de: selección, lavado, descascarillado, rallado, pre deshidratación, pre molienda, secado, molienda, tamizado y almacenamiento; después de ello, se efectuó la caracterización del almidón a partir de las semillas de yaca y semillas de aguacate donde se obtuvieron como parámetros más destacados el pH, humedad, amilosa, punto de gelatinización, solubilidad, ceniza, fibra y proteína. Las variables analizadas determinaron que el tratamiento que presentó mayor porcentaje de extracción de almidón fue el tratamiento T1 a 1 rpm por 30 segundo, donde se obtuvo un rendimiento para el almidón de la semilla de aguacate del 15,31%, mientras que para las semillas de yaca se obtuvo 20,89%. Se determinó que el tratamiento más adecuado en la obtención de bioplástico fue TP4 con 4 g de almidón, 4 g de plastificante, con una temperatura de mezcla a 82 grados celsius, ya que se apreció una biodegradación del 67,57%, 45,22% y 7,79% en condiciones de agua, suelo y ambiente en alrededor de 30 días. Se concluye que el bioplástico obtenido cumple con los parámetros dentro de las normas establecidas y es apto como recubrimiento de alimentos. Se recomienda el estudio de diferentes aditivos en la formulación de bioplástico con el fin de mejorar sus propiedades y tiempo de vida útil.

Palabras clave: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <BIOPLÁSTICO>, <ALMIDÓN>, <YACA (*ARTOCARPUS HETEROPHYLLUS*)>, <AGUACATE HASS (*PERSEA AMERICANA*)>, <AMILOSA>, <PROPIEDADES FÍSICO MECANICAS>.

LEONARDO
DO
FABIO
MEDINA
NUSTE

Firmado digitalmente por LEONARDO FABIO MEDINA NUSTE
Fecha: 2021.07.23 14:36:45 -05'00'



1443-DBRA-UTP-2021

SUMMARY/ABSTRACT

The aim of this research project is to obtain bioplastic from the starch of jackfruit seeds (*Artocarpus heterophyllus*) and Hass avocado pits (*Persea americana*) to be used in food coating. Starch was extracted by means of a process that consisted of: selection, washing, dehulling, grating, pre-dehydration, pre-milling, drying, milling, sieving and storage; After that, the starch characterization was carried out from the jackfruit seeds and avocado pits, where pH, humidity, amylose, gelatinization point, solubility, ash, fiber and protein were obtained as the most outstanding parameters. The variables analyzed determined that the treatment that presented the highest percentage of starch extraction was the T1 treatment at 1 rpm for 30 seconds, where a yield of 15,31% of the avocado seed starch was obtained, while for the jackfruit seeds was 20,89%. It was determined that the most appropriate treatment in obtaining bioplastic was TP4 with 4 g of starch, 4 g of plasticizer, with a mixing temperature of 82 degrees centigrade because a biodegradation of 67,57%, 45,22% and 7,79% in water, soil and ambient conditions in about 30 days was observed. It is concluded that the bioplastic obtained complies with the parameters within the established standards and is suitable as a food coating. The study of different additives in the bioplastic formulation is recommended in order to improve its properties and useful life time.

Keywords: <TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCES>, <BIOPLASTIC>, <STARCH>, <YACA (*ARTOCARPUS HETEROPHYLLUS*)>, <AVOCADO HASS (*AMERICAN PERSEA*)>, <AMYLOSA>, <PHYSICAL MECHANICAL PROPERTIES>.

INTRODUCCIÓN

Desde 1950, en todo el mundo se ha producido alrededor de 9000 millones de toneladas de plástico provenientes de la petroquímica, siendo arrojados cerca de 7000 millones después de un solo uso. Una de las industrias que desechan constantemente una gran cantidad de plásticos es la alimenticia destinado este tipo de materiales al envasado y embalaje, esto ha creado una fuerte preocupación en el mundo entero debido a que su resistencia a descomponerse genera un daño desmesurado al ambiente, aunque diversos países ya cuentan con leyes que regulen su producción y consumo, sigue en crecimiento gracias a sus propiedades mecánicas y bajo costo. (Samaniego, 2019, párr.3). En Ecuador la industria de plástico ha incorporado en sus procesos de producción materia reciclada, para elaborar primordialmente fundas y empaques para la conservación de alimentos, no obstante, menciona la falta de políticas ambientales y económicas ya que se permite “emprender iniciativas de ordenanzas sin un sustento técnico” (Lideres, 2018, párr.2).

De acuerdo a lo explicado anteriormente, se busca reducir este impacto y para lograrlo se han empezado a reemplazar cada vez con mayor frecuencia los “polímeros derivados del petróleo con macromoléculas biodegradables de base biológica” (Samaniego, 2019, párr.4). Hoy en día se puede encontrar una serie de estudios de biomateriales que puedan ser empleados en el desarrollo de revestimiento de envasado de alimentos (especialmente películas), aditivos como plastificantes, agentes reticulantes, etc., mejorando la calidad, interacciones y las propiedades físicas de los materiales (Copeland et al., 2009; citado en Jogi et al., 2020).

Uno de los residuos orgánicos para formar biopelículas es el almidón, este posee en su composición amilosa y amilopectina (Copeland et al., 2009; citado en Jogi et al., 2020), que mejoran las características de formación de la película (Thakur et al., 2019; citado en Jogi et al., 2020). Para obtener almidón a partir de semillas es indispensable llevar una serie de operaciones unitarias, destacando la reducción de tamaño de partícula, Brito (2000), menciona que es esencial conocer: “las leyes por las que se rige el fenómeno de desintegración; las características de los productos producidos, los tipos de máquinas que se pueden emplear y el campo específico a que cada tipo puede aplicarse” (Brito, 2000, p.28). En el caso de las semillas de aguacate y yaca, se obtuvo almidón basado en el método de extracción de Amorim (2015) con un rendimiento satisfactorio en el tratamiento T1 de 20,89% y semillas de aguacate Hass (*Persea americana*) por el método descrito por Mantilla et al., (2018) con sus respectivas modificaciones con rendimiento del T1 del 15,3%, ambos métodos se realizaron por vía seca.

El almidón obtenido fue sometido a ensayos donde se pueden mencionar parámetros como el pH de 5,56 y 6,71, humedad 8,80 % y 20,68 % y punto de gelatinización 88 °C y 76 °C para aguacate y yaca respectivamente. En la elaboración de películas bioplásticas se efectuó un diseño factorial 2² obteniendo cuatro tratamientos, con cuatro repeticiones en cada uno de ellos, donde todas las formulaciones fueron exitosas.

De esta manera, con la obtención de almidón, se genera una aplicación para el estudio de obtención de bioplástico a partir del almidón de semillas de yaca (*Artocarpus heterophyllus*) y semillas de aguacate Hass (*Persea americana*). Además, se busca disminuir el impacto ambiental y mejorar las condiciones de vida de pequeños agricultores.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Identificación del problema

A diario, el planeta enfrenta uno de los más grandes problemas de contaminación ambiental debido al uso indiscriminado de plásticos sintéticos con diversas presentaciones (Heinrichs, 2018, párr.2), en el caso de los embalajes su durabilidad no permite que se degraden con facilidad o en algunas ocasiones simplemente no se degradan, se considera una deposición entre 100 a 1000 años, afectando así a varios estilos de hábitat, como el marítimo (Mongabay, 2019, párr.4), se estima que se vierten a los mares 12 millones de residuos al año y este valor puede ir en aumento si no existen materiales biodegradables que suplanten la utilización de los plásticos comunes (Palou, 2019, párr.2).

Desde otra perspectiva, el desafío está en lograr que los bioplásticos presenten propiedades mecánicas y de barrera, tan duraderas como los polímeros sintéticos tradicionales, para así, igualar la vida útil de los productos mientras se mantiene la biodegradabilidad (Camacho et al, 2011, párr.1). En Ecuador son muy escasas las empresas encargadas de la elaboración de biopolímeros con características similares a los plásticos normales en elasticidad y demás propiedades mecánicas, sin embargo, es importante señalar que la industria petroquímica en el país no se ha desarrollado, por tanto, los derivados de petróleo son importados por excelencia, lo que ha limitado el desarrollo de nuevos productos, poniendo en evidencia el poco avance tecnológico e investigativo del sector (Camacho et al, 2011, párr.5).

1.2. Justificación de la investigación

Con el fin de disminuir el impacto ambiental causado por el excesivo consumo de plásticos sintéticos, se busca alternativas más amigables con el ambiente, la contaminación generada por estos materiales han convertido nuestro medio en un lugar menos atractivo, puesto que, es extremadamente difícil deshacerse de estos, además arroja agentes tóxicos como la dioxina, siendo una de las principales causas del calentamiento global. Debido a esta serie de desafíos, la elaboración de bioplásticos se ha convertido en todo un hito para la comunidad científica y productiva del mundo (Samaniego, 2019, párr.6), gracias a la biodiversidad presente en Ecuador permite experimentar con varios productos como la yaca y el aguacate, productos que generalmente se concentran en la región costa, las potencialidades que presentan estos productos generan expectativas en el sector investigativo pues su biodegradabilidad es rápida, se encontró

en la actual investigación una biodegradación del 67,57%, 45,22% y 7,79% en condiciones de agua, suelo y ambiente en alrededor de 30 días.

Abordar estos temas son herramientas para el fortalecimiento científico tecnológico del país afianzando así la responsabilidad del mismo para disminuir los impactos causados por el uso de plásticos comunes, es necesario, obtener bioplástico a partir del almidón proveniente de las semillas de yaca y semillas de aguacate para la elaborar una biopelícula que pueda ser usada en el recubrimiento de alimentos y de esta manera establecer o marcar un paso importante para demostrar la similitud en las propiedades mecánicas y de estabilidad térmica que presenten estos bioplásticos frente a los polímeros industriales.

1.3. Objetivos

1.3.1. General

Obtener bioplástico a partir del almidón de semillas de yaca (*Artocarpus heterophyllus*) y semillas de aguacate Hass (*Persea americana*) para su uso en el recubrimiento de alimentos.

1.3.2. Específicos

- Caracterizar el almidón obtenido de las semillas de la yaca (*Artocarpus heterophyllus*) y semillas de aguacate Hass (*Persea americana*).
- Determinar la formulación de los bioplásticos de la semilla de la yaca (*Artocarpus heterophyllus*) y semillas del aguacate Hass (*Persea americana*) respectivamente.
- Evaluar las características físico-químicas y mecánicas del bioplástico.

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes

En la actualidad la demanda de plásticos de origen fósil ocasionan problemas medio ambientales, debido a su característica no biodegradable es así que el requerimiento de materiales sostenibles ha incrementado el interés en esta área de investigación en los últimos años, debido a su amplia aplicabilidad en la diversidad de procesos y productos según las características de cada materia prima orgánica (Alves et al. 2020, párr.1).

Existen varias investigaciones que se encargan de emplear materias primas de origen orgánico con porcentajes de almidón óptimo aprovechable a procesos con metodologías industriales aplicándose a nuevos temas de investigación dentro del Ecuador, siendo una alternativa para la producción de bioplásticos.

La siguiente tabla menciona estudios referentes a la investigación que sirvieron de aporte:

Tabla 1-2: Antecedentes de la investigación

Autor	Año	Tema	Tipo de investigación	Contenido	Lugar
Mantilla et al.	2018	Extracción y caracterización de almidón de semillas de <i>Persea americana</i> Mill. (Palta) Var. Fuerte, Hass y Criolla	Tesis	Extracción de almidón vía húmeda	Perú
Zhang et al.	2019	Efecto del grado de polimerización de la amilopectina sobre las propiedades de gelatinización del almidón de semilla de yaca	Artículo científico	Preparar cinco almidones de yaca gelatinizados empleando amilosa mezclada con cinco tipos de amilopectina	China
Zhang et al.	2020	El mecanismo de digestión del almidón de semilla de yaca utilizando tecnología mejorada de cocción por extrusión.	Artículo científico	Investiga los mecanismos de digestión de EJFSS, se estudiaron las características estructurales del almidón de digestión lenta (SDS) y las fracciones de almidón resistente (RS)	China

				aisladas de JFSS nativo y extruido.	
Zhang et al.	2020	Almidón de yaca: composición, estructura, propiedades funcionales, modificaciones y aplicaciones	Artículo científico	Utilización de almidón de yaca (<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam.) En campos de aplicaciones.	China
Priyatharishini & Mokhtar	2020	Rendimiento del coagulante de cáscara de yaca (<i>Artocarpus heterophyllus</i>) en la reducción de la turbidez bajo diferentes ph de aguas residuales	Artículo científico	Describe el efecto del pH en el proceso de coagulación mediante el uso de yaca (<i>Artocarpus heterophyllus</i>) pelar como coagulante	Malasia
Ranganathan et al.	2020	Utilización de corrientes de residuos alimentarios para la producción de biopolímeros	Artículo científico	Recopila en detalle los diferentes residuos alimentarios utilizados para biopolímeros, tecnologías para la producción y caracterización de biopolímeros y su viabilidad económica/técnica	India

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

2.2. Marco conceptual o glosario

2.2.1. Yaca (*Artocarpus heterophyllus*)

Es un árbol frutal que generalmente se distribuye en la región tropical que pertenece a la familia *Moraceae*. Originario de la India y se cultiva en mayor proporción en China, Tailandia, Brasil, Malasia y Filipinas. La yaca se introdujo en China miles de años antes y se plantan en la provincia de Halnan, Guangdong y Yunnan (Zhang et al., 2019, p.11).

La yaca es la fruta comestible más grande del mundo y se compone de una cáscara comestible de color amarillo y semillas. Las semillas son ricas en almidón, lo que representa aproximadamente 60-80% de la materia seca de este fruto, constituida así por compuestos químicos como son amilosa, proteínas, lípidos, ceniza y humedad, es así que el porcentaje de amilosa varían desde 22.10% a 38,34%, claramente el almidón de la yaca ha sido clasificado como almidón rico en amilosa (Zhang et al., 2019, p.11).

La yaca está compuesta por una corteza, pulpa amarilla comestible, bulbos y semillas. El peso de la fruta varía de 2 Kg a 36 Kg y tiene una longitud máxima de 90 cm, la carne compone del 15 al 20 % del peso total de la fruta y se puede consumir fresca o procesada (Anaya et al. 2018, p.23).

Con un sabor único, se ha informado que la pulpa de la yaca contiene altos niveles de azúcares (principalmente sacarosa, fructosa y glucosa), ácidos carboxílicos, minerales, vitaminas y fibra dietética (Ong et al. 2006, p.12). La pulpa es comestible, se utiliza como constituyente en ensaladas o se elabora en helados, mermeladas, néctares, barras de frutas, jugos, chutney, pasteles, gelatinas y bebidas fermentadas (Azizur et al. 1999, pp.5-7).

2.2.1.1. Propiedades de la semilla de yaca

Una sola fruta puede contener de 100 a 500 semillas, que componen del 8 al 15 % del peso total de la fruta, las dimensiones de las semillas son en promedio de 2 a 4 cm de largo y de 1 a 2 cm de diámetro, y son comestibles, aunque mal digeridos en el tracto digestivo humano.

En particular, las semillas de yaca son ricas en almidón (60 - 80% a base de materia seca), proteínas, vitaminas y minerales, que pueden ser hervidos o asados y consumidos, o hervidos y conservados en almíbar como las castañas (Anaya et al., 2018, p.3).



Figura 1-2: Semillas de Yaca

Fuente:(Zhang et al. 2020, p.12).

Tabla 2-2: Propiedades de la semilla de Yaca

Origen	Método	Amilosa %	Proteína %	Lípido %	Ceniza %	Humedad %
China	Húmedo-Seco	32,05 ± 1,20	3,68	0,66	3,92	10,31
Tailandia	Húmedo-Seco	32,05 ± 1,20	1,84	0,99	3,92	8,57
Brasil	Húmedo-Seco	24,10	1,70-2,00	0,60-0,70	0,20	8,57
Bangladesh	Húmedo-Seco	31,37±0,90	3,41-3,67	0,03-0,04	0,03-0,04	9,56-10,44
China	Alcalino	26,56±0,32	0,40-0,48	0,13-0,24	0,30-0,39	9,98-11,23
Tailandia	Alcalino	32,14±2,84	0,09	0,03	0,04	9,59
Brasil	Alcalino	26,10±0,23	0,50-0,90	0,10-0,30	0,10-0,20	9,59

Fuente: (Zhang et al. 2020, p.12).

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

2.2.2. Semilla de aguacate Hass

Alrededor del 15 al 18 % del peso total del aguacate equivalen a la semilla, el uso de semillas de aguacate como fuente de nuevos biopolímeros puede contribuir al conocimiento existente sobre el almidón de diferentes fuentes. En consecuencia, han existido investigaciones sobre el almidón de las semillas de aguacate debido a la abundancia de esta planta, su alto rendimiento de fruto, así como la caracterización y utilización de una nueva fuente de almidón a partir de este subproducto. caracterizaron el almidón de semilla de aguacate dando como resultado que la semilla de aguacate tiene alto potencial como fuente de almidón y pigmento, este contenido de almidón lo convierte en materia prima para la fabricación de bioplásticos (Chapuel et al., 2019, p.7).



Figura 2-2: Aguacate Hass

Fuente:(Chapuel et al., 2019, p.7).

Tabla 3-2: Propiedades de la semilla de aguacate Hass

Materia Prima	Almidón %	Amilosa %	Amilopectina%	Ceniza %
Semilla aguacate Hass	67,695	32,473	35,320	1,013

Fuente:(Chapuel et al., 2019, p.7).

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

2.2.3. Almidón

“El almidón es un polímero natural muy importante que existe y es la mayor fuente de energía obtenida de varias plantas. Se encuentra en las semillas de cereales, en tubérculos, en raíces, en semillas de leguminosas, frutas, troncos y hojas” (Aristizábal et al., 2007, p.3).

El almidón está formado por amilopectina y amilosa, el almidón tienen características fisicoquímicas y funcionales únicas. Estas propiedades incluyen la temperatura de gelatinización, retrogradación, solubilidad, poder de hinchamiento, sinéresis y el comportamiento reológico de pastas, geles y films. Estas propiedades están influenciadas por las características estructurales, la forma y la fuente botánica del almidón (Valcárcel et al., 2013, párr.7). Según Li et al (2020) “La amilosa y las moléculas de amilopectina deben determinar las propiedades de retrogradación y pegado del almidón de forma combinada en lugar de forma aislada, similar a los efectos de las

estructuras supramoleculares del almidón en la determinación de la digestibilidad in vitro del almidón” (Li et al, 2020, párr. 2).

2.2.3.1. Amilosa

Si bien la amilosa es la principal responsable de la retrogradación a corto plazo del almidón, así como de la viscosidad reducida observada en el analizador rápido de viscosidad (RVA)(Li et al. 2020, párr.4).

Según Aristizábal et al (2007) “La amilosa es un polímero o lineal que consta de moléculas de glucosa unidas por enlaces glucosídicos α -D-(1 \rightarrow 4), el número de unidades varía entre los diferentes tipos de almidones, pero generalmente se encuentra entre 1 000 unidades de glucosa por molécula de amilosa y tiene forma de espiral. En un extremo de la macromolécula la unidad de glucosa contiene el hidroxilo del carbono anomérico (a) libre, por lo cual se llama extremo reductor (Aspinal, 1983). En el extremo opuesto, o no reductor, el hidroxilo del carbono anomérico forma parte del enlace glucosídico como se muestra en la siguiente figura”. Además, por ser un polímero de estructura lineal esta favorece la formación de biopelículas resistentes (Aristizábal et al., 2007, p.6).

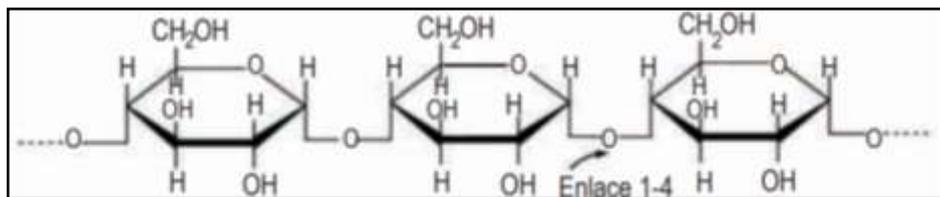


Figura 3-2: Esquema de la amilosa

Fuente: (Aristizábal y Sánchez, 2007, p.6).

2.2.3.2. Amilopectina

Este es un polímero a diferencia del anterior ramificado formado por cadenas lineales constituidas por 15-35 moléculas de glucosa unidas por enlaces α -D-(1 \rightarrow 4), las cadenas se unen entre sí por enlaces α -D-(1 \rightarrow 6) en donde se producen los puntos de ramificación de la molécula, también tiene 5-6 por ciento de enlaces α -D-(1 \rightarrow 6) y está constituida de alrededor de 100 000 moléculas de glucosa (Aristizábal et al., 2007), gracias a las ramificaciones presentes en la amilopectina la movilidad de los polímeros se reduce e interfiere en la orientación, dando como resultado soles o soluciones claras y estables (Quineche, 2018, p.7).

En la siguiente imagen se muestra como están indicados los puntos de ramificación en la amilopectina.

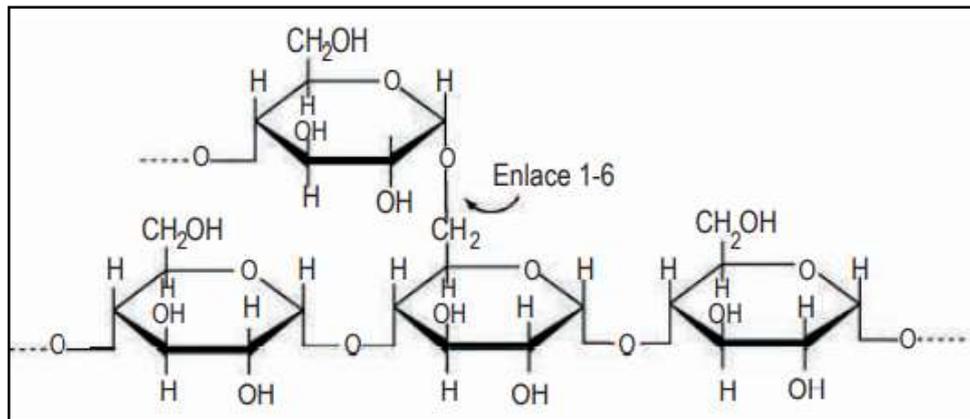


Figura 4-2: Esquema de la amilopectina

Fuente: (Aristizábal et al., 2007, p.7).

2.2.4. Biopolímeros

“Los biopolímeros son polímeros producidos por organismos vivos o derivados de biomasa. Contienen monómeros que se unen covalentemente para formar macromoléculas. La celulosa, el almidón y la quitina, las proteínas y el ácido poliláctico (PLA) son todos ejemplos de biopolímeros en los que las unidades de monómero son azúcares, aminoácidos y ácido láctico, respectivamente, además son elaborados a partir de recursos renovables que son biodegradables y compostables” (Hu., 2014, p.2).

Los biopolímeros a partir de recursos renovables pueden clasificarse en tres clases de acuerdo a los métodos de producción.

- Extraído de materiales naturales.
- Producido mediante el método clásico de síntesis química a partir de monómeros renovables.
- Producido por biosíntesis bacteriana de materiales naturales (poliéster de polisacáridos).

2.2.4.1. Bioplástico

Los bioplásticos han sido desarrollados desde el principio con el objetivo de poder eliminar plásticos no degradables, debido a que estos son plásticos degradables de manera ecológica y económica que se encuentran dentro de un ciclo natural y se aferra al método de compostaje (Anticono et al, 2020, p.11).

“Después de un uso normal, los bioplásticos son completamente biodegradables, reducen la situación crítica de residuos de una manera ecológica y ejemplar: cierre natural de ciclos naturales y siendo de ayuda importante en la solución de grandes problemas ambientales” (Coral, 2014, párr.2).

2.2.4.2. Plastificante

La adición de un plastificante a la formación de un film es muy importante debido a que ayuda en la mejora de las propiedades físicas y mecánicas. Para la elección del plastificante depende se enfoca en su compatibilidad con el polímero y con el disolvente a usar. En el caso de los biopolímeros de alginato de sodio, el glicerol es el plastificante que ha demostrado ser muy práctico y eficiente (Alves et al. 2020, p.15). El plastificante que se usa comúnmente es el glicerol debido a sus propiedades para la elaboración de biopolímeros (De los Ángeles., 2016, p.22).

2.2.4.3. Glicerol

Según Alves et al (2020) “El glicerol no es caro, no es tóxico y es un excelente agente plastificante para los biopolímeros y un residuo en la producción de biodiesel” (Alves et al. 2020, p.16).

Es un alcohol con formula $C_3H_8O_3$. que posee en su estructura tres grupos hidroxilos, que generan solubilidad en el agua, su presentación es líquida transparente y viscosa (De los Ángeles., 2016, p.23).

El glicerol confiere características suaves y homogéneas a las biopelículas, además de “retardar la retrogradación de los productos termo plastificados y su acción como lubricante facilita la movilidad de las cadenas poliméricas del almidón. Otra característica es la reducción de la resistencia a la tracción si su contenido en peso en la mezcla está por encima del 15%. Para contenidos superiores al 25% en peso de glicerol, se aprecia un cierto grado de mejora en la capacidad elástica del material. Este agente plastificante que le brinda al producto final características elásticas, permitiendo su maleabilidad” (De los Ángeles., 2016, p.24).

2.3. Planteamiento de las hipótesis

2.3.1. General

Mediante la aplicación del método seco para la extracción de almidón semillas de yaca y semillas de aguacate Hass, es posible formular bioplásticos con propiedades óptimas para embalaje de alimentos.

2.3.2. Específicas

- El contenido de amilosa es el más óptimo para la obtención y formulación del bioplástico.
- Las combinaciones tanto de almidón como aditivos son los adecuados para la obtención de la bioplástico.
- El bioplástico obtenido presenta propiedades físico mecánicas adecuadas para su uso como envoltura de alimentos.

2.4. Identificación de variables

2.4.1. Obtención del almidón

Tabla 4-2: Variables para la obtención del almidón

Variable independiente	Subvariables
Rpm:	Velocidad 1 (RPM 1)
	Velocidad 2 (RPM 2)
Tiempo:	60 segundos (1)
	90 segundos (1,5)
Variable dependiente	
Cantidad de almidón	

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

2.4.2. Formulación del bioplástico

Variables Dependientes

- Bioplástico

Variables Independientes

- % almidón de yaca
- % almidón de aguacate
- % plastificante

2.5. Operacionalización de variables

Tabla 5-2: Operacionalización de variables

Variable	Tipo de variable	Definición Operacional	Categorización	Indicadores	Instrumentos de medición
Obtención de Almidón	Dependiente	Es una macromolécula compuesta de dos polisacáridos la amilosa y la amilopectina		Porcentaje de amilosa Porcentaje de amilopectina	Caracterización proximal
Revoluciones por minuto de triturado	Independiente	Magnitud física que mide el número de giros por unidad de tiempo en el triturado	Trituración de la semilla de yaca y de aguacate Hass	Velocidades de la licuadora(rpm)	Características de la licuadora
Tiempo	Independiente	Magnitud física medible	Medición del tiempo de trituración	Escala de 30 segundos a partir de 90 segundos	Cronometro
Bioplástico	Dependiente	Tipo de plásticos derivados de productos vegetales		Pruebas físico-químicas y mecánicas	Humedad, Solubilidad, Espesor Ensayo de tracción Biodegradabilidad Microscopía Electrónica de barrido
% almidón	Independiente	Porción significativa del material a utilizar	Formulación	Peso	Balanza
% plastificante	Independiente	Porción significativa del material a utilizar	Formulación	Peso	Balanza

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

2.6. Matriz de consistencia

Tabla 6-2: Matriz de consistencia

TEMA: Obtención de bioplástico a partir del almidón de semillas de yaca (<i>Artocarpus heterophyllus</i>) y aguacate Hass (<i>Persea americana</i>) para su uso en el recubrimiento de alimentos.				
PROBLEMA GENERAL		OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	
¿Se obtendrá un bioplástico con características similares a uno convencional en miras a la suplantación de este a partir de semillas de yaca y semillas de aguacate Hass?		Obtener bioplástico a partir del almidón de semillas de yaca (<i>Artocarpus heterophyllus</i>) y semillas de aguacate Hass (<i>Persea americana</i>) para su uso en el recubrimiento de alimentos.	Mediante la aplicación del método seco para la extracción de almidón semillas de yaca y semillas de aguacate Hass, es posible formular bioplásticos con propiedades óptimas para embalaje de alimentos	
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Variables	Técnicas
¿Cómo se procedería con la metodología de trabajo para la elaboración del bioplástico? ¿Cómo se determinará la calidad del bioplástico obtenido? ¿Cómo se validará del bioplástico obtenido?	Obtener y caracterizar el almidón Determinar la formulación de los bioplásticos Evaluar las características físico-químicas y mecánicas del bioplástico.	El contenido de amilosa es el más óptimo para la obtención y formulación del bioplástico Las combinaciones tanto de almidón como aditivos son los adecuados para la obtención de la bioplástico. El bioplástico obtenido presenta propiedades físico-mecánicas adecuadas para su uso como envoltura de alimentos	Dependiente: almidón Independiente: rpm y tiempo Dependiente: Bioplástico Independiente: % almidón % plastificante Características físico- químicas y mecánicas	Caracterización proximal Características de la licuadora Diversas formulaciones Humedad, Solubilidad. Espesor, Ensayo de tracción Biodegradabilidad

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

2.7. Tipo y diseño de investigación

La investigación se fundamenta en el método experimental, puesto que se pretende extraer almidón de las semillas de yaca como las semillas del aguacate Hass, por medio de instrumentos, equipos y tecnología que faciliten la recolección de datos, además, esto garantiza las condiciones de la materia prima como del producto terminado generando datos fiables para futuras investigaciones.

Expresado lo anterior, en este apartado se realizó un diseño factorial 2k, el mismo que se efectuó en dos partes, la primera para la obtención de almidón y una segunda parte referente a la elaboración del bioplástico, la herramienta tecnológica que se empleó fue STATGRAPHICS 18.

2.7.1. Diseño factorial para la obtención del almidón

STATGRAPHICS 18, ha especificado una variable respuesta (ALMIDÓN) y dos factores experimentales (RPM y TIEMPO). El diseño seleccionado tiene 20 ejecuciones, tal como se describe en las siguientes tablas:

Tabla 7-2: Variables respuesta a ser medidas en la obtención del almidón

Nombre	Unidades	Analizar	Objetivo	Destino	Impacto	Sensibilidad
ALMIDÓN	g	Media	Maximizar		3,0	Medio

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

Tabla 8-2: Factores experimentales que van a variar en la obtención del almidón

Nombre	Unidades	Tipo	Papel	Bajo	Alto
A:RPM	RPM	Continuo	Controlable	1,0	2,0
B:TIEMPO	S	Continuo	Controlable	60,0	90,0

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

Tabla 9-2: Diseño experimental de la obtención del almidón

Tipo de Factores	Diseño tipo	Puntos Centrales por Bloque	Punto Central Colocación	Diseño es Aleatorizado	Número de Replicaciones	Total Ejecuciones	Total Bloques
Proceso	Factorial 2 ²	0	Aleatorio	Sí	4	20	5

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

Tabla 10-2: Modelo inicial a ajustar a los resultados del experimento

Factores	Modelo	Coefficientes
Proceso	Interacciones de 2 factores	4

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

Tabla 11-2: Ejecuciones del diseño experimental de la obtención del almidón

N°	BLOQUE	RPM	TIEMPO (s)
1	1	1	90
2	1	1	60
3	1	2	90
4	1	2	60
5	2	1	90
6	2	1	60
7	2	2	90
8	2	2	60
9	3	1	90
10	3	1	60
11	3	2	90
12	3	2	60
13	4	1	90
14	4	1	60
15	4	2	90
16	4	2	60
17	5	1	90
18	5	1	60
19	5	2	90
20	5	2	60

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

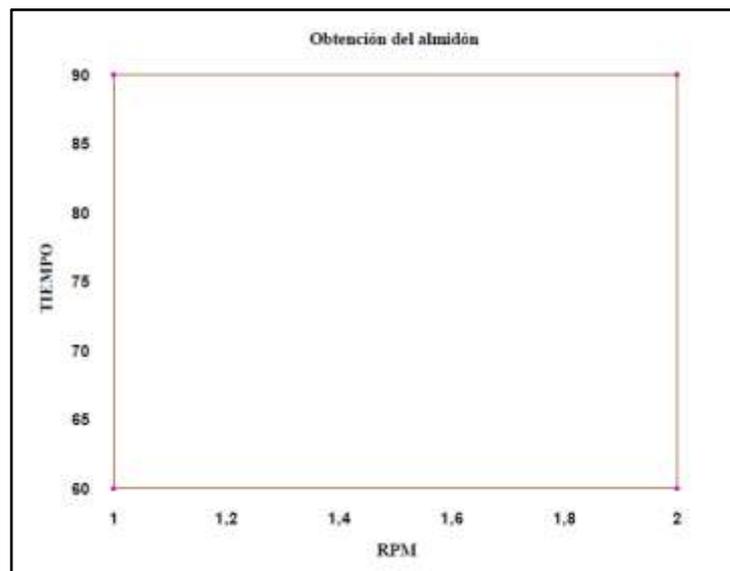


Gráfico 1-2: Puntos del diseño de la obtención del almidón

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

2.7.2. Diseño factorial para la elaboración del bioplástico

El asistente de diseño STATGRAPHICS 18, ha especificado una variable respuesta (BIOPLÁSTICO) y dos factores experimentales (ALMIDÓN Y PLASTIFICANTE), el diseño seleccionado posee 16 ejecuciones.

Tabla 12-2: Variables respuesta a ser medidas en la obtención del bioplástico

Nombre	Unidades	Analizar	Objetivo	Impacto	Sensibilidad
BIOPLÁSTICO	BIOAY	Media	Maximizar	3,0	Medio

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

Tabla 13-2: Factores experimentales que van a variar en el bioplástico

Nombre	Unidades	Tipo	Papel	Bajo	Alto
A:ALMIDÓN	g	Continuo	Controlable	2,0	4,0
B:PLASTIFICANTE	g	Continuo	Controlable	3,0	4,0

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

Tabla 14-2: Diseño experimental de la obtención del bioplástico

Tipo de Factores	Tipo de Diseño	Puntos Centrales Por Bloques	Punto Central Colocación	Diseño es Aleatorizado	Número de Replicaciones	Total Ejecuciones	Total Bloques
Proceso	Factorial 2^2	0	Aleatorio	Sí	3	16	4

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

Tabla 15-2: Modelo inicial a ajustar a los resultados del experimento (bioplástico)

Factores	Modelo	Coefficientes
Proceso	Interacciones de 2 factores	4

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

Tabla 16-2: Formulaciones de las películas

Nº	Bloque	Almidón (g)	Plastificante (g)
1	1	2	3
2	1	4	4
3	1	4	3
4	1	2	4
5	2	2	3
6	2	4	4
7	2	4	3
8	2	2	4
9	3	2	3
10	3	4	4
11	3	4	3
12	3	2	4
13	4	2	3
14	4	4	4
15	4	4	3
16	4	2	4

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

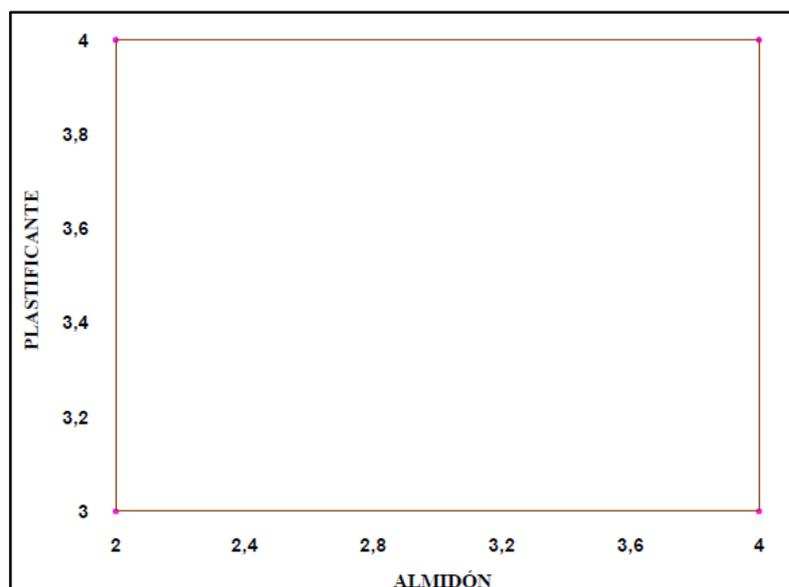


Gráfico 2-2: Puntos del diseño de la elaboración del bioplástico

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

2.8. Unidad de análisis

Para la presente investigación se realizó el análisis de la materia prima del almidón de las semillas de yaca y semillas de aguacate Hass, los cuales serán sometidos a métodos de ensayo para su caracterización.

2.9. Población de estudio

La población de estudio corresponde a las provincias de Santo Domingo de los Tsáchilas y Chimborazo, ya que, en estas zonas se producen la materia prima empleada. Simultáneamente otro de los sectores favorecidos con este trabajo es el GRUPO DE INVESTIGACIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO de la ESPOCH (GIADÉ) puesto que se encuentra dentro de la línea de investigación de “Obtención de bioplástico a partir del almidón de semillas de yaca (*Artocarpus heterophyllus*) y semillas de aguacate Hass (*Persea americana*) para su uso en el recubrimiento de alimentos”.

2.10. Tamaño de la muestra

Se manejó un total de 5 kg de semillas de yaca y 5 kg de semillas de aguacate Hass.

2.11. Selección de muestra

La selección de semillas de la yaca y aguacate Hass se realizó en Santo Domingo de los Tsáchilas perteneciente a la región costa. Para la selección de materia prima, las semillas deben encontrarse de un tamaño aceptable y libre de impurezas ya que tendrá contacto con alimentos.

2.12. Técnicas de recolección de datos

2.12.1. Técnica de caracterización de la materia prima

2.12.1.1. Técnicas de extracción del almidón de las semillas

Tabla 17-2: Técnicas de extracción del Almidón

N°	Método	Materiales y Equipos	Reactivos	Procedimiento	Método de Ensayo
1	Vía seca	<ul style="list-style-type: none"> • Probetas de 250 mL y 50 mL • Espátula • Vidrio de reloj • Cronómetro • Recipiente de vidrio y plástico • Tela filtrante • Papel aluminio • Guantes aislantes • Fundas abre fácil • Mortero • Vaso de precipitación • Balanza • Licuadora • Tamizadora • Estufa 	<ul style="list-style-type: none"> • Agua (mL) • Semillas de yaca • Semillas de aguacate Hass 	<ul style="list-style-type: none"> • Descascar las semillas. • Evaluar su contenido de humedad • Si su humedad es baja procedemos a la molienda, de no ser este el caso secamos a una temperatura de 45 °C y verificamos su pérdida de peso cada 15 min cuando ya permanezca constante este peso procedemos a la molienda • La molienda se realizará durante 2 niveles, es decir 60 y 90 segundos. • Para tamizar y obtener mi primer almidón (separar y etiquetar almidón molienda en t=60 s en lo posible verificar tamaño de partícula). Para 90 s lo mismo. • Para el aguacate es recomendable rallar y seguir con la metodología ya propuesta para las semillas de yaca 	<p>Amorim (2015)</p> <p>Mantilla et al, (2018)</p>

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

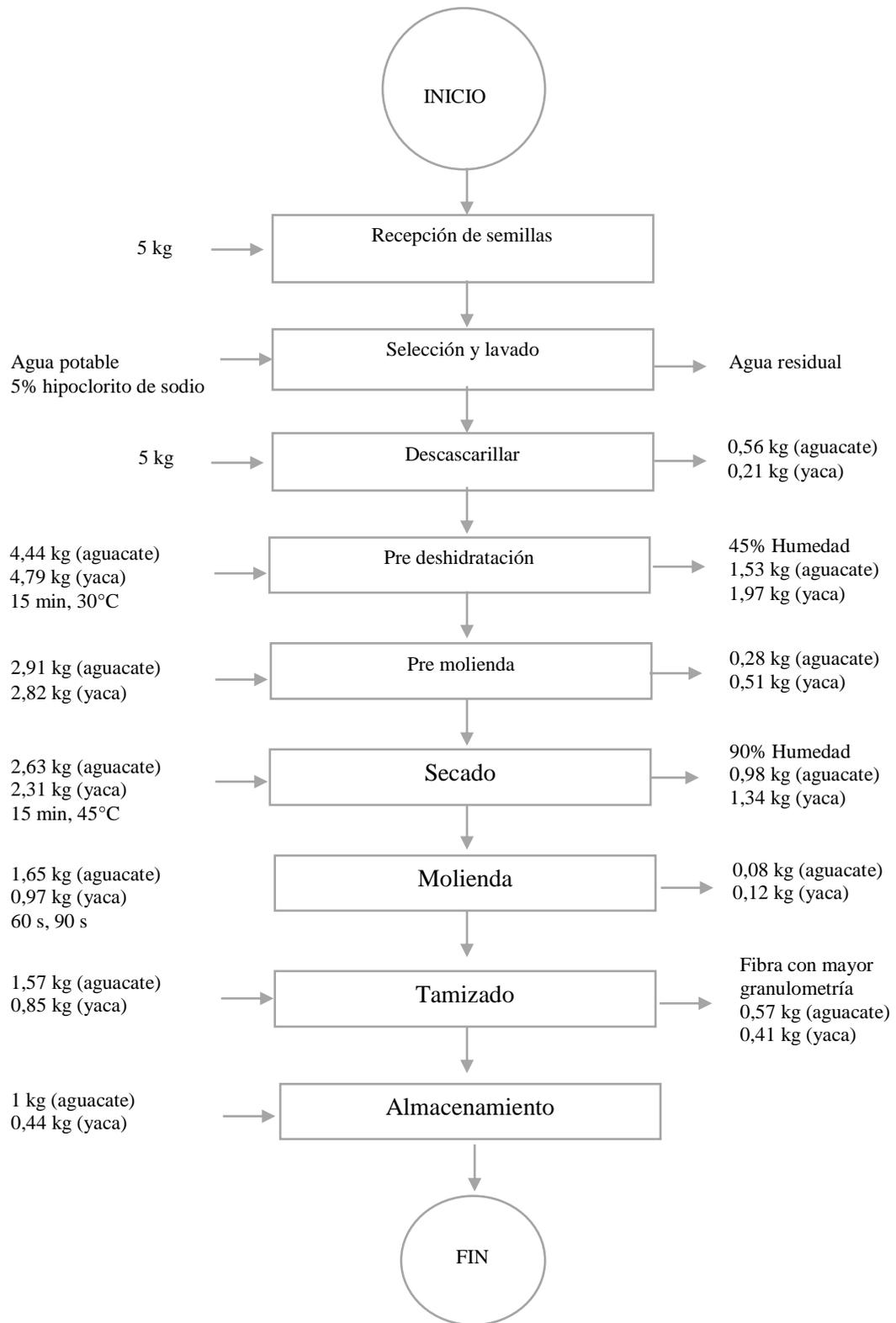


Gráfico 3-2: Diagrama de bloques del proceso de extracción de almidón

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

2.12.1.2. Descripción del proceso para la extracción del Almidón

- Selección y lavado:

Se escogió semillas de gran tamaño y aspecto agradable, que no presenten malezas. Además se eliminó las impurezas que pudo presentar la materia prima, mediante un lavado por inmersión con hipoclorito de sodio al 5%.

- Descascarillado

Eliminación del tegumento de las semillas.

- Pre molienda (Acondicionamiento de la materia prima):

Según Brito, menciona que el tamaño de partícula tiene fundamental importancia en el desempeño para el desarrollo superficial del producto, lo que influye mayoritariamente en las aplicaciones de los sólidos. Explica también que “si se trata que hayan de reaccionar, el proceso se inicia por su superficie, luego la velocidad de reacción será proporcional al desarrollo de dicha superficie” (Brito, 2000, p.28). En el caso de las semillas de yaca y semillas de aguacate se procedió a acondicionar la materia prima desintegrándola mediante el rallado.

- Pre deshidratación

Se elimina humedad mediante transferencia de calor por convección de un fluido caliente que atraviesa al producto desprendiendo la humedad contenida en este (Brito, 2001, p.16) esta operación se realiza en un secador de bandeja a 30°C hasta alcanzar una humedad menor al 45%.

- Molienda

Se empleó una reducción de tamaño mediante la aplicación de molinos ya que la “rotación del cilindro tiende a elevar la carga hasta cierta altura desde la cual caen los cuerpos molidores en cascada, percutiendo sobre la parte de la carga que queda en la zona inferior” (Brito, 2000, p.31).

- Secado

Con el fin de obtener materias primas con características deseadas, para la elaboración de bioplástico se secó el almidón a 45°C hasta disminuir notablemente la humedad (Brito, 2001, p.16).

- Tamizado

Mediante tamices se procedió a separar fracciones que están compuestas de un sólido granular y diferente tamaño de sus partículas” (Brito, 2000, p.34).

- Almacenado

El almidón extraído se lo almacena en un lugar impermeable, fresco y libre de humedad, para alargar su tiempo de vida.

2.12.1.3. Análisis para realizar la caracterización del almidón extraído

Tabla 18-2: Pruebas para la caracterización del almidón extraído

Nº	Análisis	Materiales y Equipos	Reactivos	Procedimiento	Fórmula	Método
1	Prueba de Solubilidad	Vaso de precipitación Reverbero Varilla de agitación	Agua destilada Almidón de yaca Almidón de aguacate	En un vaso de 25 mL, pesar 2g de la muestra, añadir 5mL de agua de agua fría y agitar. Transferir totalmente la suspensión sobre 100 mL de agua hirviendo (90 °C), contenida en un vaso de precipitación de 200 mL y continuar con la ebullición por 2 minutos. Guardar la solución para la determinación de pH.	Medición cualitativa	INEN 1456
2	Determinación de pH	pH-metro normalizado a 25°C Vaso de precipitación Termómetro	Solución del ensayo de solubilidad	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, lavar los electrodos con agua destilada y secarlos con papel absorbente, sumergir los electrodos en la solución que deberán estar a 25°C. Accionar el control de lectura y leer el pH. La muestra deberá encontrarse dentro de los rangos de pH 5,0 y 7,0.	Medición directa	INEN 1456
3	Residuos por calcinación	Crisol de porcelana Campana extractora de gases Desecador	Reactivo analítico	En un crisol de porcelana o de platino, pesar 1g de muestra, calentar hasta ignición bajo la campana extractora de gases. Añadir al material carbonizado 1 mL de ácido sulfúrico R.A (reactivo analítico), el calentamiento debe ser suave, bajo el principio y continuando de tal forma que requiera 1 a 2 horas para carbonizar totalmente la materia orgánica. Calcinar a 800°C±25°C por 15 min, enfriar en el desecador y pesar, este procedimiento se deberá repetir hasta obtener una masa constante. Se debe considerar que la muestra del residuo obtenido no deberá ser mayor a 0,4g/100g.	% Cenizas = $P1 / P2 \times 100$ Porcentaje de ceniza Donde: P1 = Peso de las cenizas (g) P2 = Peso de la muestra inicial (g)	AOAC (Association of Official Analytical Chemists) 942.05 (2000)

Realizado por: Armijos, Andrea. 2021.

2.13. Técnica de obtención de bioplástico

Tabla 19-2: Técnica de obtención de bioplásticos

Método	Materiales y Equipos	Reactivos	Procedimiento	Método de Ensayo
Obtención de bioplásticos	<ul style="list-style-type: none"> • Varilla de agitación • Vasos de precipitación de 250 mL • Probetas de 250mL y 50mL • Espátula • Vidrio de reloj • Cronómetro • Tela filtrante • Papel aluminio • Tamices • Fundas abre fácil • Baño maría a 100°C • Estufa • Agitador magnético • Balanza analítica • Reverbero 	<ul style="list-style-type: none"> • Agua • Glicerol • Ácido Acético • Almidón de semillas de Yaca • Almidón de semillas de aguacate Hass • Agua destilada 	<ul style="list-style-type: none"> • Colocar en un vaso de precipitados 5 g de almidón tanto de semilla de yaca como de aguacate Hass. Agregar, mezclando bien, 40 mL de agua destilada, 4 mL de glicerina 50% (v/v), 4 mL de ácido acético 0,1 M. • Mantener aproximadamente 10 minutos en baño maría, en hervor, agitando continuamente, hasta que la mezcla quede viscosa. • Verter la mezcla en una bandeja de poliestireno expandido (EPS). • Secar en la estufa a una temperatura de 30 °C hasta observar la formación • Se preparará tres diferentes formulaciones variando la concentración de plastificante y cada una será expuesta a una temperatura constante variando los tiempos de secado entonces obtendremos tres resultados de cada formulación y cada uno serán sometido a un análisis de sus características cualitativas y a los mejores resultados. 	(Amorim, 2015) con modificaciones

Realizado por: Armijos, Andrea. 2021.

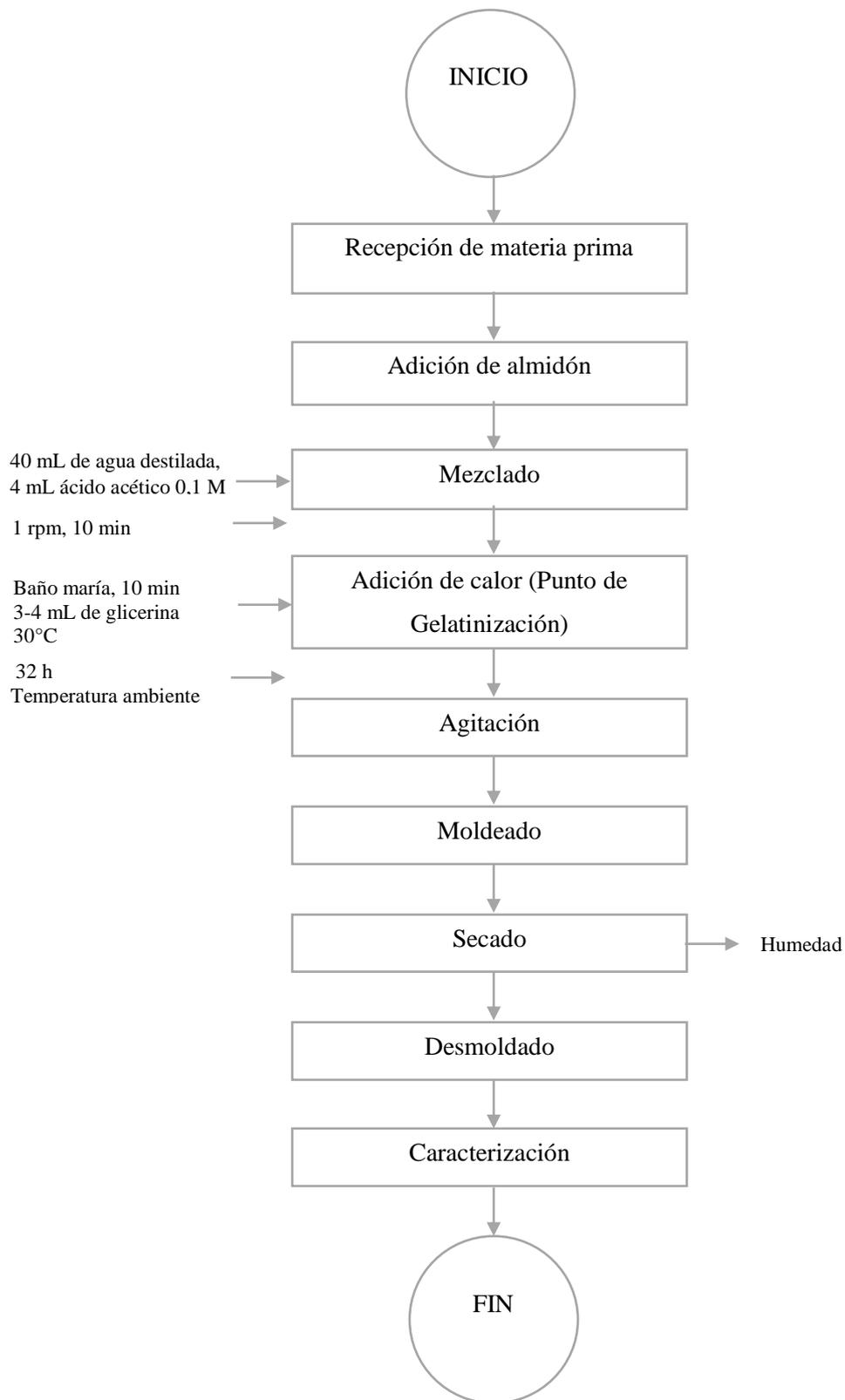


Gráfico 4-2: Diagrama de bloques de la obtención de bioplástico

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

CAPÍTULO III

3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Datos obtenidos en los ensayos realizados

El análisis físico de la materia prima se lo realizó mediante un muestreo simple aleatorio con una población de diez semillas grandes de aguacate y 10 semillas de yaca, se determinó pesos y tamaños para los cálculos pertinentes.

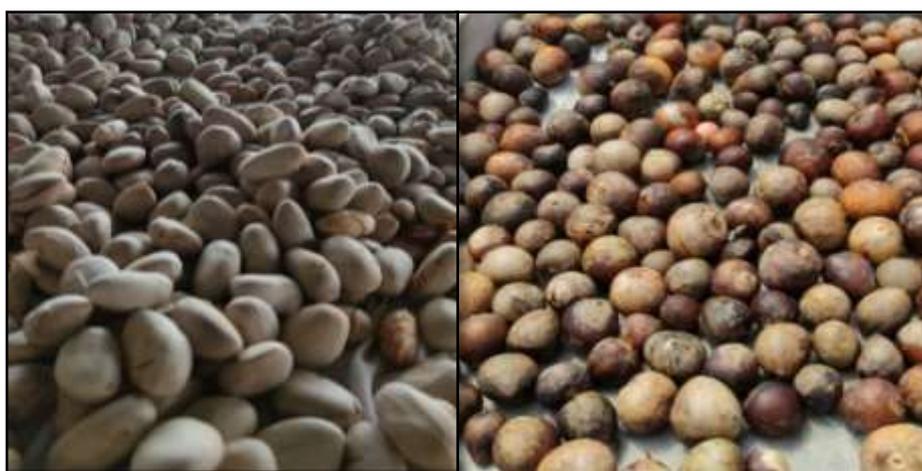


Figura 1-3: Semillas de yaca y aguacate

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

Tabla 1-3: Datos obtenidos de las semillas de aguacate y yaca

N°	Semillas de aguacate		Semillas de Yaca		
	Peso (g)	Diámetro (cm)	Peso (g)	Largo (cm)	Ancho (cm)
1	50,650	4,000	3,670	2,310	1,450
2	43,110	3,400	3,820	2,400	1,510
3	49,030	3,870	3,580	2,250	1,420
4	42,090	3,320	5,980	3,760	2,370
5	44,230	3,490	6,380	4,010	1,840
6	36,760	2,900	3,150	1,980	1,250
7	41,650	3,280	3,900	2,450	1,540
8	34,220	2,700	6,190	3,890	1,780
9	45,230	3,570	4,070	2,560	1,610
10	43,820	3,460	5,520	3,470	2,190

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

3.1.1. Ensayos preliminares para la extracción de almidón

3.1.1.1. Datos para el proceso de extracción del almidón de semillas de aguacate.

Tabla 2-3: Parámetros de extracción de almidón de las semillas de aguacate

No.	Tratamiento	Variables	Repetición	Volumen (mL)	Producto (g)	Almidón (g)
1	T1	RPM 1 : 1	R1	500	250	47,300
2			R2			56,800
3			R3			52,800
4			R4			50,700
5			R5			53,600
6	T2	RPM 1 : 1,5	R1			46,000
7			R2			50,000
8			R3			47,000
9			R4			49,000
10			R5			48,000
11	T3	RPM 2 : 1	R1			50,600
12			R2			49,800
13			R3			49,300
14			R4			51,000
15			R5			48,700
16	T4	RPM 2 : 1,5	R1			49,800
17			R2			50,500
18			R3			49,800
19			R4			50,000
20			R5			51,500

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

3.1.1.2. Datos para el proceso de extracción del almidón de semillas de yaca.

Tabla 3-3: Parámetros de extracción de almidón de las semillas de yaca

No.	Tratamiento	Variables	Repetición	Volumen (mL)	Producto (g)	Almidón (g)
1	T1	RPM 1 : 1	R1	500	250	35,360
2			R2			38,330
3			R3			35,000
4			R4			40,000
5			R5			42,600
6	T2	RPM 1 : 1,5	R1			9,280
7			R2			11,300
8			R3			9,580
9			R4			7,290
10			R5			13,580
11	T3	RPM 2 : 1	R1			8,610
12			R2			9,550
13			R3			12,250
14			R4			12,000
15			R5			10,150
16	T4	RPM 2 : 1,5	R1			9,500
17			R2			9,000
18			R3			9,730
19			R4			12,360
20			R5			11,470

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

3.1.2. Datos para las pruebas físico-mecánicas y de biodegradabilidad del bioplástico

3.1.2.1. Datos para determinar el espesor

Tabla 4-3: Espesores de las películas bioplásticas

Tratamiento	Repeticiones	Espesor 1	Espesor 2	Espesor 3	Espesor 4	Espesor 5
TP1	R1	0,600	0,400	0,500	0,400	0,400
	R2	0,400	0,600	0,500	0,600	0,600
	R3	0,300	0,700	0,600	0,600	0,600
	R4	0,500	0,400	0,400	0,400	0,500
TP2	R1	0,600	0,300	0,300	0,400	0,400
	R2	0,400	0,300	0,200	0,300	0,400
	R3	0,400	0,400	0,500	0,300	0,300
	R4	0,300	0,500	0,600	0,500	0,600
TP3	R1	0,400	0,500	0,400	0,600	0,600
	R2	0,500	0,300	0,400	0,000	0,400
	R3	0,500	0,600	0,500	0,600	0,500
	R4	0,400	0,300	0,300	0,200	0,500
TP4	R1	0,600	0,400	0,400	0,300	0,200
	R2	0,400	0,500	0,400	0,300	0,400
	R3	0,400	0,300	0,300	0,400	0,400
	R4	0,300	0,600	0,600	0,400	0,500

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

3.1.2.2. Datos generados en el ensayo de humedad para las películas bioplásticas

Tabla 5-3: Datos de humedad para las películas bioplásticas

Tratamientos	Repeticiones	Peso inicial (g)	Peso final (g)
TP1	R1	0,910	0,654
	R2	0,562	0,397
	R3	0,432	0,329
	R4	0,809	0,689
TP2	R1	0,843	0,655
	R2	0,673	0,501
	R3	0,694	0,493
	R4	0,444	0,319
TP3	R1	0,613	0,459
	R2	0,814	0,561
	R3	0,819	0,634
	R4	0,574	0,394
TP4	R1	0,868	0,667
	R2	0,638	0,426
	R3	0,687	0,503
	R4	0,547	0,397

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

3.1.2.3. Datos generados en el ensayo de permeabilidad para las películas bioplásticas

Tabla 6-3: Datos de permeabilidad para las películas bioplásticas

Tratamiento	Repeticiones	Peso inicial (g)	Tiempo 1(h)	Peso final(g)	Tiempo 2(h)	Área m ²	Espesor (m)
TP1	R1	29,4520	0	29,5040	6	0,090	0,0005
	R2	26,3280	0	26,6780	6	0,090	0,0005
	R3	30,0210	0	30,2870	6	0,090	0,0005
	R4	29,1200	0	29,4560	6	0,090	0,0005
TP2	R1	30,0000	0	30,5090	6	0,090	0,0005
	R2	29,9770	0	31,1020	6	0,090	0,0005
	R3	31,8650	0	32,0090	6	0,090	0,0005
	R4	29,8950	0	29,9020	6	0,090	0,0005
TP3	R1	30,9950	0	31,2570	6	0,090	0,0005
	R2	31,9800	0	32,0080	6	0,090	0,0005
	R3	29,0000	0	29,1820	6	0,090	0,0005
	R4	30,6200	0	30,6700	6	0,090	0,0005
TP4	R1	31,4470	0	31,8030	6	0,090	0,0005
	R2	30,5070	0	30,6540	6	0,090	0,0005
	R3	31,3250	0	31,3590	6	0,090	0,0005
	R4	30,1790	0	30,7490	6	0,090	0,0005

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

3.1.2.4. Datos generados en el ensayo de solubilidad para las películas bioplásticas

Tabla 7-3: Datos de solubilidad para las películas bioplásticas

Tratamientos	Repeticiones	Peso inicial(g)	Peso final(g)
TP1	R1	3,502	2,499
	R2	3,203	2,611
	R3	3,150	2,204
	R4	3,459	2,399
TP2	R1	3,603	2,885
	R2	3,304	2,710
	R3	2,967	2,350
	R4	3,180	2,208
TP3	R1	3,304	2,328
	R2	3,479	2,089
	R3	3,503	2,517
	R4	3,312	2,460
TP4	R1	3,715	2,262
	R2	3,402	2,572
	R3	3,394	2,277
	R4	3,208	2,425

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

3.1.2.5. Datos generados en el ensayo de biodegradabilidad para las películas bioplásticas

3.1.2.5.1. Biodegradabilidad en suelo durante 30 días

Tabla 8-3: Datos de biodegradabilidad en suelo para las películas bioplásticas

Tratamiento	Repeticiones	Peso inicial (g)	Peso final (g)
TP1	R1	0,238	0,173
	R2	0,372	0,198
	R3	0,346	0,214
	R4	0,379	0,252
TP2	R1	0,326	0,218
	R2	0,397	0,216
	R3	0,321	0,234
	R4	0,393	0,204
TP3	R1	0,304	0,132
	R2	0,351	0,242
	R3	0,315	0,167
	R4	0,316	0,219
TP4	R1	0,351	0,178
	R2	0,423	0,254
	R3	0,298	0,158
	R4	0,345	0,191

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

Tabla 9-3: Datos para determinar el porcentaje de degradación (suelo) cada tres días

TRATAMIENTO	UNIDAD	DÍA										
		0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
TP1	g	0,334	0,323	0,319	0,289	0,273	0,238	0,233	0,226	0,219	0,213	0,209
TP2		0,359	0,355	0,341	0,325	0,304	0,292	0,282	0,263	0,241	0,224	0,218
TP3		0,322	0,303	0,275	0,253	0,245	0,237	0,221	0,203	0,200	0,196	0,190
TP4		0,354	0,339	0,321	0,305	0,285	0,245	0,225	0,213	0,206	0,200	0,195

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

3.1.2.5.2. *Biodegradabilidad en condiciones ambientales durante 30 días*

Tabla 10-3: Datos de biodegradabilidad en condición ambiente

Tratamiento	Repeticiones	Peso inicial (g)	Peso final (g)
TP1	R1	0,551	0,501
	R2	0,685	0,618
	R3	0,659	0,594
	R4	0,692	0,642
TP2	R1	0,639	0,589
	R2	0,71	0,645
	R3	0,634	0,569
	R4	0,706	0,656
TP3	R1	0,617	0,567
	R2	0,664	0,599
	R3	0,628	0,603
	R4	0,629	0,579
TP4	R1	0,664	0,614
	R2	0,736	0,671
	R3	0,611	0,567
	R4	0,658	0,608

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

Tabla 11-3: Datos para determinas el porcentaje de degradación (ambiente) cada tres días

TRATAMIENTO	UNIDAD	DÍA										
		0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
TP1	g	0,647	0,645	0,644	0,643	0,639	0,632	0,626	0,617	0,608	0,599	0,589
TP2		0,672	0,669	0,653	0,649	0,642	0,634	0,628	0,621	0,619	0,617	0,615
TP3		0,635	0,631	0,618	0,604	0,599	0,593	0,592	0,590	0,589	0,588	0,587
TP4		0,667	0,664	0,659	0,643	0,638	0,634	0,629	0,625	0,620	0,617	0,615

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

3.1.2.5.3. *Biodegradabilidad en condiciones agua durante 30 días*

Tabla 12-3: Datos de biodegradabilidad en condición agua

Tratamiento	Repeticiones	Peso inicial (g)	Peso final (g)
TP1	R1	0,317	0,125
	R2	0,320	0,087
	R3	0,322	0,129
	R4	0,318	0,126
TP2	R1	0,219	0,127
	R2	0,321	0,102
	R3	0,219	0,099
	R4	0,321	0,078
TP3	R1	0,320	0,105
	R2	0,249	0,137
	R3	0,353	0,109
	R4	0,253	0,032
TP4	R1	0,356	0,143
	R2	0,235	0,100
	R3	0,376	0,106
	R4	0,298	0,056

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

Tabla 13-3: Datos para determinas el porcentaje de degradación (agua) cada tres días

TRATAMIENTO	UNIDAD	DÍA										
		0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
TP1	g	0,319	0,297	0,278	0,251	0,242	0,234	0,204	0,174	0,153	0,136	0,117
TP2		0,270	0,251	0,232	0,213	0,196	0,179	0,158	0,144	0,131	0,119	0,102
TP3		0,294	0,277	0,261	0,253	0,249	0,239	0,198	0,156	0,132	0,120	0,096
TP4		0,316	0,302	0,288	0,275	0,261	0,255	0,223	0,194	0,171	0,143	0,101

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

3.2. Cálculos

3.2.1. *Porcentaje de rendimiento del almidón de las semillas*

Ecuación 1-3:

$$\%Rendimiento = \frac{\text{peso del almidón obtenido (g)}}{\text{peso de las semillas que ingresaron al proceso (g)}} * 100$$

Rendimiento del almidón de las semillas de aguacate:

$$\%R(A) = \frac{1002,200}{5000} * 100$$

$$\%R(A) = 20,044\%$$

Rendimiento del almidón de las semillas de yaca:

$$\%R(Y) = \frac{356,940}{5000} * 100$$

$$\%R(Y) = 6,939\%$$

3.2.2. *Porcentaje de humedad de las películas bioplásticas*

Debido a que se realizó cuatro repeticiones por cada tratamiento, es necesario calcular el promedio entre los valores resultantes.

Ecuación 2-3:

$$\%Humedad = \frac{P_1 - P_2}{P_2} * 100$$

Donde:

P₁: Peso inicial seco de la película (g)

P₂: Peso final seco de la película (g)

Humedad en el tratamiento TP1, repetición R1:

$$\%Humedad\ 1 = \frac{0,910 - 0,654}{0,910} * 100$$

$$\%Humedad\ 1 = 39,144\%$$

Humedad media en el tratamiento TP1:

Ecuación 3-3:

$$\%Humedad\ media = \frac{\sum_{i=1}^n \%Humedad}{n_t}$$

$$\%Humedad\ media = \frac{39,144 + 41,562 + 31,307 + 17,417}{4}$$

$$\%Humedad\ media = 32,35\%$$

3.2.3. Porcentaje de solubilidad de las películas bioplásticas

Ecuación 4-3:

$$\%Solubilidad = \frac{P_1 - P_2}{P_1} * 100$$

Donde:

P₁: Peso inicial seco de la película (g)

P₂: Peso final seco de la película (g)

Solubilidad en el tratamiento TP1, repetición R1:

$$\%Solubilidad\ 1 = \frac{3,502 - 2,499}{3,502} * 100$$

$$\%Solubilidad\ 1 = 28,614\%$$

Solubilidad media en el tratamiento TP1:

Ecuación 5-3:

$$\%Solubilidad\ media = \frac{\sum_{i=1}^n \%Solubilidad}{n_t}$$

$$\%Solubilidad\ media = \frac{28,614 + 18,483 + 30,032 + 30,645}{4}$$

$$\%Solubilidad\ media = 26,944\%$$

3.2.4. Porcentaje de permeabilidad de las películas bioplásticas

Ecuación 6-3:

$$TVA_{\varepsilon} = \frac{P_f - P_o}{t * A} * \varepsilon$$

Donde:

TVA ε : TVA específico ($\frac{mm\ g}{m^2\ h}$)

P_f: Peso final de la película (g)

P_o: Peso inicial de la película (g)

t: Tiempo entre lecturas (h)

A: Área de las muestras de ensayo (m²)

ε : Espesores de las biopelículas (mm)

Permeabilidad en el tratamiento TP1, repetición R1:

$$TVA_{\varepsilon} = \frac{29,504 - 29,452}{6 * 0,090} * 0,05$$

$$TVA_{\varepsilon} = 4,81E - 5 \frac{mm \ g}{m^2 \ h}$$

Permeabilidad media en el tratamiento TP1:

Ecuación 7-3:

$$\%TVA_{\varepsilon} \text{ media} = \frac{\sum_{i=1}^n TVA_{\varepsilon}}{n_t}$$

$$\%TVA_{\varepsilon} \text{ media} = \frac{4,810E - 5 + 3,241E - 04 + 2,463E - 04 + 3,111E - 04}{4}$$

$$\%TVA_{\varepsilon} \text{ media} = 2,324E - 04 \frac{mm \ g}{m^2 \ h}$$

3.2.5. Porcentaje de biodegradabilidad de las películas bioplásticas

Ecuación 8-3:

$$\%Pp = \frac{P_1 - P_2}{P_1} * 100$$

Donde:

Pp: Pérdida de peso

P₁: Peso inicial de la película (g)

P₂: Peso final de la película (g)

Biodegradabilidad en el tratamiento TP1, repetición R1:

$$\%Pp = \frac{0,238 - 0,173}{0,238} * 100$$

$$\%Pp = 27,311\%$$

Biodegradabilidad media en el tratamiento TP1:

Ecuación 9-3:

$$\%Biodegradabilidad \text{ media} = \frac{\sum_{i=1}^n \%Biodegradabilidad}{n_t}$$

$$\%Biodegradabilidad \text{ media} = \frac{27,311 + 46,770 + 38,150 + 33,510}{4}$$

$$\%Biodegradabilidad \text{ media} = 36,44$$

3.3. Resultados

3.3.1. Resultados de los análisis químicos y microbiológicos

3.3.1.1. Resultados de análisis químicos y microbiológicos de las semillas

Tabla 14-3: Determinaciones analizadas de la materia prima

No.	Parámetros	Unidades	Semilla De Aguacate	Semilla De Yaca	Norma / Institución
1	Humedad	%	50,645	9,453	AOAC 954.01
2	Ceniza		3,072	1,216	AOAC 923.03
3	Solubilidad	%	8,356	5,980	Anderson
4	pH		5,900	5,800	AOAC 954.01
5	Fibra	%	0,622	0,263	Gravimétrico
6	Proteína	%	0,341	0,248	AOAC 954-01
7	Temperatura de gelatinización	°C	0,000	0,000	INEN 1456
8	Amilosa	%	0,000	29,196	CINIAP
9	Amilopectina	%	0,000	70,804	CINIAP
10	Hongos	UPC/g	1003	ausencia	FAO
11	Levaduras y mohos	UPC/g	ausencia	ausencia	Siembra en masa
12	Coliformes totales	UPC/g	ausencia	ausencia	Siembra en masa

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

3.3.1.2. Resultados de análisis químicos y microbiológicos del almidón

Tabla 15-3: Determinaciones analizadas del almidón

Parámetros	Unidades	Métodos de Análisis	Almidón de semillas de aguacate	Almidón de semillas yaca
pH	%	AOAC 954.01	5,560	6,710
Humedad	%	AOAC 962.09	8,800	20,680
Ceniza		AOAC 923.03	1,140	1,010
Punto de gelatinización	°C	Grace	88,000	76,000
Densidad aparente	g/mL		0,342	0,376
Amilosa	%	MO-LSAIA-04	32,560	38,030
Ind. Solubilidad		Anderson	11,510	9,850
Coliformes totales	UFC/100mL	Siembra en masa	10000	660,000
Coliformes fecales	UFC/100mL	Siembra en masa	Ausencia	10,000
Mohos y levaduras	UFC/100mL	Siembra en masa	Ausencia	Ausencia

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

Las pruebas de caracterización del almidón se elaboró en el laboratorio certificado SAQMIC, detallando una humedad de 20,68% para el almidón de semillas de yaca, según Amorim (2015) en su investigación obtiene una humedad del 11,7% caracterizándolo como producto de baja

humedad (Amorim, 2015, p. 38), esto puede explicarse a que el tiempo de secado en la muestra fue insuficiente, mientras que la humedad fue baja en el almidón de semillas de aguacate con un valor de 8,8%. El mismo autor también menciona que las fibras, proteínas, lípidos, cenizas, entre otros componentes se encuentran presentes en gránulos de almidón en pequeñas trazas, concordando con nuestros resultados de 0,341% de proteína y 0,622% de fibra en el almidón de semillas de yaca, aún en cantidades mínimas las proteínas pueden afectar las propiedades físico-químicas y mecánicas del almidón (Cusme et al, 2019, p. 18). Los autores Dutta et al., (2011) en su estudio encontraron un contenido de proteína del 0,4%, otros investigadores como Madruga et al., (2014) obtuvieron un valor de 1,51% en almidón de semilla de yaca de la variedad blanda, en este estudio se determinó para el aguacate valores de 0,248% de proteína y 0,263% de fibra; el contenido de proteína nos permite verificar la pureza del almidón, debido a nuestro bajo porcentaje en comparación a bibliografía encontrada, se puede decir que se obtuvo almidón de semillas de yaca y semillas de aguacate de alto grado de pureza. (Amorim, 2015, p. 39). Generalmente el contenido de amilosa en el almidón va del 15 al 35%. (Wong et al., 2007). Amorim (2015) señala un contenido de amilosa del almidón de semillas de yaca del 26,44%, valores similares a los descritos por Tongdang (2008) 24,4%, Kittipongpatana et al., (2011) de 26,45% y autores varios del 27,7% al 28,5%, en comparación a la presente investigación se realizó este ensayo en el INIAP laboratorio certificado de la ciudad de Quito donde se obtuvo un contenido del 38,03% mayor a los estudios encontrados, oportuno ya que el contenido de amilosa depende de la especie. Por otra parte Roldan et al., (2018) encontró un contenido de amilosa para el almidón de las semillas de aguacate del 34,93%, mientras que Cornelia et al., (2017) determinaron 42,37% de amilosa en su estudio, estos valores son similares al encontrados en el presente estudio de 32,56%, cuanto mayor cantidad de amilosa presenta un almidón mayor es su temperatura de gelatinización, teniendo valores para este parámetro de 88°C y 76°C para el almidón de semillas de aguacate y yaca respectivamente (Roldan et al., 2018, p.19), determinando que la calidad de almidón es el extraído de las semillas de yaca y las semillas de aguacate son viables para la elaboración de bioplástico, en cuanto a las densidades aparentes obtenidas del almidón de las semillas de yaca y de semillas de aguacate son de 0,376 g/mL y 0,3415 g/mL respectivamente, según la FAO (2007) establece una referencia del 1,560 g/mL, esto se ve influenciado al tamaño de partícula, ya que mientras mayor sea el número de partículas finas mayor será la densidad que presentará el almidón, por lo tanto los valores obtenidos se encuentran por debajo de lo recomendado, esto pudo verse afectado a las condiciones de almacenamiento, la naturaleza de la materia prima, fuerza de interacción entre las partículas o el número de puntos de contacto entre ellas (Peleg et al., 1983; citado en Villalobos, 2015), Villalobos (2015) presentó una densidad aparente para el almidón de semillas de yaca del 0,46 g/mL, mientras que Ávila et al, (2019) reportaron una densidad de 0,152 g/mL para el almidón de semillas de aguacate, estos datos son similares a los de la presente investigación.

3.3.2. Resultados de la extracción de almidón

3.3.2.1. Extracción de almidón de las semillas de aguacate

Tabla 16-3: Resultados de la extracción de almidón de semillas de aguacate

No.	Tratamiento	Variables	Repetición	Rendimiento (%)
1	T1	RPM 1 : 1	R1	18,920
2			R2	22,720
3			R3	21,120
4			R4	20,280
5			R5	21,440
6	T2	RPM 1 : 1.5	R1	18,400
7			R2	20,000
8			R3	18,800
9			R4	19,600
10			R5	19,200
11	T3	RPM 2 : 1	R1	20,240
12			R2	19,920
13			R3	19,720
14			R4	20,400
15			R5	19,480
16	T4	RPM 2 : 1.5	R1	19,920
17			R2	20,200
18			R3	19,920
19			R4	20,000
20			R5	20,600

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

3.3.2.1.1. Resumen estadístico de la extracción de almidón de las semillas de aguacate

El análisis estadístico se realizó en el software STATGRAPHICS 18, el cual efectuó un ANOVA simple con una variable dependiente (Rendimiento %) y un factor (Tratamientos), generando 20 observaciones, en cuatro niveles, el programa construye una variedad de pruebas y graficas necesarias para la comparación de datos medios del rendimiento de extracción para los 4 diferentes tratamientos (Statgraphics 18, 2021), tal como se describe en la tabla 14-3:

Tabla 17-3: Resumen estadístico para el rendimiento (almidón de semillas de aguacate)

Tratamientos	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango	Sesgo Estandarizado
T1	5,000	20,896	1,410	6,749%	18,920	22,720	3,800	-0,232
T2	5,000	19,200	0,632	3,294%	18,400	20,000	1,600	0,000
T3	5,000	19,952	0,374	1,877%	19,480	20,400	0,920	-0,028
T4	5,000	20,128	0,288	1,428%	19,920	20,600	0,680	1,366
Total	20,000	20,044	0,965	4,817%	18,400	22,720	4,320	1,739

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

Se observa mejor tratamiento para la extracción de almidón es TP1, 1 rpm a 60 segundos, con una media de 20,896%.

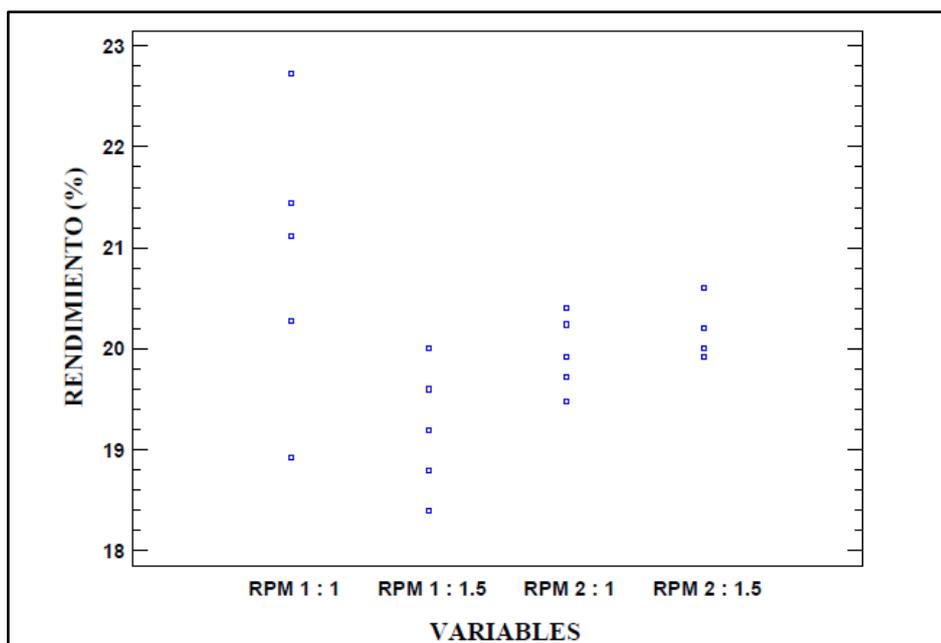


Figura 2-3: Dispersión por código de nivel (Semillas de aguacate)

Fuente: Statgraphics 18, 2021.

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

La figura 1-3 muestra que el tratamiento con mayor dispersión entre repeticiones es el TP1, existe una diferencia 3 a 1 entre el TP1 y los demás tratamientos.

La siguiente tabla descompone la varianza, entre grupos y dentro de grupos, donde se observa la razón-F, siendo el cociente entre el estimado entre grupos y el estimado dentro de grupos, puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de RENDIMIENTO entre un nivel de TRATAMIENTOS y otro, con un nivel del 5% de significación (Statgraphics 18, 2021).

Tabla 18-3: ANOVA para RENDIMIENTO por VARIABLES

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	7,268	3	2,422	3,710	0,0336
Intra grupos	10,449	16	0,653		
Total (Corr.)	17,718	19			

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

3.3.2.2. Extracción de almidón de las semillas de yaca

Tabla 19-3: Resultados de la extracción de almidón de semillas de yaca

No.	Tratamiento	Variables	Repetición	Rendimiento (%)
1	T1	RPM 1 : 1	R1	14,140
2			R2	15,330
3			R3	14,000
4			R4	16,000
5			R5	17,040
6	T2	RPM 1 : 1.5	R1	3,710
7			R2	4,520
8			R3	3,830
9			R4	2,920
10			R5	5,430
11	T3	RPM 2 : 1	R1	3,440
12			R2	3,820
13			R3	4,900
14			R4	4,800
15			R5	4,060
16	T4	RPM 2 : 1.5	R1	3,800
17			R2	3,600
18			R3	3,890
19			R4	4,940
20			R5	4,590

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

3.3.2.2.1. Resumen estadístico de la extracción de almidón de las semillas de yaca

Tabla 20-3: Resumen estadístico para el rendimiento (almidón de semillas de yaca)

Tratamientos	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango	Sesgo Estandarizado
T1	5,000	15,302	1,280	8,365%	18,920	22,720	3,800	-0,231
T2	5,000	4,082	0,943	23,114%	18,400	20,000	1,600	0,000
T3	5,000	4,204	0,630	15,004%	19,480	20,400	0,920	-0,028
T4	5,000	4,164	0,572	13,739%	19,920	20,600	0,680	1,365
Total	20,000	6,938	5,023	72,402%	18,400	22,720	4,320	1,739

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

El resumen estadístico revela que el mejor tratamiento para la extracción de almidón es TP1, 1 rpm a 60 segundos, ya que, presenta un mayor rendimiento en comparación a los otros tratamientos con una media de 15,3%.

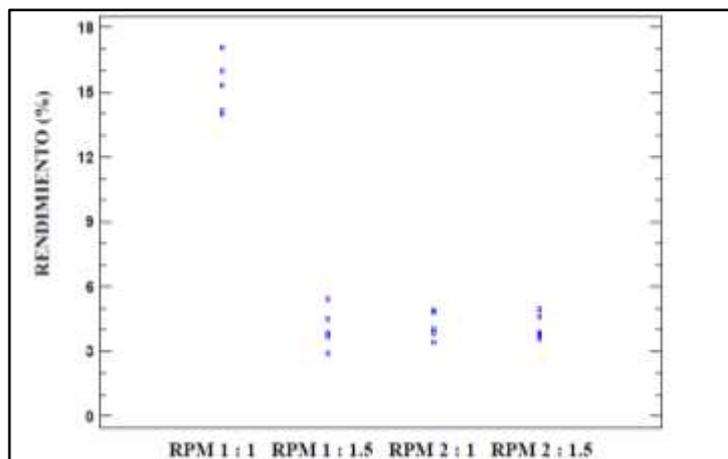


Figura 3-3: Dispersión por código de nivel (Semillas de yaca)

Fuente: Statgraphics 18, 2021.

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

La figura anterior indica que el tratamiento que posee mayor dispersión entre repeticiones es el TP1, a su vez se puede notar una diferencia 3 a 1 entre el tratamiento TP1 los demás tratamientos.

Tabla 21-3: ANOVA para RENDIMIENTO por VARIABLES

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	466,415	3	155,472	191,110	0,0000
Intra grupos	13,016	16	0,8135		
Total (Corr.)	479,431	19			

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

3.3.2.3. Rendimiento total de la extracción de almidón

En general en todo el proceso de extracción se obtuvo los siguientes rendimientos:

Tabla 22-3: Rendimientos totales del proceso de extracción de almidón

N°	Almidón	Rendimiento (%)
1	Semillas de aguacate	20,044
2	Semillas de yaca	6,938

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

En la tabla 19-3 se evidencia un rendimiento de 20,044% en semillas de aguacate, en comparación a otros estudios, autores como Mantilla et al (2018) y Chapuel et al (2019) obtuvieron valores de 31,76% y 17,65%, respectivamente, por lo que se discute un bajo rendimiento en comparación a Mantilla et al, el cual se atribuye este resultado a las condiciones de trabajo, puesto que, no fueron

las más idóneas debido a que en el proceso existió pérdida de almidón durante la molienda y tamizado, en el caso del almidón de semillas de yaca los datos arrojan un bajo rendimiento de extracción del 6,938%, en relación a Amorim (2015) que arrojo un rendimiento del 84,68% y a otra especie similar *Artocarpus altilis*, Villaseñor (2015) reporta un rendimiento de extracción mediante vía seca del 56,43%, se deduce que afecto el rendimiento las condiciones de trabajo.

3.3.3. Resultados de los ensayos físico-mecánicos de las películas bioplásticas

3.3.3.1. Espesores de las películas bioplásticas

Tabla 23-3: Resultados de espesores de las películas bioplásticas

Tratamiento	Repeticiones	Espesores (m)	Media (m)
TP1	R1	0,460	0,500
	R2	0,540	
	R3	0,560	
	R4	0,440	
TP2	R1	0,400	0,400
	R2	0,320	
	R3	0,380	
	R4	0,500	
TP3	R1	0,500	0,425
	R2	0,320	
	R3	0,540	
	R4	0,340	
TP4	R1	0,380	0,405
	R2	0,400	
	R3	0,360	
	R4	0,480	

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

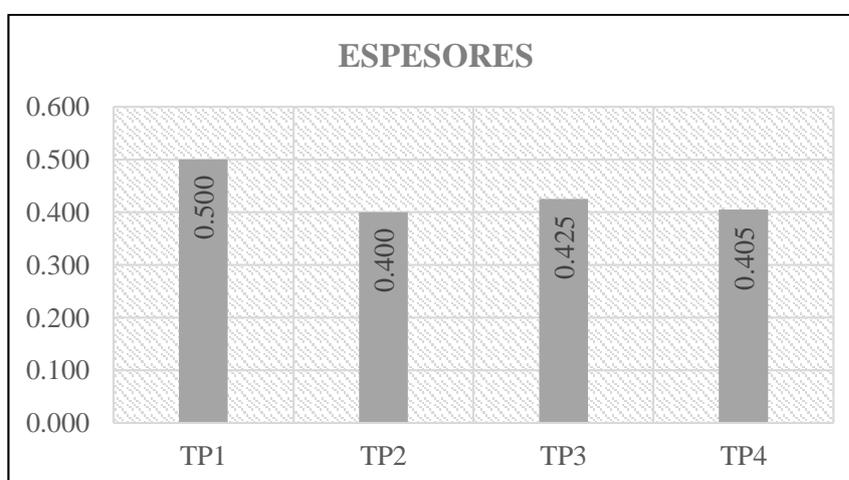


Gráfico 1-3: Espesores por tratamientos película bioplástica

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

En la gráfica 1-3 se refleja que el tratamiento TP1 presenta mayor espesor de 0,5 mm, la norma NTE INEN 2635, establece un límite máximo de 1 mm, es decir, las películas se encuentran dentro de los límites permitidos, además Amorin (2015) y varios autores como Pereira (2009) y Muller, et al, (2007) llegaron a la conclusión de que el espesor de los bioplásticos a base de almidón, varía según la concentración de este biopolímero, proteína y plastificante utilizado, en contraste a los resultados obtenidos, los espesores no varían significativamente ya que en las formulaciones no intervino la proteína manteniendo espesores similares en todos los tratamientos, simultáneamente, Henrique et al, (2008), mencionan que el espesor es un parámetro que influye en las propiedades mecánicas y la permeabilidad al vapor de agua, cuanto mayor es el espesor, más resistentes a la tracción son las películas y mayor será su permeabilidad (Galdeano, 2007). Además, cuando se controla este parámetro se permite la uniformidad del material y la validez de las comparaciones entre sus propiedades (Henrique et al, 2008).

3.3.3.2. Resultados de humedad de las películas bioplásticas

Tabla 24-3: Resultados de humedad de las películas bioplásticas

Tratamientos	Repeticiones	Humedad %	Media %
TP1	R1	39,144	32,357
	R2	41,562	
	R3	31,307	
	R4	17,417	
TP2	R1	28,702	35,747
	R2	34,331	
	R3	40,771	
	R4	39,185	
TP3	R1	33,551	38,379
	R2	45,098	
	R3	29,180	
	R4	45,685	
TP4	R1	30,135	38,566
	R2	49,765	
	R3	36,581	
	R4	37,783	

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

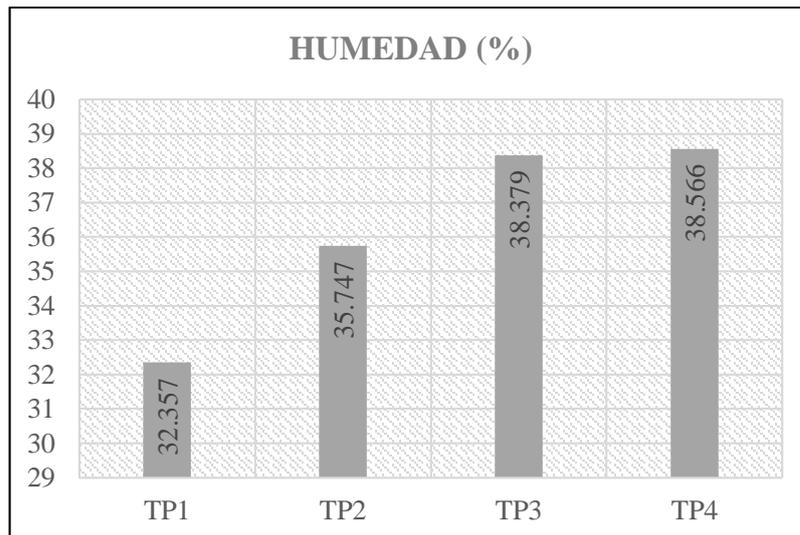


Gráfico 2-3: Humedad por tratamientos película bioplástica

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

En el gráfico 2-3 se observa que la influencia de las variables independientes tiene una relación directamente proporcional sobre la humedad, es decir, a mayor contenido de almidón y glicerina, mayor humedad presenta la película bioplástica.

Con lo manifestado anteriormente, se tuvo que el tratamiento con mayor humedad es el TP4 con 4 g de almidón y 4 g de plastificante en su composición, con una media de 38,57% y con menor humedad es el TP1 con 2 g de almidón y 3 g de plastificante con 32.36%, la ASTM 6980 relata que el % Humedad en un plástico convencional debe ser <1%, sin embargo, Parra (2020) arroja valores de contenido de humedad similares a la presente investigación entre 15,49% a 37,88% en biofilms de zanahoria blanca y camote, menciona que el contenido de humedad en plásticos biodegradables está directamente relacionada a la cantidad de plastificante que se utilice (Parra, 2020), esto concuerda con nuestros datos ya que el TP4 contiene mayor concentración de glicerina en comparación a TP1, por lo tanto, el contenido de humedad es una característica propia de los bioplásticos, ya que es la razón primordial para que se dé su degradación.

3.3.3.3. Resultados de solubilidad de las películas bioplásticas

Tabla 25-3: Resultados de solubilidad de las películas bioplásticas

Tratamientos	Repeticiones	Porcentaje De Solubilidad %	Media %
TP1	R1	28,641	26,950
	R2	18,483	
	R3	30,032	
	R4	30,645	
TP2	R1	19,928	22,319
	R2	17,978	
	R3	20,801	
	R4	30,569	
TP3	R1	29,540	30,839
	R2	39,954	
	R3	28,137	
	R4	25,725	
TP4	R1	39,112	30,204
	R2	24,397	
	R3	32,911	
	R4	24,397	

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

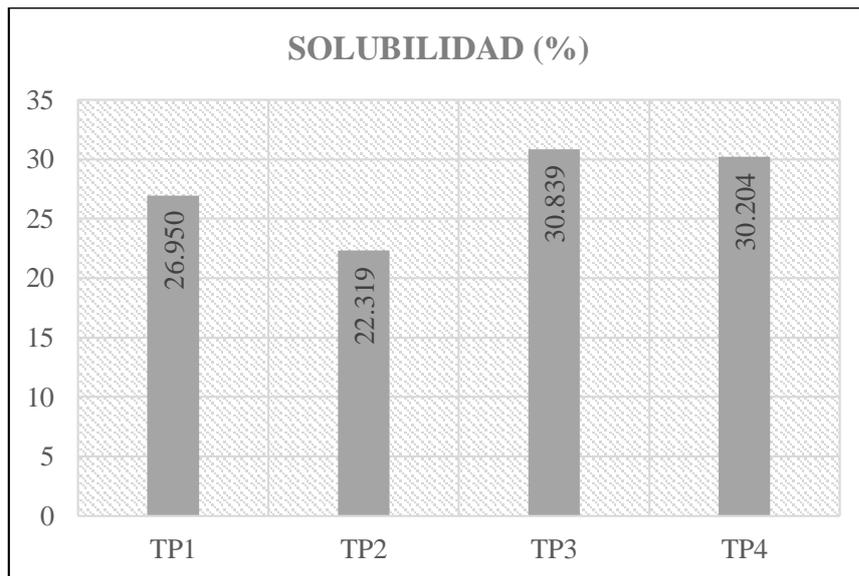


Gráfico 3-3: Solubilidad por tratamientos película bioplástica

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

La variable, almidón, influye mayoritariamente en la variable respuesta de la película, a mayor contenido de almidón, mayor solubilidad, sin embargo, se produce lo contrario con el plastificante, ya que, a mayor concentración de glicerina, existirá menor solubilidad. Por lo tanto, el tratamiento TP3 presenta un mayor porcentaje de solubilidad de 30,84%, en comparación a otros autores, Parra (2020) con una media de 68% y 61% para almidón de zanahoria blanca y camote respectivamente y García (2017) con 26,48% almidón de cascara de plátano, investigadores como Trujillo (2014) y Balan, 2013, concuerdan en la importancia de la solubilidad de las películas en agua ya que determina la aplicabilidad de estos como envasado de alimentos entorno de alta actividad de agua, mencionan que porcentajes menores del 70 % son utilizados en empaques alimenticios, por lo que se discute que los resultados encontrados en la presenta investigación se encuentra dentro del rango establecido (Parra, 2020, p.23).

3.3.3.4. Resultados de permeabilidad de las películas bioplásticas

Tabla 26-3: Resultados de solubilidad de las películas bioplásticas

Tratamiento	Repeticiones	Permeabilidad ($\frac{mm\ g}{m^2\ h}$)	Media ($\frac{mm\ g}{m^2\ h}$)
TP1	R1	4,815E-05	2,324E-04
	R2	3,241E-04	
	R3	2,463E-04	
	R4	3,111E-04	
TP2	R1	4,713E-04	4,132E-04
	R2	1,042E-03	
	R3	1,333E-04	
	R4	6,481E-06	
TP3	R1	2,426E-04	1,208E-04
	R2	2,593E-05	
	R3	1,685E-04	
	R4	4,630E-05	
TP4	R1	3,296E-04	2,563E-04
	R2	1,361E-04	
	R3	3,148E-05	
	R4	5,278E-04	

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

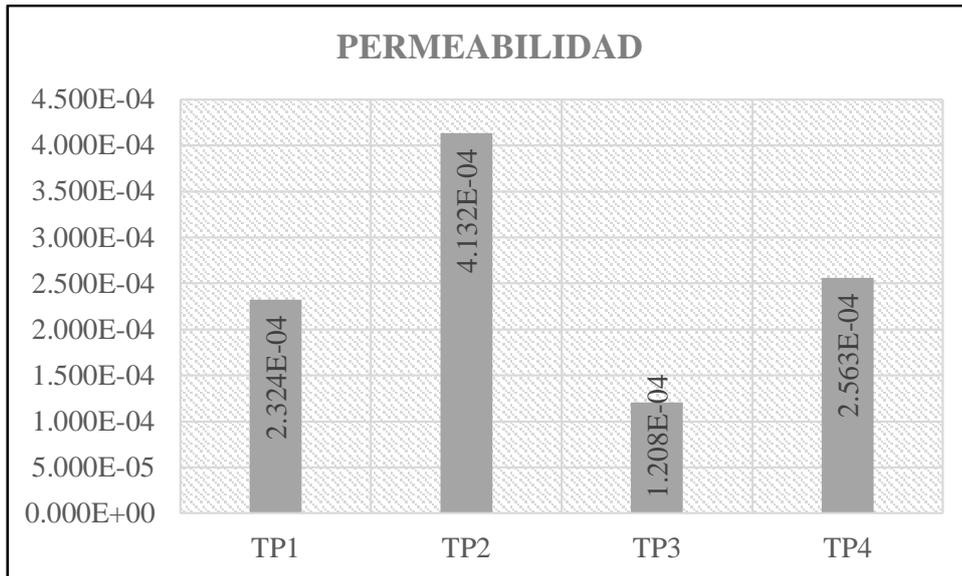


Gráfico 4-3: Solubilidad por tratamientos película bioplástica

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

Para evidenciar un cambio significativo en el resultado de permeabilidad, la variable plastificante debe ser igual o mayor a la variable almidón, así es, que, a mayor contenido de almidón y plastificante, mayor solubilidad habrá. El tratamiento que permite menor difusión de agua es el TP3 con $0,0001208 \frac{mm\ g}{m^2\ h}$, en comparación a Parra (2020) que en su estudio reportó la permeabilidad de $0,1048 \frac{mm\ g}{m^2\ h}$, valor un tanto alejado, se puede discutir que el plastificante dejó espacios intermoleculares más pequeños al encontrado en bibliografía, esto se debe a su poder hidrofílico, entre menor sea la permeabilidad de una película, menor va a ser la influencia en la conserva de alimentos, es decir, entre más bajo sea el valor de permeabilidad mejor será la película bioplástica.

3.3.3.5. Resultados de biodegradabilidad de las películas bioplásticas

3.3.3.5.1. Biodegradabilidad del plástico en condiciones ambientales

Tabla 27-3: Resultados de la biodegradabilidad en condición ambiente

Tratamiento	Repeticiones	Biodegradabilidad %
TP1	R1	9,070
	R2	9,780
	R3	9,860
	R4	7,230
TP2	R1	7,820
	R2	9,150
	R3	10,250
	R4	7,080
TP3	R1	8,100
	R2	9,790
	R3	3,980
	R4	7,950
TP4	R1	7,530
	R2	8,830
	R3	7,200
	R4	7,600

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

3.3.3.5.1.1. Resumen estadístico de la biodegradabilidad en condición ambiente

Tabla 28-3: Resumen estadístico para biodegradabilidad ambiente

TRATAMIENTOS	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango	Sesgo Estandarizado
TP1	4	8,985	1,222	13,608%	7,230	9,860	2,630	-1,260
TP2	4	8,575	1,407	16,411%	7,080	10,250	3,170	0,218
TP3	4	7,455	2,462	33,029%	3,980	9,790	5,810	-1,051
TP4	4	7,790	0,714	9,177%	7,200	8,830	1,630	1,333
Total	16	8,201	1,550	18,907%	3,980	10,250	6,270	-1,877

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

Se evidencia una diferencia de más de 3 a 1 entre la desviación estándar más pequeña y la más grande.

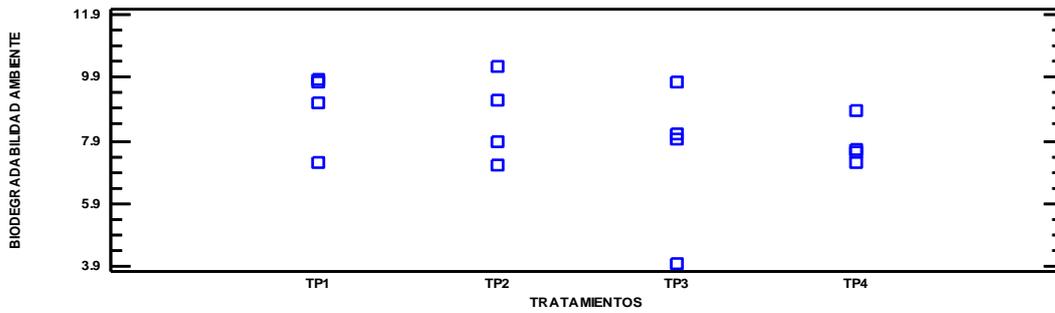


Figura 4-3: Dispersión por código de nivel para biodegradabilidad ambiente

Fuente: Statgraphics 18, 2021.

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

El TP2 presenta mayor dispersión entre tratamientos según como lo indica la figura anterior.

Tabla 29-3: ANOVA para biodegradabilidad ambiente% por tratamientos

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	5,919	3	1,973	0,790	0,524
Intra grupos	30,148	12	2,512		
Total (Corr.)	36,068	15			

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

En este caso se encontró una razón-F igual a 0,785, como el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, se puede decir que, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de BIODEGRADABILIDAD AMBIENTE entre un nivel de TRATAMIENTOS y otro, con un nivel del 95% de confianza (Statgraphics 18, 2021).

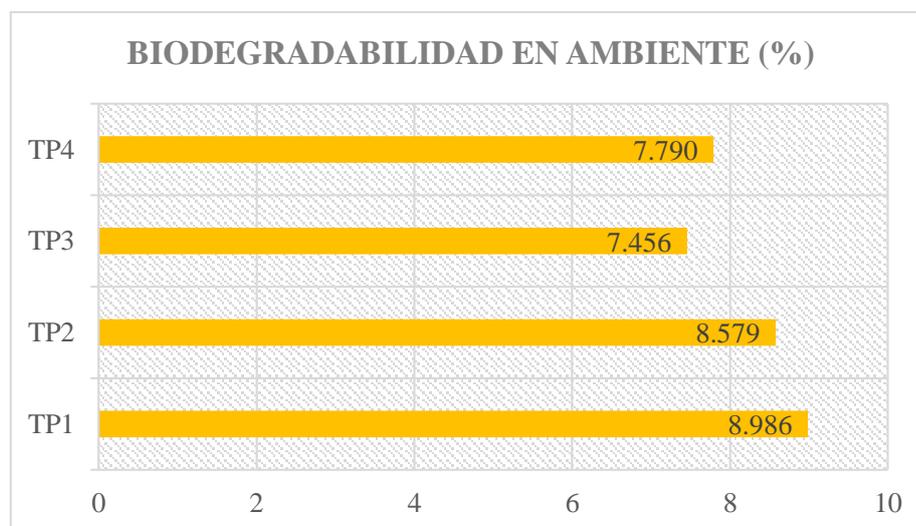


Gráfico 5-3: Biodegradabilidad en condición ambiente

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

Se observó que a menor contenido de almidón, la película bioplástica poseerá una mayor biodegradabilidad, sin embargo, cuando la concentración de plastificante es menor a la cantidad del almidón, la biodegradabilidad suele aumentar. Aunque los resultados no varían significativamente, los tratamientos que presenta mayor biodegradabilidad son el TP1 con 2 g de almidón y 3 g de plastificante y el TP2 con 2 g de almidón y 4 g de plastificante.

Tabla 30-3: Porcentaje de degradación por tratamientos en intervalos de 3 días (ambiente)

TRATAMIENTO	UNIDAD	DÍA										
		0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
TP1	%	0,000	0,271	0,155	0,155	0,622	1,095	0,949	1,438	1,459	1,480	1,711
TP2		0,000	0,483	2,392	0,613	1,079	1,246	0,946	1,115	0,322	0,323	0,365
TP3		0,000	0,552	2,060	2,265	0,828	1,002	0,169	0,338	0,169	0,170	0,170
TP4		0,000	0,487	0,753	2,428	0,778	0,627	0,789	0,636	0,800	0,484	0,324

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

La tabla 30-3 muestra que los tratamientos poseen una degradación lenta, ya que, no superan el 3% de pérdida de peso.

3.3.3.5.2. Biodegradabilidad del bioplástico en condiciones suelo

Tabla 31-3: Resultados de la biodegradabilidad en condición suelo

Tratamiento	Repeticiones	Biodegradabilidad %
TP1	R1	27,310
	R2	46,770
	R3	38,150
	R4	33,510
TP2	R1	33,130
	R2	45,590
	R3	27,100
	R4	48,090
TP3	R1	56,580
	R2	31,050
	R3	46,980
	R4	30,700
TP4	R1	49,290
	R2	39,950
	R3	46,980
	R4	44,650

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

3.3.3.5.2.1. Resumen estadístico de la biodegradabilidad en condición ambiente

Tabla 32-3: Resumen estadístico para biodegradabilidad suelo%

TRATAMIENTOS	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango	Sesgo Estandarizado
TP1	4	36,435	8,197	22,497%	27,310	46,770	19,460	0,320
TP2	4	38,477	10,017	26,033%	27,100	48,090	20,990	-0,204
TP3	4	41,327	12,690	30,707%	30,700	56,580	25,880	0,384
TP4	4	45,217	3,990	8,824%	39,950	49,290	9,340	-0,628
Total	16	40,364	8,971	22,227%	27,100	56,580	29,480	-0,082

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

Se puede apreciar una diferencia de más de 3 a 1 entre la desviación estándar más pequeña y la más grande.

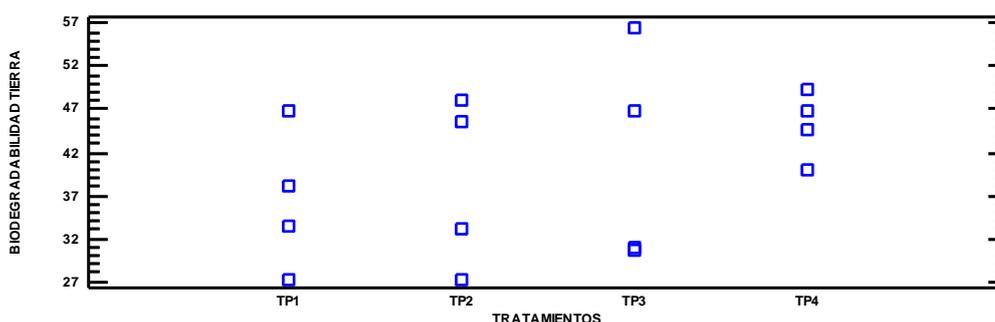


Figura 5-3: Dispersión por código de nivel la biodegradabilidad suelo

Fuente: Statgraphics 18, 2021.

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

Tabla 33-3: ANOVA para biodegradabilidad suelo por tratamientos

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	173,923	3	57,974	0,673	0,584
Intra grupos	1033,530	12	86,127		
Total (Corr.)	1207,450	15			

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

Se encontró una razón-F, de 0,673124, como el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, se indica que, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de BIODEGRADABILIDAD SUELO entre un nivel de TRATAMIENTOS y otro, con un nivel del 95% de confianza (Statgraphics 18, 2021).

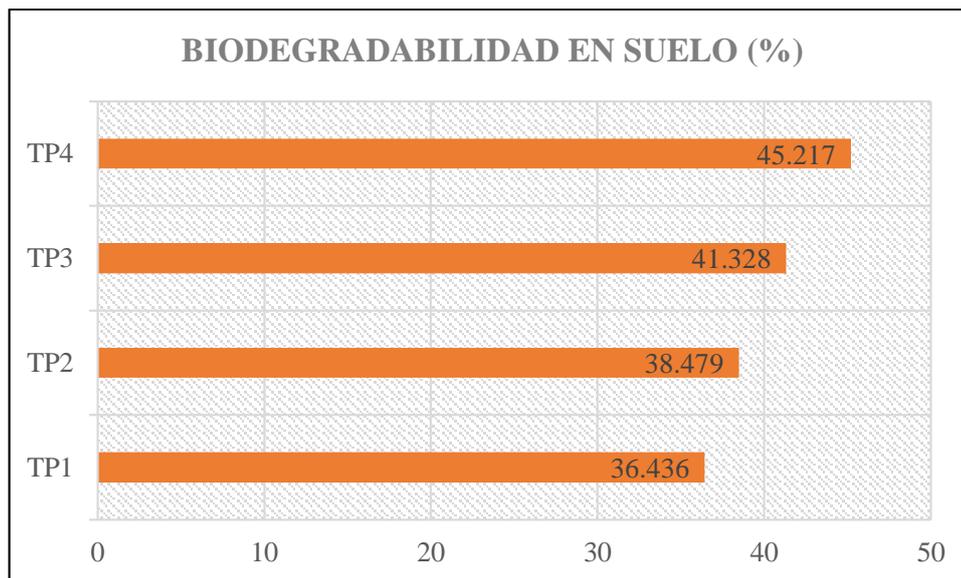


Gráfico 6-3: Biodegradabilidad en condición suelo

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021

Se analizó la gráfica 6-3, y se observa que tanto el almidón como el plastificante tienen relación directamente proporcional a la biodegradación en suelo, es decir, al aumentar la concentración de las variables dependientes, aumentará también la biodegradabilidad en suelo. Además de ello, la adición de plastificante influye en la velocidad de degradación, haciendo que esta se torne lenta, aumentando el tiempo de vida. Como resultado, el tratamiento que generó mayor biodegradabilidad en esta condición fue el TP4 con 4 g de almidón y 4 gr de plastificante.

Tabla 34-3: Porcentaje de degradación por tratamientos en intervalos de 3 días (suelo)

TRATAMIENTO	UNIDAD	DÍA										
		0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
TP1	%	0,000	3,221	1,238	9,404	5,536	12,821	2,101	3,004	3,097	2,740	1,761
TP2		0,000	1,183	3,944	4,692	6,462	3,947	3,425	6,738	8,365	7,054	2,679
TP3		0,000	5,754	9,241	8,000	3,162	3,265	6,751	8,145	1,478	2,000	3,061
TP4		0,000	4,305	5,310	4,984	6,557	14,035	8,163	5,333	3,286	2,913	2,378

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

Con relación a la tabla 34-3, se observa la lenta degradación de los tratamientos en condiciones de suelo, se determina que el tratamiento que alcanzó el porcentaje más alto de degradación es el TP4 con 14,035% durante el día 15.

3.3.3.5.3. Biodegradabilidad del bioplástico en condiciones de agua

Tabla 35-3: Resultados de la biodegradabilidad en condición agua

Tratamiento	Repeticiones	Biodegradabilidad %
TP1	R1	60,580
	R2	72,795
	R3	59,925
	R4	60,402
TP2	R1	42,009
	R2	68,224
	R3	54,753
	R4	75,731
TP3	R1	67,198
	R2	44,980
	R3	69,122
	R4	87,352
TP4	R1	59,831
	R2	57,447
	R3	71,809
	R4	81,208

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

3.3.3.5.3.1. Resumen estadístico de la biodegradabilidad en condición agua

Tabla 36-3: Resumen estadístico para biodegradabilidad (agua)

TRATAMIENTOS	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango	Sesgo Estandarizado
TP1	4	63,425	6,252	9,857%	59,925	72,795	12,870	1,623
TP2	4	60,179	14,901	24,762%	42,009	75,731	33,722	-0,308
TP3	4	67,163	17,354	25,839%	44,980	87,352	42,372	-0,279
TP4	4	67,573	11,050	16,353%	57,447	81,208	23,761	0,446
Total	16	64,585	12,106	18,7455%	42,009	87,352	45,343	-0,128

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

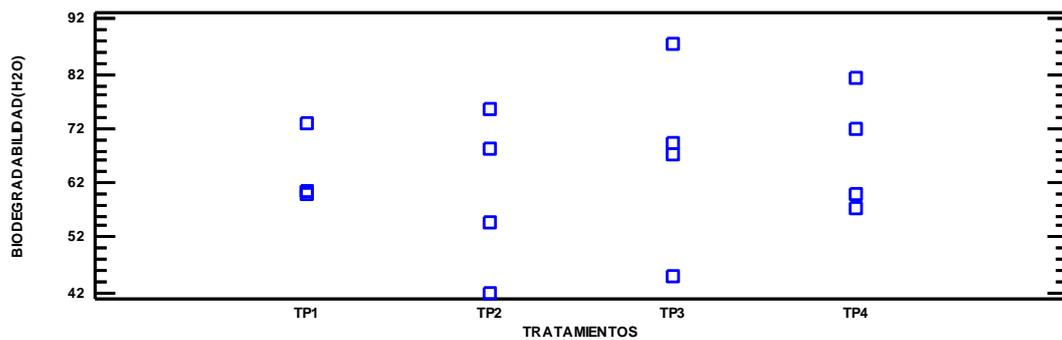


Figura 6-3: Dispersión por código de nivel para biodegradabilidad agua

Fuente: Statgraphics 18, 2021.

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

Tabla 37-3: ANOVA para biodegradabilidad en agua por tratamientos

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	145,335	3	48,445	0,283	0,836
Intra grupos	2053,310	12	171,109		
Total (Corr.)	2198,640	15			

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

La razón-F, en este caso es igual a 0,283, y el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de BIODEGRADABILIDAD (AGUA) entre un nivel de TRATAMIENTOS y otro, con un nivel del 95% de confianza. (Statgraphics 18, 2021).

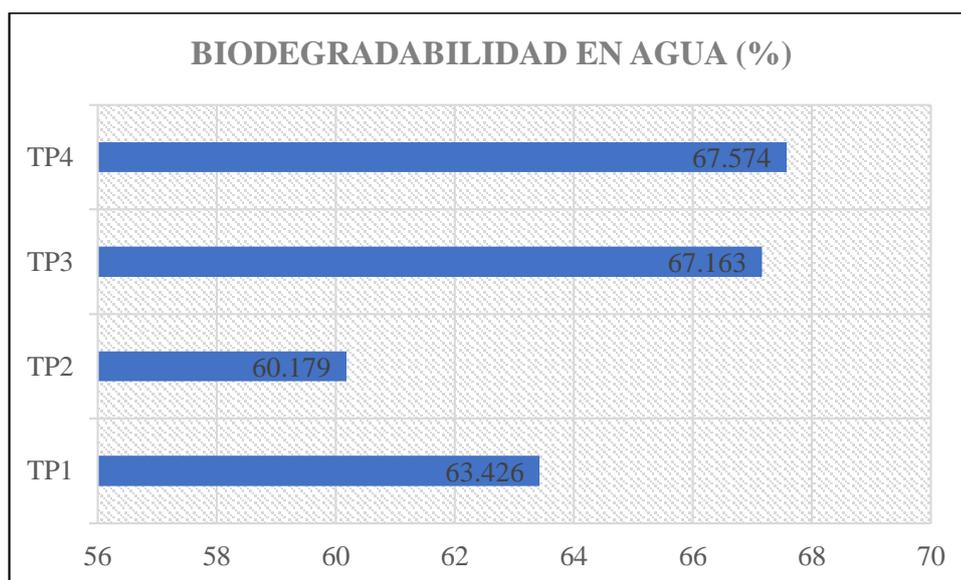


Gráfico 7-3: Biodegradabilidad en condición agua

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

Se examinó la influencia de las variables, se denota que a medida que aumenta la cantidad de almidón, también aumenta la biodegradabilidad, mientras que, el plastificante debe ser el doble de la concentración del almidón para reducir notablemente la variable respuesta. Cuando existe mayor biodegradabilidad la película se vuelve más compostable, teniendo una velocidad de degradación mayor que otros componentes como madera, etc., no obstante, la cantidad de plastificante influye en dicha velocidad, aumentando o disminuyendo el tiempo de vida útil del bioplástico. Se evidencio una notable biodegradación de las películas, el tratamiento TP4 con 4 g de almidón y 4 g de plastificante presentó una pérdida de peso del 67,57%.

Tabla 38-3: Porcentaje de degradación por tratamientos en intervalos de 3 días (agua)

TRATAMIENTO	UNIDAD	DÍA										
		0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
TP1	%	0,000	6,969	6,397	9,712	3,586	3,306	12,821	14,706	12,069	11,111	14,154
TP2		0,000	7,054	7,570	8,190	7,981	8,673	11,732	8,861	9,028	9,160	14,706
TP3		0,000	5,710	5,776	3,065	1,581	4,016	17,155	21,212	15,385	9,091	20,208
TP4		0,000	4,506	4,636	4,514	5,091	2,299	12,549	13,004	11,856	16,374	29,196

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

La tabla 38-3 revela una mayor degradación en comparación a las condiciones de suelo y ambiente, los tratamientos alcanzan una descomposición hasta del 14,154%, 14,706%, 20,208% y 29,196% en TP1, TP2, TP3 y TP4 respectivamente.

3.3.3.6. Resultados del ensayo de tracción de las películas bioplásticas

Tabla 39-3: Parámetros de tracción en otras investigaciones similares

Bioplástico	Autor	(%) Amilosa	Tensión Máxima (MPa)	(%) de Elongación
Almidón de cascara de papa	Arroyo y Alarcón, 2014	20,88	2,66-12,36	16,41-65,64
Almidón de semillas de Yaca	Amorim, 2015	26,45	3,24	19,03

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

Tabla 40-3: Resultados de tracción de las películas bioplásticas

Muestra	Módulo de elasticidad	Esfuerzo Máximo (MPa)	(%) de Elongación	Esfuerzo de fluencia (MPa)	Resistencia a la tensión (MPa)
TP1	2,132	0,47	28,64	0,27	46,908
TP2	3,446	0,83	32,44	0,45	82,982
TP3	1,186	0,10	8,04	0,06	9,717
TP4	0,4473	0,012	6,94	0,011	1,224

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

Después de realizar el ensayo de tracción se analizó que el tratamiento TP2 presenta mejores propiedades mecánicas con un módulo de elasticidad de 3,446 y un % de elongación del 32,44, estos valores son superiores a los detallados por bibliografía de Amorim (2015) en su trabajo de titulación “Desenvolvimento e caracterização de bioplásticos a base de amido de jaca com incorporaçao de lisozima” debido a que los porcentajes de amilosa son mayores, 38,03% para las semillas de yaca y 32,56% para las semillas de aguacate, lo que permitió mejorar la calidad del

almidón y con ello, las propiedades mecánicas del bioplástico como en elasticidad y la resistencia a la tensión.

Según la norma ASTM D-638: Método de prueba para las propiedades de tracción de los plásticos, establece una resistencia a la tensión en un rango entre el 14 a 140 MPa (Acosta et al, 2018), comparando con los resultados obtenidos se tiene que el TP1 Y TP2 se encuentran dentro de lo establecido con valores de 46,908 MPa y 82,982 MPa, presentando una buena resistencia con relación a los plásticos convencionales tanto el tratamiento TP1 Y TP2 se encuentran aptos para ser aplicados en la industria alimentaria como empaques y recubrimientos.

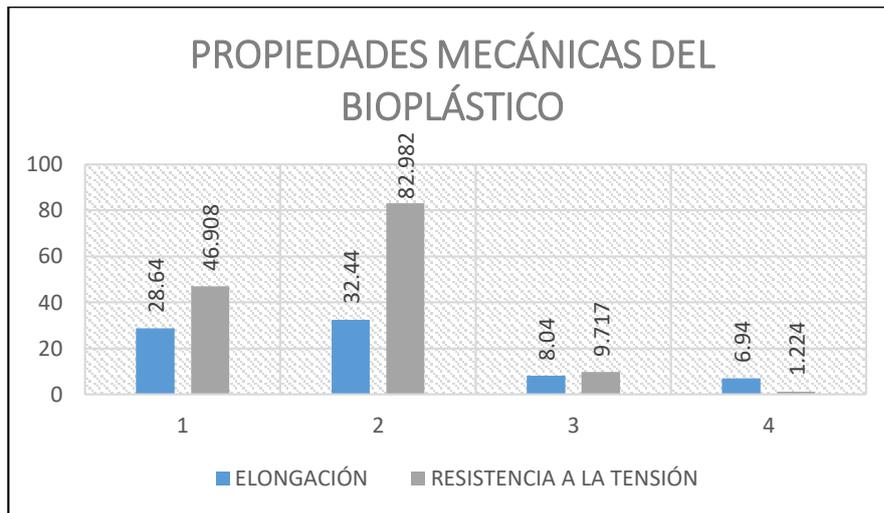


Gráfico 8-3: Propiedades mecánicas de las películas bioplásticas

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

Arroyo y Alarcón (2014) presentan límites de referencia al esfuerzo máximo de 2,66-12,36 MPa y el % de elongación de 16,41% -65,64%, Guamán (2019) relata valores de 6-14,58 MPa para esfuerzo máximo y 20,62% - 24,63% de elongación, la presente investigación se obtuvo que T2 fue la película que presentó mejores propiedades de tracción con esfuerzo máximo de 0,83 MPa y 32,44% de elongación, elaborado bajo la norma INEN 2637, dando que el valor de esfuerzo máximo es menor que los encontrados en bibliografía, mientras que el % de elongación mantiene relación con los datos hallados, concluyendo que la glicerina, mejora las propiedades mecánicas de los bioplásticos, además de ello su adición influye en la flexibilidad y humedad de las películas ya que está directamente relacionada con ella, mientras más alto sea el contenido de glicerina, existirá mayor deformación unitaria del bioplástico, por otro lado el ácido acético también influye, a menor concentración de este compuesto, se generara mayor resistencia, su elevado contenido hace que el bioplástico se torne quebradizo.

3.4. Prueba de hipótesis

3.4.1. Hipótesis 1

Mediante la aplicación del método seco para la extracción de almidón semillas de yaca y semillas de aguacate Hass, es posible formular bioplásticos con propiedades óptimas para embalaje de alimentos.

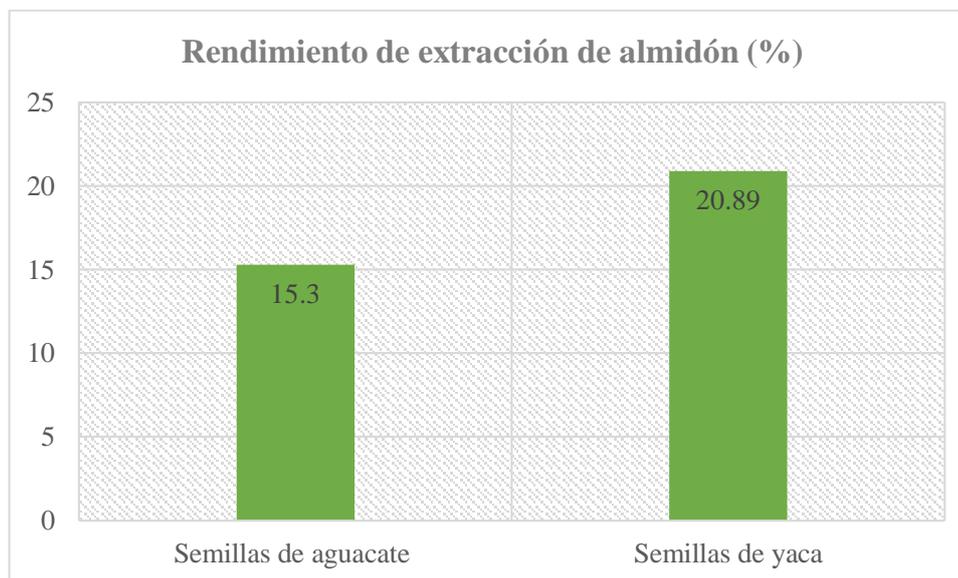


Gráfico 9-3. Rendimientos de extracción de almidón

Realizado por: Armijos, Andrea, 2021.

El gráfico 9-3 representa el rendimiento global de la extracción de almidón de las semillas de aguacate y yaca, se procedió a realizar la extracción de cuatro tratamientos con cuatro repeticiones, en cada tratamiento se añadió 500 mL de agua a 250 g de semillas, posteriormente, se licuo por un lapso de 60 s a 1 rpm, lo mismo se hizo para el resto de tratamientos de acuerdo a las características específicas, luego se filtró, sedimentó, secó, pesó, por lo que, se realizó el cálculo de obtención de rendimiento, en el caso del almidón de semillas de aguacate su valor de 20,044% es bajo en comparación a otros estudios, como Mantilla et al (2018) que obtuvieron 31,76%, sin embargo, sigue siendo un dato representativo con el que, si se puede trabajar como materia prima, por otra parte, el bajo rendimiento de 6,398% en el caso de semillas de yaca, autor como Amorim (2015) arroja un rendimiento del 84,68% a otra especie similar *Artocarpus altilis* y Villaseñor (2015) reportó 56,43%, con lo que, se deduce que la afección de este resultado proviene de las condiciones de trabajo, puesto que, en el proceso existió pérdida de almidón especialmente durante la molienda y tamizado.

3.4.2. Hipótesis 2

El contenido de amilosa es el más óptimo para la obtención y formulación del bioplástico

Tanto como el almidón a base de semillas yaca y aguacate presentan alto contenido de amilosa 38,03% y 32,56% respectivamente, estos valores son mayores a los encontrados en otra investigación, Guamán (2019) donde describe el contenido de amilosa en materia prima como maíz 25,75 %, mandioca 17,83%, papa 20,80%, trigo 25,75, etc., lo que es favorable ya que a mayor contenido de amilosa las propiedades mejoran como la gelatinización, textura, solubilidad, resistencia, entre otras, (FAO, 1998) convirtiéndose en un componente ideal para la fabricación de bioplásticos.

3.4.3. Hipótesis 3

Las combinaciones tanto de almidón como aditivos son los adecuados para la obtención del bioplástico

Para la aplicación de almidón extraído en la formulación de películas bioplásticas se realizó pruebas como pH, humedad, ceniza, punto de gelatinización, índice de solubilidad, proteína, fibra además de Coliformes totales y fecales, mohos y levaduras ya que el bioplástico tiene aplicación de recubrimiento de alimentos, como aditivos se utilizó glicerina como plastificante, consiguiendo mejorar las propiedades físico-mecánicas y ácido acético que reduce la naturaleza hidrofílica del almidón (Rosales 2016; citado en Guamán 2019). Las características del bioplástico obtenido fueron: resistencia al tacto, homogeneidad, transparencia, estabilidad, fácil moldeo, flexibilidad, resistencia a la tensión, elongación, entre otras. Acosta et al (2018) obtuvo en su investigación un bioplástico a base de papa con similares características al obtenido en la presente investigación menciona que el bioplástico presentó resistencia, firmeza y de buen aspecto cuando en la mezcla se adiciona mayor cantidad de agua y menor cantidad almidón (Acosta et al., 2018).

CONCLUSIONES

- Con el tratamiento T1 se obtuvo un 20,89% y 15,3% en el rendimiento extracción de almidón de semillas de yaca y semillas de aguacate Hass.
- La caracterización determinó los parámetros más destacados, como pH 6,71 y 5,56; contenido de amilosa 38,03% y 32,56% % y temperaturas de gelatinización de 76°C y 88°C, del almidón extraído de semillas de yaca y semillas de aguacate Hass, respectivamente.
- La formulación óptima del bioplástico, se realizó con el tratamiento TP2 con 1 g de almidón de semillas de yaca, 1 g de almidón de semillas de aguacate, 3 g de plastificante, 40 mL de solvente y 4 mL de ácido acético.
- El tratamiento TP2 presentó una humedad de 35,742%, solubilidad 22,319%, permeabilidad $4,132E-04 \frac{mm \cdot g}{m^2 \cdot h}$, biodegradabilidad 8,58%, 38,48% y 60,179% en condiciones de ambiente, suelo y agua, respectivamente. En cuanto a las propiedades mecánicas presentó una resistencia a la tensión de 82,98 MPa y módulo de elongación de 32,44%, concluyendo que el bioplástico obtenido presenta condiciones apropiadas para el recubrimiento de alimentos.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda aumentar el tiempo de secado en la extracción de semillas de yaca, ya que al presentar un elevado porcentaje de humedad ocasiona la proliferación de microorganismos.
- Tamizar el almidón extraído, homogenizando el diámetro de partícula de la muestra para evitar anomalías en la elaboración de la película bioplástica.
- Realizar formulaciones con diferentes tipos de plastificantes, de tal manera que se puedan observar la influencia de los mismos en las películas comparando las propiedades de tracción resultantes.

BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA, J., GOMAJOA, H., BENAVIDES, Y., CHARFUECLAN, A., & VALENZUELA, F. “Evaluación del almidón de papa (*Solanum tuberosum*) en la obtención de bioplástico”. *Bionatura Conference Series* [en línea]. 2018, (Perú), 1(1). [Consulta: 23 enero de 2021], ISSN 1810-634X. Disponible en: <http://revistabionatura.com/cs-2018.01.01.2.html>

ALVES, I., COELHO, L., JOSÉ, L., ALMEIDA, A., KARDEC, A., FILHO, D.B. & AMORIM, A. “Elaboration and characterization of biopolymer films with alginate and babassu coconut mesocarp”. *Carbohydrate Polymers*, [en línea]. 2019, (Brasil), 234(), pp.115747. [Consulta: 15 febrero de 2021], ISSN 0144-8617. Disponible en: [10.1016/j.carbpol.2019.115747](https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.115747)

AMORIM SANTOS, Taline. Desarrollo y caracterización de bioplásticos basados de almidón de jaca con incorporación de lisozima. [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad estatal del suroeste de Bahía – UESB, Bahía, Brasil. 2015. pp.30-54. [Consulta: 2021-03-05]. Disponible en: https://hugepdf.com/download/desenvolvimento-e-caracterizaao-de-bioplasticos-a-base-de-5b0b793784bd2_pdf

ANAYA, L., GONZÁLEZ, G., DOMÍNGUEZ, J., OLMOS, J., PÉREZ, A. & MONTALVO, E. “Effects of Minimal Processing Technologies on Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) Quality Parameters”. *Food and Bioprocess Technology* [en línea]. 2018, (México), 11(9), pp. 1761-1774. [Consulta: 16 febrero de 2021], ISSN 19355149. Disponible en: [10.1007/s11947-018-2136-z](https://doi.org/10.1007/s11947-018-2136-z)

ANTICONA CABELLOS, Gerson Jahir & TORRES DIAZ, Luis Bernabé. Efecto de la concentración de almidón de almendra de mango criollo (*Mangifera indica* L.) en la obtención de películas. [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú, 2020. [Consulta: 2021-06-23]. Disponible en: https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/8715/Anticon%C3%A1_Cabellos_Gerson_Jahir_y_Torres_Diaz_Luis_Bernab%C3%A9.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ARISTIZÁBAL, J. & SÁNCHEZ, T. “Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca”. *Fao* [en línea]. 2007, (Roma), 163(), pp. 134. [Consulta: 6 febrero de 2021], ISSN 1944-8244. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a1028s/a1028s00.htm>

AZIZUR, M., NAHAR, N., JABBAR MIAN, A. & MOSIHUZZAMAN, M. “Variation of carbohydrate composition of two forms of fruit from jack tree (*Artocarpus heterophyllus* L.) with maturity and climatic conditions”. *Food Chemistry* [en línea]. 1999. (Bangladesh), 65(1), pp. 91-97. [Consulta: 12 febrero de 2021], ISSN 03088146. Disponible en: 10.1016/S0308-8146(98)00175-7

ÁVILA RODRÍGUEZ, Frank Alexander, & GUERRERO LÓPEZ, Karen Bibiana. Obtención de un conservante natural a partir de la semilla de aguacate variedad Hass (*Persea Americana* Mill.). [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Fundación Universidad De América, Bogotá, Colombia, 2019. [Consulta: 2021-03-11]. Disponible en: <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7627/1/6112706-2019-2-IQ.pdf>

BALAN, Geane Cristiane. Propriedades de Sorção de Filmes a Base de Amido de Mandioca, Gelatina, Pbat e Óleo Essencial. [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad Tecnológica Federal De Paraná. Brasil, 2013. pp. 13-41 [Consulta: 2021-03-11]. Disponible en: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/12429/2/LD_COALM_2013_1_05.pdf

BRITO, HANNIBAL. *Texto Básico de Operaciones Unitarias I* [en línea]. 2000. [Consulta: 9 marzo de 2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/313673724_Texto_Basico_de_Operaciones_Unitarias_I

BRITO, HANNIBAL. *Texto Básico de Operaciones Unitarias II* [en línea]. 2001. [Consulta: 12 marzo de 2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/315778840_Texto_Basico_Operaciones_Unitarias_II

BRITO, HANNIBAL. *Texto Básico de Operaciones Unitarias II* [en línea]. 2001. [Consulta: 12 marzo de 2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/313673664_TEXTO_BASICCO_DE_OPERACIONES_UNITARIAS_III

CAMACHO ELIZONDO, Melissa; VEGA BAUDRIT, José & CAMPOS GALLO, Allan. “Uso de nanomateriales en polímeros para la obtención de bioempaques en aplicaciones alimentarias”. *Rev. Soc. Quím. Perú* [en línea]. 2011, (Perú), 77(4), pp.292-306. [Consulta: 17 enero de 2021], ISSN 1810-634X. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2011000400007&lng=es&nrm=iso

CHAPUEL TARAPUEZ, Andrea Yesenia, & REYES SUÁREZ, Jetzy Xiomara. Obtención de una película biodegradable a partir de los almidones de la semilla de aguacate (*Persea americana Mill*) y banano (*Musa acuminata AAA*) para el recubrimiento de papaya [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador. 2019. pp.55-105. [Consulta: 2021-02-05]. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/39933/1/401-1355%20-%20Obtenc%20pelicula%20biodegradable%20partir%20almidones%20semilla%20de%20aguacate.pdf>

CHARIGUAMÁN CHANATASIG, Jimmy Alcides. Caracterización de bioplástico de almidón elaborado por el método de casting reforzado con albedo de maracuyá (*Passiflora edulis spp.*) [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Zamorano, Honduras. 2015. pp.15-51. [Consulta: 2021-02-15]. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/4560/1/AGI-2015-014.pdf>

CHARRO ESPINOSA, Mónica Margarita. Obtención de plástico biodegradable a partir de almidón de patata. [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador. 2015. pp.29-69. [Consulta: 2021-03-05]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec:8080/bitstream/25000/3788/1/T-UCE-0017-97.pdf>

CORAL TORRES, Valeria Lizette. Determinación proximal de los principales componentes nutricionales de siete alimentos: yuca, zanahoria amarilla, zanahoria blanca, chocho, avena laminada, harina de maíz y harina de trigo integral [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Pontificia Universidad Católica Del Ecuador, Quito, Ecuador. 2014. pp.53-115. [Consulta: 2021-02-25]. Disponible en: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/8924/Determinaci%20c3%b3n%20proximal%20de%20los%20principales%20componentes%20nutricionales%20de%20siete%20alimentos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CUSME RIVAS, Karina Elizabeth & GÓMEZ SALVADOR, Ana Sofía. Porcentajes de almidones con adición de plastificantes naturales en la elaboración de un recubrimiento. [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Escuela Superior Politécnica Agropecuaria De Manabí, Calceta, Ecuador. 2019. pp.1-58. [Consulta: 2021-06-23]. Disponible en: <http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1062/1/TTMAI8.pdf>

DE LOS ÁNGELES ROSALES, Abigail. Obtención de biopolímero plástico a partir del almidón de malanga (*Colocasia esculenta*), por el método de polimerización por condensación en el laboratorio 110 de la UNAN-Managua. [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua, Nicaragua. 2016. pp.7-40. [Consulta: 2021-06-24]. Disponible en: <https://repositorio.unan.edu.ni/2687/1/28212.pdf>

DUTTA, H., PAUL, S., KALITA, D., & MAHANTA, C. “Effect of acid concentration and treatment time on acid–alcohol modified jackfruit seed starch properties”. *Food Chemistry* [En línea], 2011, (India), 128(2), pp. 284-291. [Consulta: 12 marzo de 2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/215562022_Effect_of_acid_concentration_and_treatment_time_on_acid-alcohol_modified_jackfruit_seed_starch_properties

FAO. Los almidones tropicales no llegan al mercado. [En línea]. 1998. [Consulta: 12 marzo de 2021]. Disponible en: <http://www.fao.org/ag/esp/revista/9809/spot3.htm>

GALDEANO, Melisa Cintia. Filmes e laminados biodegradáveis de amido de aveia com diferentes plastificantes, produzidos por casting e extrusão. [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad Estatal de Londrina. Brasil, 2007. pp. 22-148 [Consulta: 2021-03-11]. Disponible en: https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UEL_cfdb76855466935271c515d8ec294a3c

GUAMÁN BRAVO, Jenny Marcela Obtención de plásticos biodegradables a partir de almidón de cascara de papa para su aplicación industrial. [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2019. pp.26-54. [Consulta: 2021-03-05]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/11069/1/96T00540.pdf>

HEINRICHS, S. *O nos divorciamos del plástico, o nos olvidamos del planeta.* [en línea]. [Consulta: 14 enero de 2021]. Disponible en: <https://news.un.org/es/story/2018/06/1435111>

HENRIQUE, C., CEREDA, M., & SARMENTO, S. “Características físicas de filmes biodegradáveis produzidos a partir de amidos modificados de mandioca”. *Food Science and Technology* [En línea]. 2008, (Brasil), 28(1), pp. 231-240. [Consulta: 01 marzo de 2021]. Disponible en: <https://www.scielo.br/pdf/cta/v28n1/32.pdf>

HU, B. “Biopolymer-based lightweight materials for packaging applications”. *ACS Symposium Series* [en línea]. 2014, (Estados Unidos), 1175(), pp. 239-255. [Consulta: 14 enero de 2021]. ISSN 19475918. Disponible en: DOI 10.1021/bk-2014-1175.ch013.

JOGI, K., & BHAT, R. “Valorization of food processing wastes and by-products for bioplastic production”. *Sustainable Chemistry and Pharmacy* [en línea]. 2020, (Estonia), 18, p. 100326. [Consulta: 22 enero de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scp.2020.100326>

KITTIPONGPATANA, O., & KITTIPONGPATANA, N. “Preparation and physicochemical properties of modified jackfruit starches”. *LWT-Food Science and Technology* [en línea], 2011. (Tailandia), 44(8), pp. 1766- 1773. (2011). [Consulta: 23 febrero de 2021]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643811001101?via%3Dihub>

LI, C., HU, Y., HUANG, T., GONG, B. & YU, W. A combined action of amylose and amylopectin fine molecular structures in determining the starch pasting and retrogradation property. *International Journal of Biological Macromolecules* [en línea], 2020, (), 164(), pp. 2717-2725. [Consulta: 18 enero de 2021]. ISSN 18790003. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.08.123>.

LÍDERES. *La industria del plástico se mueve al ritmo de unas 600 empresas* [en línea]. [Consulta: 15 enero de 2021]. Disponible en: <https://www.revistalideres.ec/lideres/industria-plastico-inversion-innovacion-ritmo.html>

MANTILLA ROLDAN, Jessica Mileni & ZABALA AGREDA, July Michel. Extracción y caracterización de las semillas de *Persea americana* Mill. (Palta) Var. Fuerte, Hass y Criolla. [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú. 2018. pp.13-35. [Consulta: 2021-02-25]. Disponible en: <https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/11329/Mantilla%20Roldan%20Jessica%20Mileni.pdf?sequence=1>

MADRUGA, M., DE ALBUQUERQUE, F., SILVA, I., DO AMARAL, D., MAGNANI, M., QUEIROGA, V. “Chemical, morphological and functional properties of Brazilian jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* L.) seeds starch”. *Food chemistry*, [en línea], 2014, (Brasil), 143(), pp. 440-445. [Consulta: 27 febrero de 2021]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24054264/>

MEZA, P., LAWRENCE, U., & MEZA V. “Elaboración de bioplásticos y determinación de su biodegradabilidad” *Rev. del Instituto de Investigación FIGMMG-UNMSM* [en línea]. 2019, (Perú), 22(43), pp.67-80. [Consulta: 20 enero de 2021], ISSN-L: 1561-0888. Disponible en: <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/16691>

MONGBAY, L. *Océanos: plásticos y basura marina acaban con la diversidad* [en línea]. [Consulta: 14 enero de 2021]. Disponible en: <https://es.mongabay.com/2019/08/oceanos-plasticos-y-basura-marina-acaban-con-la-diversidad/>

MÜLLER OLIVIERA, María Carmen. Estudio dos processos de transferência de massa e propriedades mecânicas de biofilmes de amido de mandioca reforçados com fibras de celulose.. [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad Estatal de Londrina. Brasil, 2007. pp. 42-115 [Consulta: 2021-03-11]. Disponible en: [://www.bibliotecadigital.uel.br/document/?code=vtls000126500](http://www.bibliotecadigital.uel.br/document/?code=vtls000126500)

SAMANIEGO, J. *Biopolímeros: una alternativa a los plásticos derivados del petróleo* [en línea]. [Consulta: 16 enero de 2021]. Disponible en: <https://culturacientifica.utpl.edu.ec/2019/04/biopolimeros-una-alternativa-a-los-plasticos-derivados-del-petroleo/>

ONG, B., NAZIMAH, S., OSMAN, A., QUEK, S., VOON, Y., HASHIM, D., CHEW, P. & KONG, Y. “Chemical and flavour changes in jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) cultivar J3 during ripening”. *Postharvest Biology and Technology* [en línea], 2006, (Malasia), 40(3), pp. 279-286. [Consulta: 16 enero de 2021]. ISSN 09255214. Disponible en: 10.1016/j.postharvbio.2006.01.015

PALOU, N. *10 productos que debes reemplazar para ser más sostenible en tu día a día.* La Vanguardia [en línea]. [Consulta: 14 enero de 2021]. Disponible en: <https://www.lavanguardia.com/comprar/20190610/462766082543/plasticos-reemplazar-productos-alternativas-sostenibles-reutilizables-biodegradables.html>

PARRA PÉREZ, Joselyne Brigitte. Obtención de biofilm a partir del almidón de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) y de camote (*Ipomoea batatas*) como alternativa al uso de material plástico derivado de petróleo. [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2019. pp.21-65. [Consulta: 2021-02-20]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/13808/1/96T00573.pdf>

PEREIRA MOTA, Rejane Dias. Elaboração e caracterização de filmes biodegradáveis através de blenda polimérica de amido de lírio do brejo (*Hedychium coronarium*) e de amido de fruto-lobo (*Solanum lycocarpum* st. Hill). [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad Estatal De Goiás. Brasil, 2009. pp. 13-82 [Consulta: 2021-03-11]. Disponible en: <https://docplayer.com.br/20785661-Universidade-estadual-de-goias-unidade-universitaria-de-ciencias-exatas-e-tecnologicas-programa-de-pos-graduacao-em-ciencias-moleculares.html>

PRIYATHARISHINI, M. & MOKHTAR, N. “Proceedings Performance of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) peel coagulant in turbidity reduction under different pH of wastewater”. *Materials Today: Proceedings* [en línea], 2020. [Consulta: 19 febrero de 2021], ISSN 2214-7853. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.10.248>

QUINECHE MINAYA, Laura Teresa. Elaboración y caracterización de una película biodegradable a base de gel de aloe vera (*Aloe Barbadensis Miller*), almidón de papa Yungay y glicerol. [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad de Callao, Callao, Perú. 2018. pp.21-61. [Consulta: 2021-06-23]. Disponible en: <http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/UNAC/4491/quineche%20minaya%20fipa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

RANGANATHAN, S., DUTTA, S., MOSES, J.A. & ANANDHARAMAKRISHNAN, C. “Utilization of food waste streams for the production of biopolymers”. *Heliyon* [en línea], 2020 6(9), pp. e04891. [Consulta: 15 febrero de 2021], ISSN 24058440. DOI 10.1016/j.heliyon.2020.e04891. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04891>.

TAN, C.X., TAN, S.S. & TAN, S.T. “Influence of Geographical Origins on the Physicochemical Properties of Hass Avocado Oil”. *JAACS, Journal of the American Oil Chemists’ Society* [en línea], 2017, 94(12), pp. 1431-1437. [Consulta: 15 enero de 2021], ISSN 0003021X. Disponible en: [10.1007/s11746-017-3042-7](https://doi.org/10.1007/s11746-017-3042-7).

TONGDANG, T. “Some properties of starch extracted from three Thai aromatic fruit seeds. Starch”. *Starch* [en línea], 2008, (Tailandia) 60(), pp. 199-207. [Consulta: 25 febrero de 2021]. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/star.200800641>

VALCÁRCEL, B., RONDÁN, G. & FINARDI, F. “The physical, chemical and functional characterization of starches from andean tubers: Oca (*Oxalis tuberosa* molina), olluco (*Ullucus tuberosus* caldas) and mashua (*Tropaeolum tuberosum* ruiz & pavón)”. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences* [en línea], 2013, (Brasil), 49(3), pp. 453-464. [Consulta: 11 febrero de 2021], ISSN 19848250. Disponible en: [10.1590/S1984-82502013000300007](https://doi.org/10.1590/S1984-82502013000300007).

VALERO, M., ORTEGÓN, Y., & USCATEGUI, Y. “Biopolímeros: avances y perspectivas”. *Dyna* [en línea]. 2013, (Colombia), 80(181), pp.171-180. [Consulta: 21 febrero de 2021], ISSN 0012-7353. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v80n181/v80n181a19.pdf>

VILLALOBOS BARBOSA, Mayte Carolina. Preparación y caracterización fisicoquímica y funcional de un aislado proteínico a partir de semilla de jaca (*Artocarpus Heterophyllus*) [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad Autónoma de Nayarit, Xalisco, México 2015. [Consulta: 2021-03-16]. Disponible en: <http://dspace.uan.mx:8080/jspui/bitstream/123456789/1620/1/2015%20PREPARACION%20Y%20CARACTERIZACION%20FISICOQUIMICA%20Y%20FUNCIONAL%20DE%20UN%20AISLADO%20PROTEINICO%20A%20PARTIR%20DE%20SEMILLA%20DE%20JACA.pdf>

VILLASEÑOR ORTIZ, David Andrés. Evaluación nutricional y funcional de almidón de la fruta de pan (*Artocarpus altilis*) como potencial componente en alimentos, en la provincia de El Oro, 2015. [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Técnica de Machala, Machala, Ecuador. 2015. p. 48. [Consulta: 2021-02-28]. Disponible en: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/2884/1/CD000019-TRABAJO%20COMPLETO-pdf>

WONG, C., MUHAMMAD, S., DZULKIFLY, M., SAARI, N., & GHAZALI, H. “Enzymatic production of linear long-chain dextrin from sago (Metroxylon Sagu) starch”. *Food Chemistry* [en línea]. 2007, (Malasia), 100(), pp. 774-780, [Consulta: 11 febrero de 2021]. Disponible en: <https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.elsevier-b1040505-70e6-3ece-9896-15786c956229>

ZHANG, Y., ZUO, H., XU, F., ZHU, K., TAN, L. & DONG, W. “The digestion mechanism of jackfruit seed starch using improved extrusion cooking technology”. *Journal Pre-proof* [en línea], 2020, (China). [Consulta: 21 enero de 2021], Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106154>.

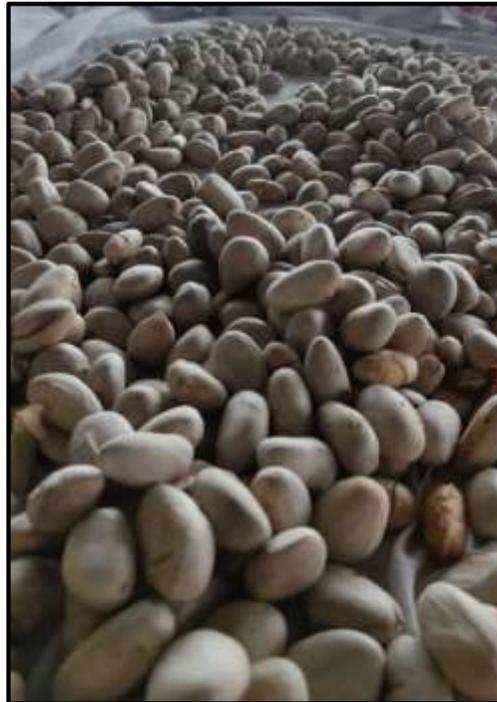
ZHANG, Y., LI, B., ZHANG, Y., XU, F., ZHU, K., LI, S., TAN, L., WU, G. & DONG, W.
“Effect of degree of polymerization of amylopectin on the gelatinization properties of jackfruit seed starch”. *Food Chemistry* [en línea], 2020, (China), 289(), pp. 152-159. [Consulta: 21 enero de 2021], ISSN 18737072. Disponible en: 10.1016/j.foodchem.2019.03.033.

ZHANG, Y., LI, B., XU, F., HE, S., ZHANG, Yanjun, SUN, L., ZHU, K., LI, S., WU, G. & TAN, L. “Jackfruit starch: Composition, structure, functional properties, modifications and applications”. *Trends in Food Science and Technology* [en línea], 2020, (China). [Consulta: 21 enero de 2021]. ISSN 09242244. Disponible en: 10.1016/j.tifs.2020.10.04

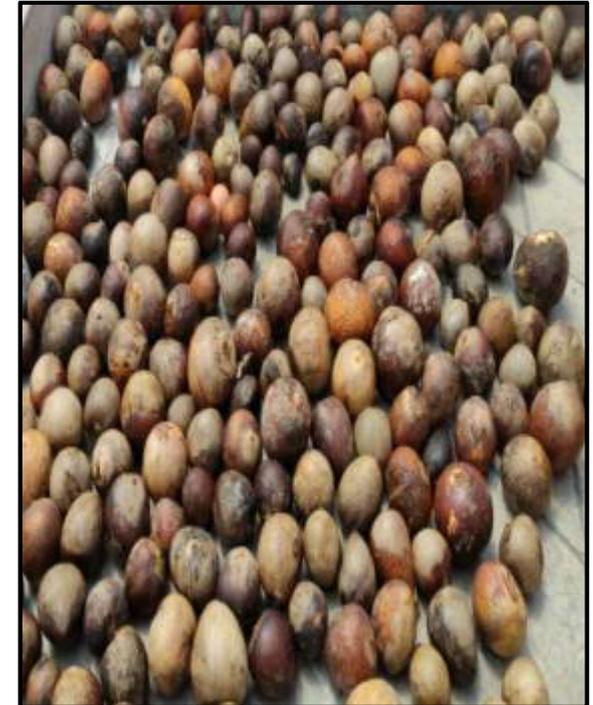
ANEXO A
SELECCIÓN DE MATERIA PRIMA



a)



b)



c)

NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Armijos Quezada Andrea Brigeth	SELECCIÓN DE MATERIA PRIMA		
a) Yuca en estado natural b) Extracción de semillas de yuca c) Extracción de semillas de aguacate	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input checked="" type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	2021/02/25

ANEXO B
EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN



a)



b)



c)

NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Armijos Quezada Andrea Brigeth	OPERACIONES UNITARIAS PARA LA EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN		
a) Acondicionamiento de las semillas b) Molienda c) Secado	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input checked="" type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			2	1:1	2021/02/25

ANEXO C

OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS ALMIDONES



a)



b)



Contactanos: 0998580174 - 032924417
 Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes Nobamba - Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS

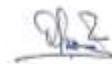
Fecha: 04 de febrero del 2021
 Análisis solicitado por: Srta. Andrea Armijos
 Tipo de muestras: Materia prima para producción de almidones
 Procedencia de la muestra: Provincia Santo Domingo

Análisis Químico
 Muestra 1: Triturado de semilla (pepa) de aguacate
 Muestra 2: Triturado de semilla (pepa) Yaca

Determinaciones	Unidades	Métodos de análisis	Muestra 1	Muestra 2
Proteína	%	AOAC 974-91	0.248	0.341
Fibra	%	Gravimétrico	0.263	0.622

Observaciones:

Abertamiento:




Dra. Gina Álvarez R.
 RESPONSABLE TÉCNICO LABORATORIO

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

c)

NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS ALMIDONES		
a) Almidón seco b) Almidón obtenido c) Caracterización del almidón	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input checked="" type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar	ELABORADO POR:	LÁMINA	ESCALA	FECHA
		Armijos Quezada Andrea Brigeth	3	1:1	2021/02/25

ANEXO D

CARACTERIZACIÓN Y CONTENIDO DE AMILOSA DEL ALMIDÓN



Contactos: (096580374 - 017504437
 Av. 13 de Noviembre y Milton Reyes Robles - Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS

Fecha: 04 de febrero del 2021
 Análisis solicitado por: Srta. Andrea Armijos
 Tipo de muestra: Materia prima para producción de almidones
 Proveniencia de la muestra: Provincia Santo Domingo

Análisis Químico

Muestra 1: Titulado de semilla (pepa) de aguacate
 Muestra 2: Titulado de semilla (pepa) Yaca

Determinaciones	Unidades	Método de análisis	Muestra 1	Muestra 2
Proteína	%	AOAC 984.01	8.248	8.301
Fibra	%	Gravimétrico	8.261	8.622

Observaciones:
 Aclaraciones:


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

a)



INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
 ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA
 DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y CALIDAD
 LABORATORIO DE SERVICIO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN EN ALIMENTOS
 Paramaribo, Sur Km. 1, Colapigua 796, 2000091-2007134, Fax 20071104
 Casilla postal 17-01-340



INFORME DE ENSAYO No: 21-051

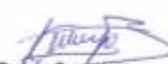
NOMBRE PETICIONARIO: Srta. Andrea Armijos
 DIRECCIÓN: Píobamba
 FECHA DE EMISIÓN: 22 de febrero de 2021
 FECHA DE ANÁLISIS: Del 4 al 22 de febrero de 2021

INSTITUCIÓN: Particular
 ATENCIÓN: Srta. Andrea Armijos
 FECHA DE RECEPCIÓN: 04-02-2021
 HORA DE RECEPCIÓN: 14:48
 ANÁLISIS SOLICITADO: Amilosa

ANÁLISIS	HUMEDAD	AMILOSA*	IDENTIFICACIÓN	
METODO	MO-LSAIA-01.01	MO-LSAIA-04		
METODO REF.	U. FLORIDA 1975			
UNIDAD	%	%		
21-0299	18.99	32.56	Almidón de semilla de aguacate	
21-0290	10.96	38.03	Almidón de semilla de yaca	

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

RESPONSABLES DEL INFORME


 Dr. Iván Sanabria
 RESPONSABLE TÉCNICO



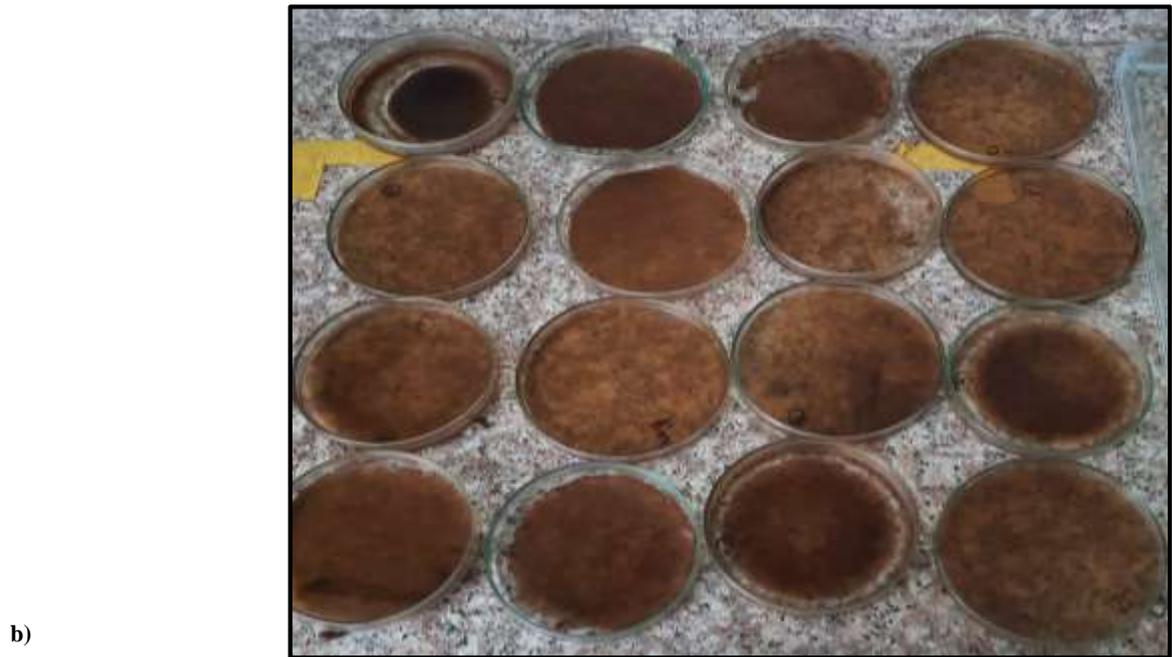

 Ing. Vladimir Ortiz
 RESPONSABLE CALIDAD

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación expresa 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 lee no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibida. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.

b)

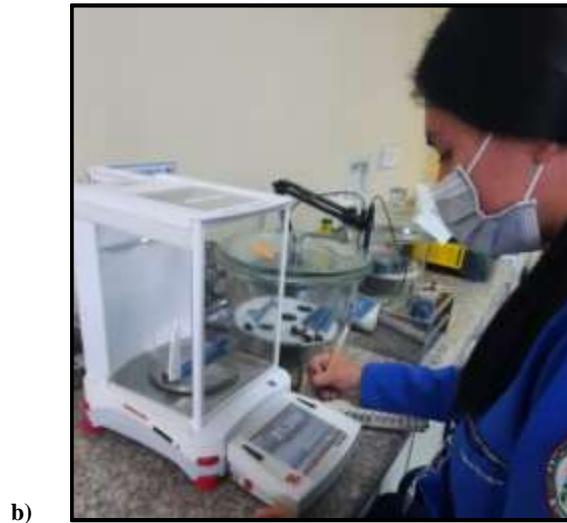
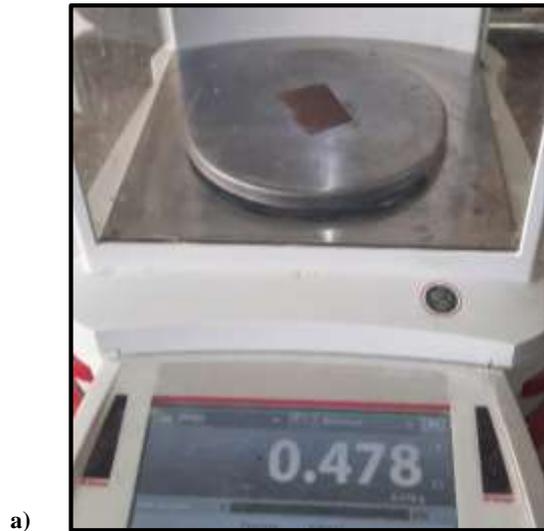
NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	CARACTERIZACIÓN Y CONTENIDO DE AMILOSA DEL ALMIDÓN		
a) % Proteína y fibra b) Contenido de amilosa presente en el almidón	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Preliminar <input checked="" type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar	ELABORADO POR: Armijos Quezada Andrea Brigeth	LÁMINA	ESCALA	FECHA
			4	1:1	2021/02/25

ANEXO E
OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Armijos Quezada Andrea Brigeth	OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
a) Lámina de bioplástico b) Número de repeticiones por muestra	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input checked="" type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar	5	1:1	2021/02/25	

ANEXO F
PRUEBA DE SOLUBILIDAD



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Armijos Quezada Andrea Brigeth	PRUEBA DE SOLUBILIDAD				
			<input type="checkbox"/> Aprobado	<input type="checkbox"/> Preliminar	LÁMINA	ESCALA	FECHA
			<input type="checkbox"/> Certificado	<input checked="" type="checkbox"/> Por aprobar	6	1:1	2021/02/25
a) Lámina de bioplástico 3x3 cm b) Toma de pesos c) Tubos de ensayo bajo la cámara de control de humedad	<input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar						

ANEXO G

DETERMINACIÓN DE ESPESORES



a)



b)

NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Armijos Quezada Andrea Brigeth	DETERMINACIÓN DE ESPESORES		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
a) Calibrador digital b) Toma de espesores	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input checked="" type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar	7	1:1	2021/02/25	

ANEXO H

PRUEBA DE SOLUBILIDAD



a)



b)



c)

NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Armijos Quezada Andrea Brigeth	PRUEBA DE SOLUBILIDAD		
a) Bioplástico sumergido en agua a 100 rpm b) Filtración c) Secado	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input checked="" type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			8	1:1	2021/02/25

ANEXO I
PRUEBA DE BIODEGRADABILIDAD



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Armijos Quezada Andrea Brigeth	PRUEBA DE BIODEGRADABILIDAD		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
			9	1:1	2021/02/25
a) En suelo b) En condiciones ambientales c) En agua	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Preliminar <input checked="" type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar				

ANEXO J

PRUEBA DE TRACCIÓN



a)



b)



c)

NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	PRUEBA DE TRACCIÓN		
a) Equipo de tracción	<input type="checkbox"/> Aprobado	<input type="checkbox"/> Preliminar			
b) Aplicación de fuerza	<input type="checkbox"/> Certificado	<input checked="" type="checkbox"/> Por aprobar			
c) Resultados de TP1	<input type="checkbox"/> Información	<input type="checkbox"/> Por calificar			
		ELABORADO POR: Armijos Quezada Andrea Brigeth	LÁMINA	ESCALA	FECHA
			10	1:1	2021/02/25

ANEXO K RESULTADOS PRUEBA DE TRACCIÓN



a)

b)

c)

NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Armijos Quezada Andrea Brigeth	RESULTADOS PRUEBA DE TRACCIÓN		
a) Resultados prueba TP2 b) Resultados prueba TP3 c) Resultados prueba TP4	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input checked="" type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			11	1:1	2021/02/25



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: 23 / 08 / 2021

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: <i>Andrea Brigeth Armijos Quezada</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>Ing. Leonardo Medina Ñuste MSc.</i>

**LEONARDO
FABIO
MEDINA
NUSTE**

Firmado digitalmente por
LEONARDO FABIO MEDINA NUSTE
Nombre de reconocimiento (DN):
c=EC, o=BANCO CENTRAL DEL
ECUADOR, ou=ENTIDAD DE
CERTIFICACION DE INFORMACION-
ECBCE, l=QUITO,
serialNumber=0000621485,
cn=LEONARDO FABIO MEDINA
NUSTE
Fecha: 2021.08.23 10:13:11 -05'00'



1443-DBRA-UTP-2021