



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

“IDENTIFICACIÓN DEL CONTENIDO DE ALMIDÓN EN DOS VARIEDADES DE PAPAS: INIAP-CECILIA (*Solanum Tuberosum L.*) Y SUPERCHOLA (*Solanum Tuberosum*) PARA ELABORACIÓN DE BIOPLÁSTICO.”

Trabajo de titulación

TIPO: Proyecto de investigación

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERA QUÍMICA

AUTORA: KARLA GABRIELA ORBEA IZURIETA

DIRECTOR: ING. HANNIBAL BRITO MOINA

Riobamba – Ecuador

2020

© 2020, Orbea Izurieta Karla Gabriela

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, Karla Gabriela Orbea Izurieta, 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, 31 de Agosto de 2020

Karla Gabriela Orbea Izurieta

050395983-5

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de titulación; tipo: investigativo. **“IDENTIFICACIÓN DEL CONTENIDO DE ALMIDÓN EN DOS VARIEDADES DE PAPAS: INIAP-CECILIA (*Solanum Tuberosum L.*) Y SUPERCHOLA (*Solanum Tuberosum*) PARA ELABORACIÓN DE BIOPLÁSTICO.”** realizado por la señorita: **KARLA GABRIELA ORBEA IZURIETA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Cesar Arturo Punte Guijarro, PhD. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	_____	2020-08-31
Ing. Hannibal Lorenzo Brito Moina, PhD. DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN	_____	2020-08-31
Ing. Danielita Fernanda Borja Mayorga, Mgs. MIEMBRO DEL TRIBUNAL	_____	2020-08-31

DEDICATORIA

A mis padres y mi hermano por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad, muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que incluyo este, a pesar de las dificultades y pruebas que la vida nos ha puesto juntos hemos salido adelante. Me formaron con reglas y con algunas libertades, pero al final de cuentas, me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos, gracias totales a mi papá Patricio, mi madre Lourdes y mi hermano Favio.

“Me alegra tener debilidades [...]. Porque, cuando soy débil, entonces soy poderoso”.
(2 Corintios. 12:10)

Karla.

AGRADECIMIENTO

Gracias a Jehová Dios por permitirme tener y disfrutar a mi familia, por apoyarme en cada decisión y proyecto.

Gracias a la vida que me ha dado tanto, porque cada día me demuestra lo hermosa que es, y lo justa que puede llegar a ser.

A los ingenieros Hannibal Brito y Danielita Borja por el asesoramiento en el trabajo de titulación, gracias a su ayuda y colaboración se ha desarrollado este trabajo de integración académica.

Y para finalizar agradezco a todos los que fueron mis profesores y compañeros de clases durante cada semestre en la universidad ya que gracias al compañerismo, amistad y apoyo moral me han aportado un alto porcentaje a mis ganas de seguir adelante en mi carrera profesional.

Karla.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	14
SUMMARY	15
INTRODUCCIÓN	16
CAPÍTULO I	17
1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	17
1.1 Identificación del problema.....	17
1.2 Justificación del proyecto.....	18
<i>1.2.1 Beneficiarios directos e indirectos</i>	18
1.3 Objetivos	19
<i>1.3.1 General</i>	19
<i>1.3.2 Específicos</i>	19
1.4 Antecedentes de la investigación	19
La importancia de los bioplásticos y la biodegradabilidad	20
Evaluación del almidón de papa (<i>Solanum Tuberosum</i>) en la obtención de bioplástico	20
Tres ideas para reemplazar el plástico	21
1.5 Marco conceptual.....	21
<i>1.5.1 Producción agrícola de la papa en el Ecuador</i>	21
<i>1.5.1.1 Papa origen e importancia</i>	25
<i>1.5.1.2 Variedades de papas en el Ecuador</i>	25
<i>1.5.1.3 Características generales de la papa INIAP-Cecilia</i>	26
<i>1.5.1.4 Características de calidad de la papa INIAP-Cecilia</i>	26
<i>1.5.1.5 Características generales de la papa Superchola</i>	27
<i>1.5.1.6 Características de calidad de la papa Superchola</i>	28
<i>1.5.1.7 Almidón</i>	28
<i>1.5.1.8 Almidón de papa</i>	28
<i>1.5.1.9 Amilosa</i>	29
<i>1.5.1.10 Amilopectina</i>	30

1.5.1.11 Usos del almidón de papa.....	30
1.5.1.12 Obtención del almidón de papa	31
1.5.1.13 Características del almidón de papa como agente plastificante	32
1.5.2 Plástico y bioplástico.....	33
1.5.3 Elementos para la elaboración de bioplástico a partir de biomasa	35
1.5.4 Pruebas para la caracterización fisicoquímica del bioplástico.....	37
CAPÍTULO II	38
2. MARCO METODOLÓGICO.....	38
2.1 Hipótesis e identificación de las variables	38
2.1.1 General.....	38
2.1.2 Específicas	38
2.1.3 Identificación de las Variables.....	38
2.1.4 Matriz de consistencia.....	39
2.2 Tipo y diseño de la investigación.....	40
2.2.1 Tipo de Investigación.....	40
2.2.2 Diseño de la investigación	40
2.3 Población de estudio	42
2.4 Tamaño de la muestra	42
2.5 Sección de muestra.....	42
2.6 Técnica de recolección de datos.....	42
2.7 Metodologías para para la recolección de datos experimentales	43
2.7.1 Lugar de realización	43
2.8 Fase de laboratorio	44
2.8.1 Extracción del almidón de papa	44
2.8.2 Rendimiento y caracterización del almidón.....	45
2.8.3 Elaboración del bioplástico en base al diseño factorial 2^k	46
2.8.4 Caracterización fisicoquímica del bioplástico.....	49
CAPÍTULO III.....	54
3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	54

3.1 Resultados	54
3.1.1 Rendimiento y caracterización del almidón.....	54
3.1.2 Análisis sensorial del bioplástico obtenido a cada una de las clases de almidón.....	55
3.1.3 Caracterización fisicoquímica de los bioplásticos.....	56
3.2 Pruebas de Hipótesis	61
3.3 Discusión de resultados.....	62
3.3.1 Análisis de los resultados del rendimiento del almidón.....	62
3.3.2 Análisis de los resultados de la caracterización fisicoquímica del almidón	63
3.3.3 Análisis de los resultados de las pruebas fisicoquímicas de los bioplásticos.....	63
CONCLUSIONES:	68
RECOMENDACIONES:	69

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Características de la papa INIAP-Cecilia	26
Tabla 2-2: Características de calidad de la papa INIAP-Cecilia.....	26
Tabla 3-2: Características de la papa Superchola.....	27
Tabla 4-2: Características de calidad de la papa Superchola	28
Tabla 5-2: Contenido de amilosa/amilopectina en el almidón de varias especies	29
Tabla 6-2: Usos del almidón de papa en diferentes industrias de los Estados Unidos.....	31
Tabla 7-2: Interpretación de las curvas de viscosidad Brabender para varios almidones	33
Tabla 8-2: Pruebas según normativas/métodos vigentes para la caracterización del bioplástico	37
Tabla 1-3: Matriz de consistencia de la investigación	39
Tabla 2-3: Niveles altos y bajos, establecidos por diferentes autores para la realización de bioplástico de papa.....	41
Tabla 3-3: Niveles altos y bajos, establecidos por el programa Minitab ®	42
Tabla 4-3: Técnicas de recolección de datos.....	42
Tabla N°5-3: Tratamientos y replicas para el diseño 2 ²	47
Tabla N°6-3: Combinaciones para el diseño 2 ²	47
Tabla N°7-3: Formulaciones para los tratamientos en base al diseño 2 ²	47
Tabla N°8-3: Formulaciones para la elaboración de bioplástico de papa	48
Tabla N°9-3: Esquematización del diseño experimental	48
Tabla N°10-3: Valoración para el examen sensorial.....	50
Tabla N° 1-4: Cálculo del rendimiento en la papa INIAP-Cecilia.....	54
Tabla N°2-4: Cálculo del rendimiento en la papa Superchola	54
Tabla N°3-4: Resultados de los análisis fisicoquímicos del almidón de papa INIAP-Cecilia....	55
Tabla N°4-4: Resultados de los análisis fisicoquímicos del almidón de papa Superchola	55
Tabla 5-4: Rango de calificaciones para el análisis sensorial	56
Tabla N°6-4: Resultados del análisis sensorial para la variedad INIAP-Cecilia	56
Tabla N°7-4: Resultados del análisis sensorial para la variedad Superchola.....	56
Tabla N°8-4: Resultados del análisis de solubilidad en el agua del bioplástico obtenido de la variedad INIAP-Cecilia.....	57
Tabla N°9-4: Resultados del análisis de solubilidad en el agua del bioplástico obtenido de la variedad Superchola.....	57
Tabla N°10-4: Resultados del análisis de permeabilidad al vapor de agua del bioplástico obtenido de la variedad INIAP-Cecilia	57
Tabla N°11-4: Resultados del análisis de permeabilidad al vapor de agua del bioplástico obtenido de la variedad Superchola	58

Tabla N°12-4: Resultados del análisis de tracción en un solo sentido del bioplástico obtenido de la variedad INIAP-Cecilia.....	58
Tabla N°13-4: Resultados del análisis de tracción en un solo sentido del bioplástico obtenido de la variedad Superchola	58
Tabla N°14-4: Resultados del análisis de espesor obtenido de la variedad INIAP-Cecilia	59
Tabla N°15-4: Resultados del análisis de espesor obtenido de la variedad Superchola	59
Tabla N°16-4: Resultados del análisis biodegradabilidad por medio de compost del bioplástico obtenido de la variedad INIAP-Cecilia	59
Tabla N° 17-4: Resultados del análisis biodegradabilidad por medio de compost del bioplástico obtenido de la variedad Superchola	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2: Apariencia microscópica del almidón de papa.....	29
Figura 2-2: Amilosa, cuyos restos de D-glucosa están ligados por enlaces $\alpha(1\rightarrow4)$	30
Figura 3-2: Amilopectina, estructura detallada de un punto de ramificación	30
Figura 4-2: Tipos de bioplásticos	34
Figura N°1-3: Diseño de dos factores.	41
Figura N°2-3: Diagrama de flujo del proceso de extracción del almidón de papa	44
Figura N°3-3: Diagrama de flujo del proceso de elaboración del bioplástico	49

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-2: Uso del suelo en el Ecuador	22
Gráfico 2-2: Superficie cosechada (ha.).....	23
Gráfico 3-2: Producción (Tm.).....	23
Gráfico 4-2: Producción de papa por provincias.....	24
Gráfico 5-3: Medidas que debe poseer la probeta para el ensayo de tracción en un solo sentido.	52
Gráfico 1-4: Biodegradabilidad por medio de compost de la variedad INIAP-Cecilia	60
Gráfico 2-4: Biodegradabilidad por medio de compost de la variedad Superchola.....	61
Gráfico 3-4: Superficie de respuesta estimada para el esfuerzo máximo.....	66

INDICE DE ANEXOS

- Anexo A.** Extracción del almidón de papa por vía húmeda
- Anexo B.** Resultados del porcentaje de humedad y amilosa
- Anexo C.** Elaboración de bioplástico
- Anexo D.** Análisis sensorial
- Anexo E.** Análisis de solubilidad
- Anexo F.** Análisis de permeabilidad al vapor del agua
- Anexo G.** Análisis de tracción en un solo sentido
- Anexo H.** Biodegradabilidad por medio de compost
- Anexo I.** Informe de resultados del ensayo de tracción, tratamiento [a]
- Anexo J.** Informe de resultados del ensayo de tracción tratamiento [b]
- Anexo K.** Informe de resultados del ensayo de tracción tratamiento [b']
- Anexo L.** Informe de resultados del ensayo de tracción tratamiento [ab']

RESUMEN

Este trabajo de investigación tiene como objetivo identificar el contenido de almidón en dos variedades de papas, la INIAP-Cecilia (*Solanum Tuberosum L.*) y Superchola (*Solanum Tuberosum*) para elaboración de bioplástico. Como primer paso se procedió a extraer el almidón por vía húmeda, los tubérculos utilizados fueron papas de desecho, es decir, que no cumplían con los requisitos requeridos para la venta, el rendimiento del almidón obtenido de la variedad INIAP-Cecilia fue de 64.92% y un 73.06% para la Superchola, una vez obtenido el almidón se procedió a realizar los ensayos para verificar la cantidad de amilosa y amilopectina que poseían. Luego se realizó un análisis factorial 2^K con los límites inferiores y superiores definidos por trabajos similares y se utilizaron diferentes elementos que cumplen la función de: plastificantes, aditivos, desestructurantes, acoplantes y de transparencia, se consiguieron los diferentes tipos de probetas las cuales fueron denominadas [1], [a], [b] y [ab] para las provenientes de la variedad INIAP-Cecilia y [1'],[a'], [b'], [ab'] para la Superchola. Posteriormente se realizaron ensayos físicos y químicos, en donde las probetas fueron sometidas a un análisis sensorial donde se cumplieron parámetros organolépticos definidos, luego se realizó un análisis de solubilidad y permeabilidad al vapor de agua cumpliendo con la ASTM E96, en el ensayo de tracción en un solo sentido cumplió con la normativa INEN 2635:2012, las probetas presentaron similitudes con el polietileno de baja densidad, finalmente respecto a biodegradabilidad las muestras perdieron aproximadamente el 75% de su peso en 15 días, cumpliendo así con la normativa ASTM D6400.

Palabras clave: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, < BIOPLÁSTICO >, < ALMIDÓN>, < INIAP-CECILIA (*Solanum Tuberosum L.*)>, <SUPERCHOLA (*Solanum Tuberosum*) >, < AMILOSA >, < AMILOPÉCTINA >



14-08-2020

0208-DBRAI-UPT-2020

SUMMARY

This research work aims to identify the starch content in two varieties of potatoes, INIAP-Cecilia (*Solanum Tuberosum L.*) and Superchola (*Solanum Tuberosum*) for the production of bioplastic. As a first step, the starch was extracted by the wet method, the tubers used were waste potatoes, which means that they did not meet the requirements for sale. The yield of the starch obtained from the INIAP-Cecilia variety was 64.92% and 73.06% for the Superchola. Once the starch was obtained, the tests were carried out to verify the amount of amylose and amylopectin. Then a 2K factorial analysis was performed with the lower and upper limits defined by similar works; and different elements were used that fulfill the function of plasticizers, additives, destructuring agents, couplings, and transparency. Different types of test tubes were obtained which were called [1], [a], [b] and [ab] for those from the INIAP-Cecilia variety and [1 '], [a'], [b '], [ab'] for the Superchola's one. Subsequently, physical and chemical tests were accomplished, where the specimens were subjected to sensory analysis, and defined organoleptic parameters were met. Then an analysis of solubility and permeability to water vapor was performed in compliance with ASTM E96. The tensile test of A single direction complied with the INEN 2635: 2012 regulation. The test tubes showed similarities with low-density polyethylene. Finally, concerning biodegradability, the samples lost approximately 75% of their weight in 15 days, thus complying with the ASTM D6400 regulation.

Keywords: <TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCES>, <BIOPLASTIC>, <STARCH>, <INIAP-CECILIA (*Solanum Tuberosum L.*)>, <SUPERCHOLA (*Solanum Tuberosum*)>, <AMYLOSE>, <AMYLOPECTIN>.

INTRODUCCIÓN

El uso de los plásticos cada día va en aumento, ya que el ser humano depende de este material para su vida, desde el uso de objetos simples como una bolsa, o como material de alta resistencia para fabricar cohetes espaciales. En Ecuador el uso del plástico ha crecido de gran manera, la “Red de Basura Cero”, se pronuncia ante esta problemática, ya que mensualmente en Ecuador se generan 375000 toneladas de Residuos Sólidos Urbanos (RSU), de las cuales, el 57% es material húmedo (orgánico) y el porcentaje restante material seco (inorgánico). De la fracción inorgánica, el 25 % corresponde a residuos plásticos. (Cero, 2019) Y la problemática no solo radica en el aumento exponencial que tiene este material, sino también en su tiempo de vida sobre la tierra, ya que es conocido que el plástico tarda de cien a mil en años en descomponerse. (Brito, 2020)

De acuerdo al análisis el porcentaje de residuos, los orgánicos y plásticos son los más altos, de hecho, en la ciudad de Quito, capital del Ecuador principal centro de recolección de las cosechas del país, al año se desperdician unas 36 500 toneladas de alimento, según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO). John Pressing, representante de la entidad en Ecuador, explica que, con base en información suministrada por el Banco de Alimentos de Quito, son cerca de 100 toneladas al día que terminan desperdiciadas en la capital. (Jácome, 2018) Es por este motivo que los vertederos de basura se llenan con residuos plásticos, y a la vez están mezclados con residuos de alimentos orgánicos, de estos, un 65% corresponde a verduras, hortalizas, legumbres y tubérculos, 25% a frutas y el 10% restante a otro tipo de productos. (Jácome, 2018) Ahora bien si se tienen, dos problemas con altos porcentajes tales como: desperdicio de alimentos orgánicos y residuos plásticos ¿por qué no convertirlos en una solución?

Por tal razón, se están buscando alternativas al uso del plástico convencional, de aquí nace la iniciativa de usar los denominados “bioplásticos” cuya base polimérica deja a un lado el uso del petróleo, y se enfoca en la utilización de almidones el cual, se lo puede extraer del alto porcentaje de tubérculos de desecho, en este caso de la papa, ya que según la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) del año 2018, es el tubérculo que más se desperdicia en el país, ya sea porque este no cumple con el tamaño requerido por el consumidor, o porque ha sufrido daños en la siembra por plagas, o debido al mal tiempo. Es por este motivo que la investigación se enfoca en la elaboración de láminas de bioplástico, para lo cual se ha procedido a la obtención del almidón de papa de desecho, el cual aporta una solución a la problemática del consumo másico del plástico en el país y el mundo.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1 Identificación del problema

El Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) informa que cada habitante del Ecuador produce en promedio alrededor de 0,58 kilogramos de residuos sólidos, en el área urbana, según la Estadística de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales, correspondiente al año 2016. (INEC, 2016), de estos, con respecto a la clasificación de residuos por tipo, a nivel nacional se ha registrado lo siguiente: Plásticos (32,98%), Orgánicos (27,01%), Papel-Cartón (21,37%), Vidrio (12,69%). (Benavides, 2016). Datos que revelan que la problemática del plástico va en aumento, no solo por la versatilidad del material sino también por su fácil acceso y su precio comercial moderado, en segundo lugar, el porcentaje más alto de desperdicios es de alimentos en el país, liderado por las verduras y tubérculos, cabe mencionar que existen muchas variedades de tubérculos desechados en el país, sin embargo, la papa ocupa el primer lugar, debido a que existe una gran producción especialmente en la zona centro-norte de la sierra ecuatoriana, según datos del INIAP, en el año 2011 la producción anual fue de 307 000 toneladas métricas, de las cuales alrededor de 45 000 toneladas fueron de descarte y que podían haber sido aprovechadas para la obtención de almidón. (Charro, 2015 pág. 1)

La papa con mayor porcentaje de producción en el Ecuador es la INIAP-Cecilia (*Solanum Tuberosum L.*) y Superchola (*Solanum Tuberosum*), según el INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias), se entrevistó a 10 gerentes/encargados de compras y se encontró que la mayor preferencia es por la INIAP-Cecilia (46%) seguida por Superchola (25%) por el sabor agradable y la calidad culinaria (Albornoz, 2011 pág. 1)

Por esta razón, este trabajo de investigación se centra en la obtención de un bioplástico, mediante el uso de almidón obtenido de dos variedades de papas, la INIAP-Cecilia o también conocida como leona blanca y la Superchola, las cuales tienen el mayor porcentaje de aceptación en los mercados. Cuando las papas de ambas variedades no llegan a cumplir estándares como tamaño o sabor, son desechadas y se las denomina papas de tercera o “cuchi papas”, es decir papas que no sirven para consumo humano y se destinan al ganado porcino como alimento de engorde, desaprovechando así su alto contenido de almidón para la elaboración de bioplástico, ya que la papa es el tercer alimento con más cantidad de almidón antecedido por el maíz y la yuca.

1.2 Justificación del proyecto

El almidón de papa es un biopolímero amigable con el ambiente, que al plastificarlo crea una variedad de bioplástico que puede ser usado industrialmente, la papa con más aceptación por los consumidores es la INIAP-Cecilia con un 46% de preferencia, mientras que la papa Superchola tiene un 25% de aceptación, finalmente el 29% restante está compuesto por diferentes variedades de papas. (Albornoz, 2011 pág. 2)

Por lo tanto, son las papas más sembradas en las provincias centrales del Ecuador como Cotopaxi, Tungurahua y Chimborazo, debido a que, estas provincias cuentan con los factores climatológicos, de altura y de suelo aptos para estos tipos de papa. Además, por su alta resistencia a diferentes tipos de plagas, son las que se encuentran disponibles durante todo el año y se encuentran en los supermercados a un precio moderado, e incluso en ciertos meses que existe sobreproducción a bajo costo. Lo que se pretende con esta investigación es obtener almidón de las papas que son desechadas especialmente de las dos variedades de mayor consumo en el país, generando así una económica dinámica en la zona directa de producción ya que los agricultores pueden obtener ganancias de los tubérculos que no cumplen con las características necesarias para la venta, y no tan solo desecharlas sin obtener algún rubro.

Además, según datos bibliográficos la papa INIAP-Cecilia contiene un porcentaje de almidón de 68.14% en base seca, mientras que la papa Superchola 75.87%. (Villareal, 2012 pág. 12) Por lo cual se propone utilizarlo como una alternativa al uso del plástico derivado de polímeros del petróleo, y así disminuir la problemática del plástico.

1.2.1 Beneficiarios directos e indirectos.

1.2.1.2 Beneficiarios Directos:

La finalidad del presente trabajo de titulación es beneficiar a los productores de plásticos, con ideas nuevas e innovadoras, para así disminuir el consumo de plástico proveniente de fuentes no biodegradables, y ayudar al ambiente con la problemática del cambio climático. El público en general puede beneficiarse del uso de alternativas sostenibles, y dejar atrás el uso del plástico convencional.

1.2.1.3 Beneficiarios Indirectos:

Los productores de papas, si sus productos no cumplen con el tamaño adecuado para la comercialización, las mismas pueden ser recogidas en un centro de acopio para la elaboración de fécula de papa, recibiendo así un pago justo, y no tan solo desecharlas como lo suele hacerse. Este almidón puede ser vendido a diferentes industrias, ya que el almidón tiene varios usos en el campo textil, químico, petrolero etc., creando así una economía dinámica entre productores y consumidores.

1.3 Objetivos

1.3.1 General

- Identificar el contenido de almidón en dos variedades de papas: INIAP-Cecilia (*Solanum Tuberosum L.*) y Superchola (*Solanum Tuberosum.*) para elaboración de bioplástico.

1.3.2 Específicos

- Verificar la disponibilidad de producción agrícola de las papas INIAP-Cecilia y Superchola en el Ecuador, mediante bibliografía.
- Analizar el rendimiento del almidón obtenido de las dos variedades de papas para la elaboración de bioplástico.
- Realizar la caracterización fisicoquímica del bioplástico obtenido a partir de las dos clases de almidón de papas, según normativa INEN y ASTM vigentes para cada caso.

1.4 Antecedentes de la investigación

La presente investigación se basa en la revisión bibliográfica de artículos científicos tanto en inglés como en español y trabajos de grado relacionados con el desarrollo de bioplásticos a partir del almidón de la papa. La mayoría de los trabajos de investigación se enfoca en la obtención de bioplástico a partir de la papa Superchola, y descartan el uso de la papa INIAP-Cecilia, ya que es considerado un híbrido, es decir, mezcla de dos clases de papas. Por lo tanto, esta investigación se enfoca en el análisis del rendimiento del almidón obtenido a partir de las dos variedades de

papas para determinar cuál de ellos tiene mejor rendimiento y de esta manera utilizarlo para la elaboración de bioplástico.

La importancia de los bioplásticos y la biodegradabilidad

De acuerdo con la investigación realizada por la European Plastics Converters - Asociación de Transformadores Europeos de Plásticos et. al. (2008) define al problema del consumo de los plásticos, como un inconveniente a nivel mundial crítico, ya que el plástico al convertirse en un material de uso cotidiano, nadie le presta atención al verdadero crimen que se está realizando contra la naturaleza, [...] tan solo en Europa representa cerca de 50 000 compañías de este sector, produciendo aproximadamente unos 45 000 000 de toneladas de plástico cada año. La industria de plásticos europeos hace una importante contribución al bienestar en Europa gracias a sus innovaciones, dando calidad de vida a sus ciudadanos y facilitando los recursos necesarios para la protección del medio ambiente. Por este motivo da gran importancia a la innovación de los bioplásticos.

Sin embargo, existe desconocimiento por parte de la población acerca de que es un bioplástico y que lo diferencia del plástico común, como lo menciona la European Plastics Converters - Asociación de Transformadores Europeos de Plásticos et. al. (2008) en la mente de las personas que forman parte del sector, el término “bioplásticos” se usa para describir dos conceptos diferentes al mismo tiempo.

Estos dos conceptos son:

- **Funcionalidad:** los plásticos son biodegradables y provienen de residuos orgánicos.
- **Fuente de materiales:** recurso renovable o biomasa.

Últimamente el término 'bioplásticos' ha sido remplazado por el término “plásticos biodegradables”.

Evaluación del almidón de papa (*Solanum Tuberosum*) en la obtención de bioplástico

Según la investigación realizada por la revista Bionatura en su publicación del IV CONGRESO INTERNACIONAL DE BIOTECNOLOGÍA Y BIODIVERSIDAD IV CIBB y XV FORO INTERNACIONAL BANANERO et al. (2008) se realizó un estudio en diferentes clases de

papas, en donde se estudió el contenido de almidón y de amilopectina para la elaboración de bioplástico de papa, siendo la papa con mejor características para la elaboración del bioplástico la *Solanum Tuberosum* o Superchola.

El almidón de papa *richie* de la variedad Betina (Superchola) presenta mejores potencialidades para la elaboración de bioempaques. El bioplástico presenta mayor resistencia, es firme y de buen aspecto cuando en la mezcla se adiciona mayor cantidad de agua y menor cantidad almidón. (Acosta, 2018 pág. 3)

Tres ideas para reemplazar el plástico

Según la entrevista realizada al profesor Denecke, Jurge. (2013) de la universidad de “*University of Leeds*” por la BBC de Londres, sugiere tres ideas para reemplazar el plástico, siendo la primera idea el uso de hongos como el champiñón y el hongo ostra, seguido de la segunda idea que está inspirada en la cutícula de los animales de mar, en este caso utilizar la quitina de los camarones y el quitosano de los gusanos de seda para la elaboración de un plástico biodegradable. Pero la tercera idea proviene de las papas, ya que de este tubérculo se puede obtener bioplástico y etanol.

Según el profesor Denecke, Jurge. (2013) menciona: “*Cuando yo veo una patata veo varios productos, veo puré de patatas, pero también veo etanol, plásticos y resinas compuestas*”, explica el científico.

Con dos kilos de papas se puede obtener una botella de etanol y, además, un material parecido a copos de nieve al que llaman pulpa de la pared celular o membrana básicamente es una resina compuesta o composite que cuando se comprime a partir de calor y presión parece plástico. (Denecke, 2013)

1.5 Marco conceptual

1.5.1 Producción agrícola de la papa en el Ecuador

El Ecuador es un país con una gran diversidad de productos agrícolas, entre los cuales se destacan según estudios del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) los siguientes: la labor agropecuaria del país alcanzó los 5,3 millones de hectáreas (ha), con una producción de caña de azúcar (para azúcar), banano, palma africana, arroz, papa y maíz duro seco, que supera los cultivos de otros productos. (INEC, 2016)

Los productos agrícolas del Ecuador vienen dados en dos clases de cultivos. El cultivo permanente y el transitorio. El cultivo permanente según el Equipo Técnico de la Fundación Global Nature: se caracteriza por el hecho de que no están incluidos en rotaciones de cultivo. Una vez plantados, permanecen en el terreno a menos cinco años durante los que van proporcionando rendimientos. (Nature, 2018 pág. 6) Como ejemplo de un cultivo permanente en el país podemos citar: el banano, la caña de azúcar y la palma africana.

El cultivo transitorio según la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) lo describe como: Aquellos cultivos cuyo ciclo vegetativo por lo regular es menor a un (1) año, llegando incluso a ser de sólo unos pocos meses, por ejemplo, los cereales (maíz, trigo, cebada, arroz), los tubérculos (papa). (ENA, 2007 pág. 1). Según la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua del año (ESPAC) 2017, releva los siguientes datos la superficie abarcada entre cultivos permanentes y transitorios en el país.

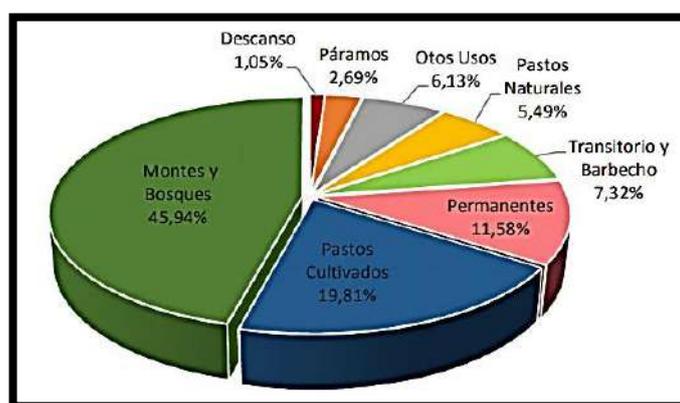


Gráfico 1-2: Uso del suelo en el Ecuador
Fuente: (ESPAC, 2017)

El 7.32% representa los cultivos transitorios en el país, entre los productos que sobresalen se encuentran: el arroz, el maíz duro y la papa. De este último producto su cosecha total el ESPAC lo define como:

La superficie cosechada de papa presenta un ligero decrecimiento del 035 %, en el periodo 2017. Igual tendencia presenta la producción, con un decrecimiento del 10.73 %. Los cultivos de papa se encuentran principalmente en la Región Sierra. Las provincias de Carchi, Pichincha y Chimborazo son las que sobresalen en la superficie cosechada con 19.11 %, 18.29 % y 14.59 % respectivamente, las provincias con mayor producción son Pichincha, Carchi y Tungurahua con una participación en la producción nacional de 27%, 25.82 % y 13.87 % respectivamente. (ESPAC, 2017 pág. 14)

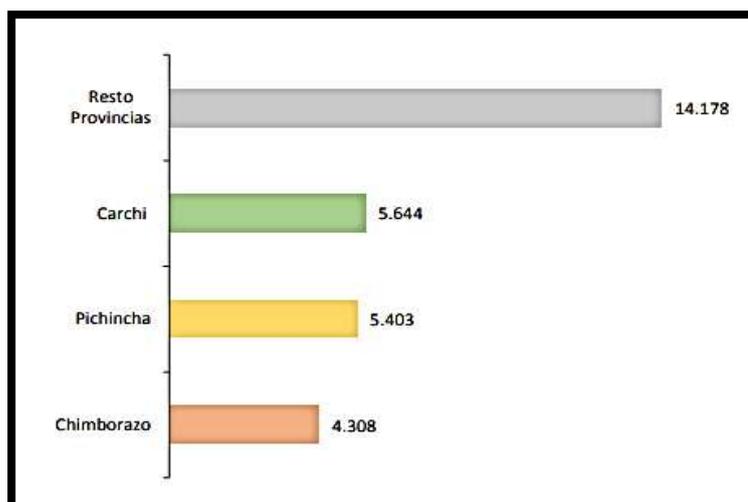


Gráfico 2-2: Superficie cosechada (ha.)
Fuente: (ESPAC, 2017)

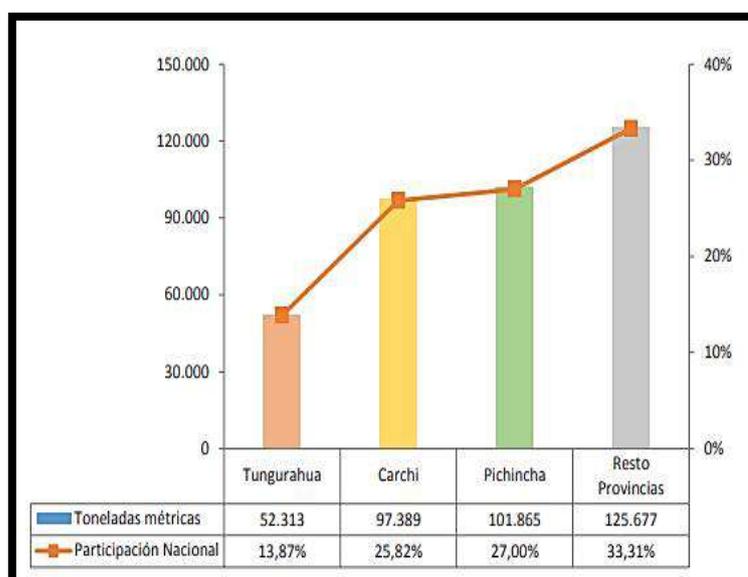


Gráfico 3-2: Producción (Tm.)
Fuente: (ESPAC, 2017)

Según datos oficiales de la ESPAC, las provincias con mayor participación en el cultivo y cosecha de papas son las provincias de Pichincha, Carchi y Tungurahua. Esto lo podemos verificar en las fichas técnicas proporcionadas por el INIAP, que mencionan: la papa de la variedad Superchola es cultivada en mayor proporción en las provincias de: Carchi, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Bolívar y Chimborazo, mientras que la variedad INIAP-Cecilia en las provincias de: Cotopaxi, Tungurahua y Chimborazo. (Mastrocola, 2016 pág. 1 y 3)

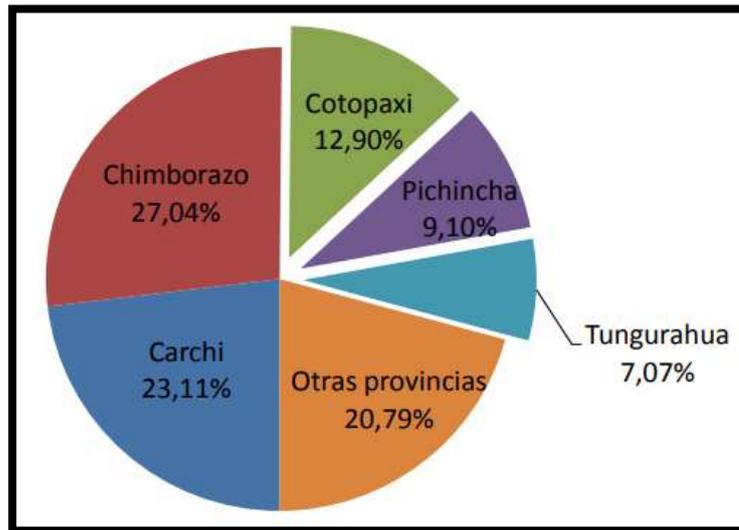


Gráfico 4-2: Producción de papa por provincias
Fuente: (ESPAC, 2017)

Como se muestra en el siguiente diagrama de pastel, las provincias que mayor producción de papa poseen están en la región de la sierra centro, Chimborazo con el 27.04 %, seguido de Carchi con un 23.11%. De estos porcentajes según datos de la ESPAC, 5%, de la producción total corresponde a papa de desecho, que no cumple con el tamaño requerido, o porque ha sido infectada por alguna plaga u hongo en la cosecha.

También otro factor a tomar en cuenta es el mal manejo que se da a las papas al momento de almacenarlas según Prokop, Sylvana. (2008) en su trabajo realizado en la División de Nutrición y Protección del Consumidor, menciona que las papas se deben almacenar en lugares oscuros y frescos para evitar que aumente el contenido de glicoalcaloides. Al estar expuestas a la luz, las papas adquieren un color verde porque aumenta su contenido de clorofila, lo que también indica el aumento del contenido de solanina y chaconina.

La solanina es un glicoalcaloide tóxico y amargo, derivado de los brotes de la patata, de los tomates y de la belladona, y que teniendo propiedades narcóticas eran utilizados en el tratamiento de epilepsia. (Food-Info, 2017). Mientras que la chocanina es un glicoalcaloide esteroide tóxico que se encuentra en plantas de la familia de las *Solanaceae*. Es un producto tóxico natural producido en las papas verdes y que les da un gusto amargo. Los tubérculos producen este glicoalcaloide como respuesta al estrés, proveyendo a la planta con propiedades insecticidas y fungicidas. (Goodman, 1981)

Muchas veces las papas no son bien almacenadas en las bodegas de los mercados mayoristas del país adquiriendo un color verde no deseado por los consumidores, y estas son desechadas. Las

papas utilizadas para este trabajo fueron papas de desecho del mercado mayorista de la ciudad de Latacunga, algunas de estas papas contaban con coloración verde, tamaños irregulares y con los denominados “ojos”, producto de plagas en la papa.

1.5.1.1 Papa origen e importancia

Es necesario conocer el origen de la papa en nuestro país, la mayor diversidad genética de papa (*Solanum Tuberosum L.*) cultivada y silvestre se encuentra en las tierras altas de los Andes de América del Sur. La primera crónica conocida que menciona la papa fue escrita por Pedro Cieza de León en 1538. Cieza encontró tubérculos que los indígenas llamaban “papas”, primero en la parte alta del valle del Cuzco, Perú y posteriormente en Quito, Ecuador (Sherwood, 2002 pág. 21) .

En 1994, el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) realizó una colección de papas cultivadas en el Ecuador, y encontró más de 400 diferentes tipos entre especies *andígena* y *phureja*. Sin embargo, en el país sólo comúnmente se siembran 30 cultivares, de los cuales las variedades INIAP-Cecilia y Superchola representan más de la mitad del área sembrada. (Sherwood, 2002 pág. 22)

El cultivo de la papa es de suma importancia en el país, ya que muchas familias dependen de la agricultura:

En Ecuador, el número de familias dedicadas a la producción de papa es de aproximadamente 42.000, número igual al de familias que cultivan maíz suave. No hay un consenso sobre la productividad en el país. De las 66.000 hectáreas dedicadas a la papa, el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEN) reporta una producción promedio de 480.000 toneladas y un rendimiento por hectárea de 7.7 toneladas. Sin embargo, estudios realizados por el INIAP revelan un rendimiento promedio de 14 t/ha. Con un valor total bruto de 60 millones de dólares anuales, la papa es una importante fuente de ingresos para las comunidades rurales y su componente fundamental de la economía nacional. (Sherwood, 2002 pág. 24)

1.5.1.2 Variedades de papas en el Ecuador

En el Ecuador se estima que existen alrededor de 350 variedades de patatas que presentan diversidad de formas colores y tamaños. La gran mayoría de las papas nativas son cultivadas sobre los 3000 m. de altitud y son altamente valoradas por sus propiedades organolépticas, agrícolas y por ser parte de la identidad cultural (Monteros, 2005 pág. 26)

De las 350 variedades que se estiman que existen apenas 14 se encuentran en los mercados de las provincias de la sierra central del Ecuador. Las variedades más conocidas son: Uvilla, Yema de huevo, Leona Negra, Coneja Negra, Leona Blanca, Puña, Calvache, Chaucha Colorada, Santa Rosa, Superchola y Carrizo. (Monteros, 2005 pág. 27) Sin embargo, como se mencionó en el punto anterior, las papas preferidas por el consumidor son la Superchola y la Leona Blanca, las cuales se usarán para la elaboración de bioplástico.

1.5.1.3 Características generales de la papa INIAP-Cecilia

Tabla 1-2: Características de la papa INIAP-Cecilia

Nombre común: INIAP-CECILIA	
Nombre científico: <i>Solanum Tuberosum L.</i>	
Nombre popular: Leona Blanca	
Características agronómicas:	
Origen genético:	Vetifolia x Jabonilla
Provincias de mayor cultivo:	Cotopaxi, Tungurahua y Chimborazo
Características morfológicas:	
Forma:	Elíptica
Color de piel:	Amarillo claro con ojos superficiales
Pulpa:	Amarillo claro
Usos:	
Consumo en fresco:	Sopas y tortillas
Consumo procesado:	Papa frita en hojuelas
Fotografía con y sin cáscara:	
	

Fuente: (Mastrocola, 2016)

Realizado por: Orbea, Karla. 2020

1.5.1.4 Características de calidad de la papa INIAP-Cecilia

Tabla 2-2: Características de calidad de la papa INIAP-Cecilia

Número	Características	
1	Azúcares reductores (mg/100g) *	152.2
2	Almidón (%) *	68.14
3	Proteína (%) *	8.85
4	Fibra (%) *	2.79

5	Polifenoles (mg/100 g)	70.54
6	Carotenos (ug/g)	0.59
7	Hierro (ppm)	73
8	Zinc (ppm)	12
9	Calcio (%)	0.05
10	Fósforo (%)	0.39
11	Tiempo de cocción (minutos)	20
12	Color de papa cocida	Blanco-crema

*Datos en base seca

Fuente: (Albornoz, 2011)

Realizado por: Orbea, Karla. 2020

1.5.1.5 Características generales de la papa Superchola

Tabla 3-2: Características de la papa Superchola

Nombre común: Superchola	
Nombre científico: <i>Solanum Tuberosum</i>	
Nombre popular: Papa Chola	
Características agronómicas:	
Origen genético:	Rosita x Curipamba
Provincias de mayor cultivo:	Carchi, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Bolívar y Chimborazo
Características morfológicas:	
Forma:	Ovalada
Color de piel:	Color predominante rosado, color secundario blanco crema, distribuido alrededor de los ojos superficiales
Pulpa:	Amarillo intenso
Usos:	
Consumo en fresco:	Sopas y puré
Consumo procesado:	Papa frita en hojuelas y tipo bastón
Fotografía con y sin cáscara:	
	

Fuente: (Mastrocola, 2016)

Realizado por: Orbea, Karla. 2020

1.5.1.6 Características de calidad de la papa Superchola

Tabla 4-2: Características de calidad de la papa Superchola

Número	Características	
1	Azúcares reductores (mg/100g) *	0.12
2	Almidón (%) *	18.40
3	Proteína (%) *	8.32
4	Fibra (%) *	1.39
5	Extracto etéreo (%)	1.10
6	Cenizas (ppm)	4.30
7	Humedad (%)	74.01
8	Energía cal/g	4201
9	Tiempo de cocción (minutos)	23
10	Color de papa cocida	Blanco

*Datos en base seca

Fuente: (Albornoz, 2011)

Realizado por: Orbea, Karla. 2020

1.5.1.7 Almidón

El almidón o fécula es el carbohidrato de reserva; probablemente no existe otro compuesto orgánico tan ampliamente distribuido en las plantas como él. Se produce en grandes cantidades en las hojas verdes, en forma de almacenamiento temporal de los productos de la fotosíntesis. Existe como reserva alimenticia permanente de la planta, en las semillas, los frutos, los rayos medulares y en la corteza de los troncos y raíces de las plantas perennes. Representa del 50% al 65% del peso seco de los cereales y hasta el 80% de la materia seca de los tubérculos de papa. (Mohamed, 2005 pág. 31)

1.5.1.8 Almidón de papa

Se obtiene de los tubérculos de *Solanum Tuberosum*, familia Solanaceae. Los gránulos son ovoides, aplanados o subesféricos de 30-100 μ de diámetro, o son redondeados de 10-35 μ del diámetro. Se presentan algunos gránulos compuestos formados por dos o tres componentes. El hilio es un punto excéntrico en el extremo derecho y sus estriaciones concéntricas son bien visibles. (Mohamed, 2005 pág. 33)

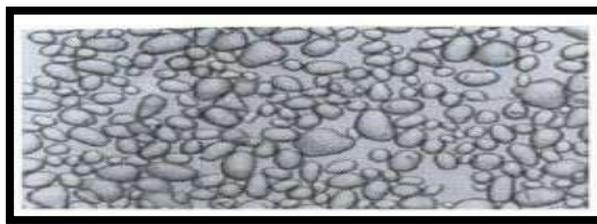


Figura 1-2: Apariencia microscópica del almidón de papa
Fuente: (Fairlie et al., 1999: pág. 30)

El almidón está compuesto por dos polisacáridos con estructuras diferentes: la amilosa y la amilopectina. La mayor parte de los almidones contiene alrededor de 20% a 30% de amilosa y el resto de amilopectina.

Tabla 5-2: Contenido de amilosa/amilopectina en el almidón de varias especies

ALMIDÓN	AMILOSA (%)	AMILOPECTINA (%)
Oca	29	71
Mellico	26	74
Mashua	27	73
Miso	21	79
Z. Blanca	20	80
Papa	23	77
Achira	26	74
Maíz	26	74
Arroz	25	75
Trigo	24	76

Fuente: (Fairlie et al., 1999: pág. 31)

Realizado por: Orbea, Karla. 2020

1.5.1.9 Amilosa

La amilosa, se trata de un polímero lineal que tiene exclusivamente enlaces $\alpha(1\rightarrow4)$ entre los residuos de glucosa adyacentes. La estructura primaria sencilla y regular de la amilosa permite una estructura secundaria regular de esta molécula. En la amilosa, las unidades de D-glucosa se encuentran unidas de forma lineal, no ramificada, mediante enlaces $\alpha(1\rightarrow4)$, tiene un extremo no reductor y uno reductor. Su peso molecular varía de algunos miles hasta 150,000 D. (Melo Ruíz et al., pág. 62)

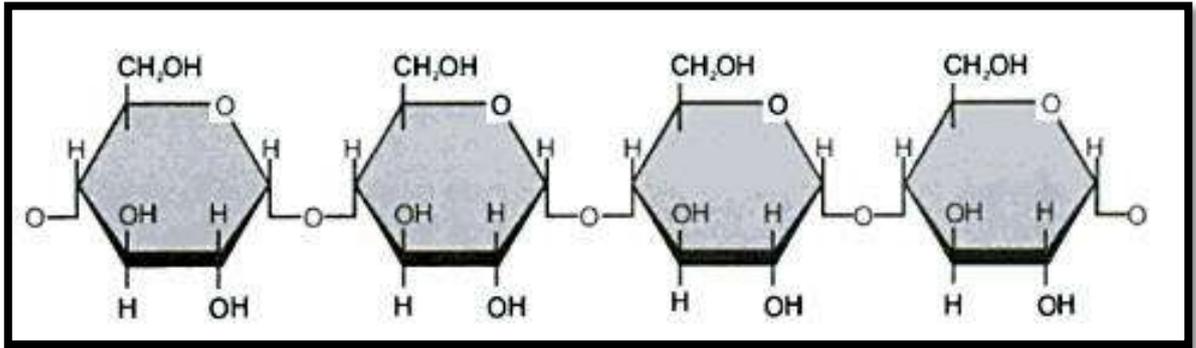


Figura 2-2: Amilosa, cuyos restos de D-glucosa están ligados por enlaces $\alpha(1\rightarrow4)$

Fuente: (Melo Ruíz et al., pág. 62)

1.5.1.10 Amilopectina

Se trata de un polisacárido ramificado, estas ramificaciones se dan con unidades de maltosa (glucosa-glucosa con puentes en $\alpha(1\rightarrow4)$), unidas a través de puentes isomaltosa. En esta molécula existen cadenas cortas (de aproximadamente 30 unidades) de glucosa las cuales se encuentran unidas por enlaces $\alpha(1\rightarrow4)$ se unen también entre sí por enlaces $\alpha(1\rightarrow6)$.

El peso molecular de la amilopectina de la patata varía ampliamente y puede ser de 500,000 o aún mayor. (Melo Ruíz et al., pág. 63)

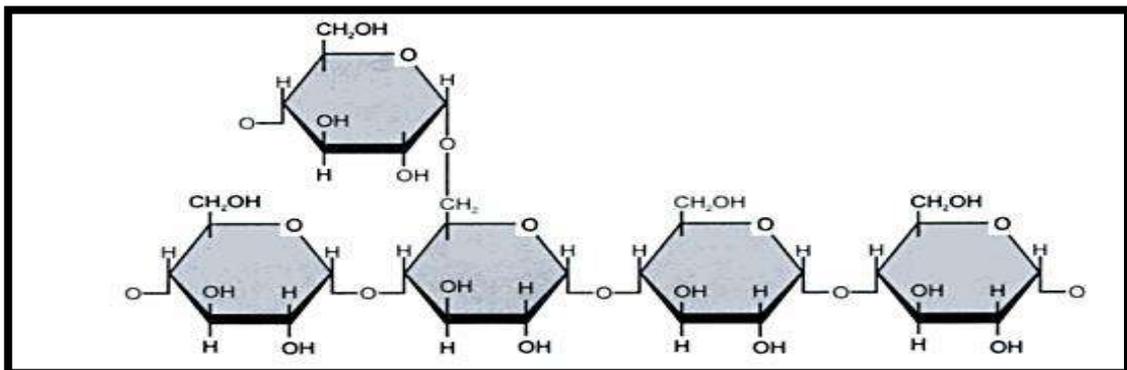


Figura 3-2: Amilopectina, estructura detallada de un punto de ramificación

Fuente: (Melo Ruíz et al., pág. 63)

1.5.1.11 Usos del almidón de papa

Debido que el almidón de papa es de fácil adquisición y relativamente barato respecto a otros almidones, tiene un amplio uso en la industria.

Tabla 6-2: Usos del almidón de papa en diferentes industrias de los Estados Unidos

INDUSTRIA	USOS
Papelera	-Consume aproximadamente el 33% del almidón usado en los Estados Unidos de América. La mayoría del producto usado es almidón catiónico de papa ya que este almidón mejora la retención de las fibras finas y del relleno, así como las propiedades mecánicas del papel
Alimenticia	-Alrededor de 30% del mercado usa almidón de papa en los Estados Unidos de América. Una cantidad importante es usada en sopas donde su alta viscosidad inicial dispersa eficazmente los ingredientes en el mezclado. -El almidón de papa es eficaz en postres instantáneos. La formulación seca consiste principalmente en almidón soluble, azúcar y saborizantes; luego de la adición de leche fría el almidón se disuelve rápidamente y forma un gel. -Su uso como agente espesante para el relleno de pasteles, para dar cuerpo a caramelos y malvaviscos y como agente para espolvorear, mezclado con azúcar pulverizada, sobre gomas dulces y gomas masticables
Adhesivos	-Aproximadamente el 19% del almidón de papa consumido en Estados Unidos de América es usado en adhesivos. Como aglutinante en papel de lija y tela abrasiva y en encuadernación. Las dextrinas de almidón de papa proveen alta adherencia y una película residual flexible.
Petrolera	-Con el 15% de su consumo en los Estados Unidos de América. Todo el almidón de papa usado en este caso es pregelatinizado y frecuentemente estabilizado contra ataques microbiológicos.
Aguas residuales	-El uso de almidón catiónico de papa como floculante en el tratamiento de aguas, aglutinante de tabletas y pastillas, apresto textil para la urdimbre y aglutinante en fundición.

Fuente: (Mitch, 1984 págs. 479-490)

Realizado por: Orbea, Karla. 2020

1.5.1.12 Obtención del almidón de papa

Para la obtención del almidón de papa se utilizó el método de vía húmeda realizado por el Instituto Internacional del almidón (1999), que sugiere extraer el almidón, de la papa residual mediante el método de vía húmeda, el cual consiste en realizar los siguientes pasos: lavado, corte, triturado, sedimentado, decantado, secado, pulverizado, tamizado y almacenado. (Villalobos et al., 2014: pág. 268)

En este caso, se adicionó el paso de pelado, ya que al ser una papa de desecho algunas presentaban color verde por la presencia de glicoalcaloides y esto podrían afectar al proceso de obtención del

almidón, ya que las condiciones de almacenamiento desfavorables causan pérdidas de almidón y, en el peor de los casos, papas muertas y rotas, que son perjudiciales para el proceso. (International Starch Institute, 1999)

1.5.1.13 Características del almidón de papa como agente plastificante

Sus características más importantes son su alta consistencia en la gelificación seguida por una disminución en la viscosidad después de un calentamiento y agitación adicionales; su baja temperatura de gelatinización y su excelente formación de película flexible y fuerza de adhesión. (FAO, 2008)

Punto de gelatinización

La modificación más importante del almidón de papa es la pregelatinización haciendo que este sea dispersable en agua fría. El almidón pregelatinizado puede ser usado directamente en muchas aplicaciones sin la necesidad de ser cocinado al momento de su uso. (FAO, 2008)

Cuando una solución acuosa de almidón se calienta, sus gránulos se hinchan y producen una solución viscosa, más o menos estable al calentamiento, y que al enfriarse puede o no producir geles de diferente grado de firmeza y estabilidad. Cada almidón tiene un diferente grado de cristalización y por lo tanto se hincha y gelatiniza en distintas condiciones de temperatura. La temperatura en la que se pierde la birrefringencia y se produce el máximo hinchamiento de los gránulos de almidón se llama temperatura de gelatinización. (Barrera et al., 2004 pág. 102)

Simbología:

Mg: Minutos en los que se alcanza la temperatura Tg.

Vm: Viscosidad máxima durante el calentamiento.

Mm: Minutos en los que se alcanza la viscosidad máxima Vm.

Vr: Viscosidad al enfriar a 50 °C.

Tg: Temperatura a la cual comienza un brusco ascenso en la viscosidad.

Tabla 7-2: Interpretación de las curvas de viscosidad Brabender para varios almidones

Almidón	Mg min	Vm U.S	Mm min	Vr. U. S	Ve U. S	Tg °C	Facilidad cocción Mm- Mg	Inest.del gel Vm-Vr	Ind. gelif. Ve- Vr
Mashua	25.5	1060	56	1045	1290	62	30.5	15	245
Melloco	26.0	1040	57	1030	1340	63	31.0	10	310
Miso	26.0	410	44	410	590	62	18.5	0	180
Oca	23.0	1300	39	620	770	60	16.5	680	150
Z. Blanca	20.5	1080	26	260	310	58	5.5	820	50
Achira	22.6	1200	39	800	850	60	17.0	260	50
Papa	3.3	1490	13	605	675	62	10	885	70
Yuca	6.6	410	10	280	295	60	4.4	130	15

Fuente: (Barrera et al., 2004 pág. 102)

Realizado por: Orbea, Karla. 2020

Punto de retrogradación

Este fenómeno se define como la insolubilización y precipitación espontánea de las moléculas de amilosa, debido a que sus cadenas lineales se orientan paralelamente por puentes de hidrógeno. Cada almidón tiene una tendencia diferente a la retrogradación que está relacionada con su contenido de amilosa (UNAM, 2008). Existen dos tipos de retrogradación dependiendo de la concentración y la temperatura a la cual es expuesto el almidón:

- Rápida: Al calentar una solución concentrada de amilosa y se enfría rápidamente hasta temperatura ambiente, se forma un gel rígido y reversible. (UNAM, 2008)
- Lenta: Una solución diluida, se vuelve opaca y precipita cuando después de calentarse, se deja enfriar lentamente hasta temperatura ambiente. (UNAM, 2008)

1.5.2 Plástico y bioplástico

1.5.2.1 Definición de plástico convencional

La molécula básica (polímero) del plástico se basa en el carbono. Las materias primas para la producción de plásticos son los gases de petróleo y del carbón. La resina básica se produce por la reacción química de monómeros para formar moléculas de cadena larga llamada polímeros. (Soberón, 2007 pág. 3)

A este proceso se le denomina “polimerización”, el cual se efectúa por dos métodos:

- Polimerización por adición: en la cual dos o más monómeros similares tienen reacción directa para formar moléculas de cadena larga. (Soberón, 2007 pág. 3)
- Polimerización por condensación: en la cual reaccionan dos o más monómeros diferentes para formar moléculas largas y agua como subproducto. (Soberón, 2007 pág. 3)

1.5.2.2 Definición de bioplástico

Según la definición realizada por la *International Standard Organization* (2009), los bioplásticos son definidos como aquellos plásticos que se degradan por la acción de microorganismos. Son estructuras poliméricas que permiten mantener completamente la integridad física durante su manufactura, posterior almacenamiento, envasado, vida en estanterías y uso por el consumidor, pero al final de su vida útil son desechados y sufren cambios químicos por influencia de agentes ambientales y microorganismos, que lo transforman en sustancias simples o en componentes menores que eventualmente se asimilan al medio ambiente. (Escudero, 2011. pág. 70)

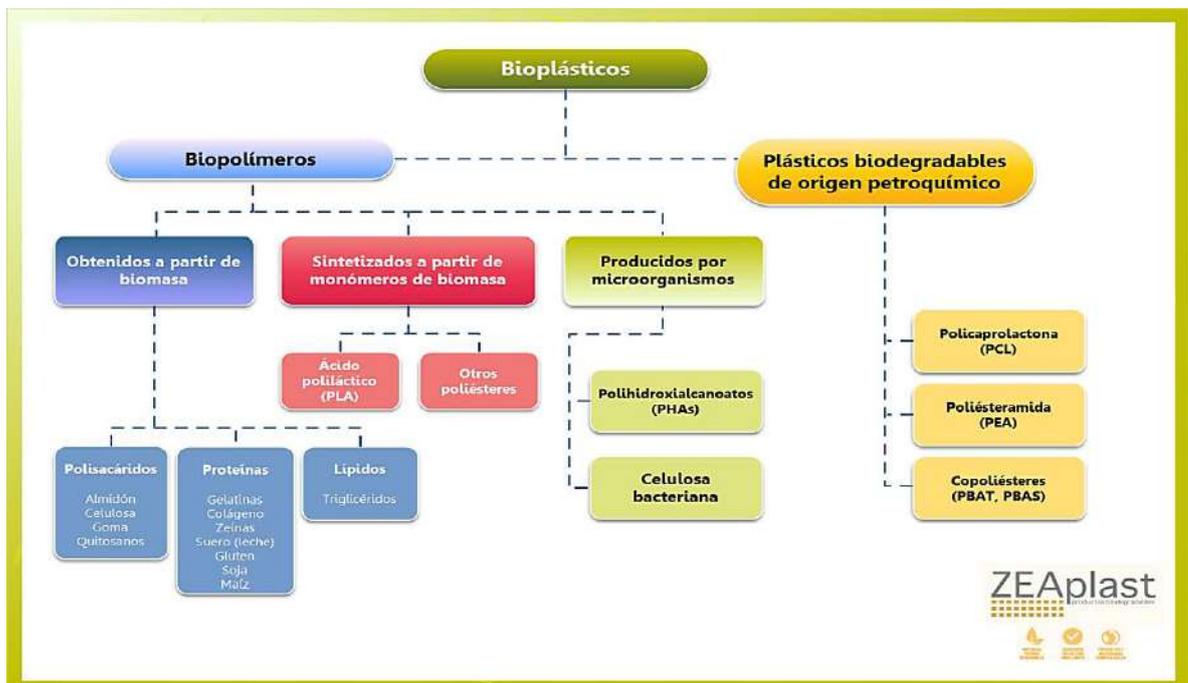


Figura 4-2: Tipos de bioplásticos

Fuente: (ZEAplast, 2012)

1.5.3 Elementos para la elaboración de bioplástico a partir de biomasa

1.5.3.1 Polisacáridos

Para elaborar un biopolímero a partir de biomasa, se necesita como base un polisacárido con un alto peso molecular, puede ser cualquier tipo de almidón como: el de maíz, yuca, papa o trigo. Puede encontrarse en concentraciones entre el 30 y el 70 % de la composición polimérica. El almidón puede usarse en su estado nativo o modificado. Algunos tipos de almidones modificados químicamente como el hidroxipropilado, tienen efectos positivos sobre las películas obtenidas a partir de éste, tales como aumento de la elongación y la resistencia al momento de ruptura, mayor flexibilidad, y, disminución de la permeabilidad al vapor de agua. (Janson et al., 2005 págs. 423-433)

1.5.3.2 Plastificantes

El plastificante es una sustancia normalmente líquida y de viscosidad mayor a la del agua que se adiciona a la mezcla con el fin de mejorar la flexibilidad del material mediante la reducción de las fuerzas intermoleculares (Veiga et al., 2005 págs. 341-349). Los glicoles de peso molecular bajos o cadenas cortas son efectivos para plastificar mientras que los de cadenas largas o altos pesos moleculares fallan en dicha función. (Bastioli et al., 1996 pág. 7)

Entre los plastificantes más usados tenemos al glicerol y a la glicerina, esta última es la más usada pues en la formulación hace que el producto final incremente su permeabilidad al vapor ésta debido a su naturaleza hidrofílica el cual fácilmente forma puentes de hidrógeno con las moléculas de agua (Dias Alvez et al., 2007 págs. 941-946)

1.5.3.3 Agua

Hay varios reportes acerca de la necesidad de usar agua para el procesamiento del almidón (obtención de almidón termoplástico) antes de mezclarse con otros polímeros. De este modo, el contenido de agua del almidón puede variar desde un almidón prácticamente seco hasta un contenido de humedad del 25 % en peso. (Enríquez et al., 2012 pág. 188)

1.5.3.4 Aditivos

La función que puede cumplir un aditivo en una mezcla polimérica o película biodegradable depende del tipo de aditivo a agregar y del resultado que se desea obtener. Los aditivos más

utilizados son los fungicidas, herbicidas, antioxidantes, fertilizantes y estabilizantes. (Enríquez et al., 2012 pág. 188) El aditivo más utilizado para evitar la proliferación de microorganismos es el bicarbonato de sodio (NaHCO_3) se utiliza para evitar el crecimiento de microbios en la superficie del material, así como para atenuar la biodegradación de la matriz polimérica (evitar que el material se degrade demasiado rápido o antes de que termine su función). (Enríquez et al., 2012 pág. 188)

1.5.3.5 Agentes desestructurantes

Los agentes desestructurantes se agregan exclusivamente al almidón con el fin de “desbaratar” su estructura, mejorar su procesabilidad y su unión con otros polímeros (Bastioli et al., 1996 pág. 188). Se puede utilizar urea o los ácidos grasos como aceites de diferentes tipos como de maíz, palma o girasol.

1.5.3.6 Agentes acoplantes

También llamados mediadores de fase o compatibilizadores. En una mezcla filmogénica polimérica, puede considerarse que el almidón se encuentra en fase dispersa, mientras que algún copolímero de la mezcla se encuentra en fase continua. El agente acoplante tiene como función servir como mediador de fases. (Tomka, 1998 pág. 22).

Entre los agentes acoplantes encontramos al ácido acético que reduce la naturaleza hidrofílica del almidón, otorgándole particularidades hidrofóbicas a dicho material con cual se trabaje (Rosales, 2016).

1.5.3.7 Agentes para aportar transparencia

Ciertas sales inorgánicas como el cloruro de sodio (NaCl) mejoran propiedades al polímero como la transparencia, el módulo de Young y la resistencia al esfuerzo cortante, cumple con la función de extensor dentro de la mezcla. (Álvarez, 2017 págs. 37-44.)

1.5.4 Pruebas para la caracterización fisicoquímica del bioplástico

Tabla 8-2: Pruebas según normativas/métodos vigentes para la caracterización del bioplástico

Prueba	Tipo de prueba	Normativa o método utilizado	Breve descripción
Porcentaje de amilosa	Cuantitativa	Morrison y Laignelet (1983)	Nos permite reconocer el porcentaje de amilosa y amilopectina en 1 Kg de muestra de almidón.
Porcentaje de humedad	Cuantitativa	U. Florida (1970)	Nos indica el porcentaje de humedad en 1 Kg de muestra de almidón.
Análisis sensorial	Cualitativa	Tubón (2013)	Califica al plástico obtenido según atributos organolépticos.
Solubilidad	Cuantitativa	Escobar (2009)	Permite conocer la cantidad de material seco soluble en agua después de una hora de inmersión en el agua.
Permeabilidad al vapor de agua	Cuantitativa	ASTM E96	Permite determinar la transferencia de agua en un material.
Tracción en un solo sentido	Cuantitativa	INEN 2635:2012	Es el máximo esfuerzo que presenta un material antes de su rotura
Espesor	Cuantitativa	INEN 2542:2010	Debe cumplir con las especificaciones establecidas en la normativa, y se lo debe realizar con un calibrador pie de rey y un micrómetro.
Biodegradabilidad por medio de compost	Cuantitativa	Garófalo (2010), ASTM D6400	El material debe degradarse en poco tiempo, en condiciones de compostaje.

Realizado por: Orbea, Karla. 2020

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1 Hipótesis e identificación de las variables

2.1.1 General

Al utilizar el almidón que proviene de dos variedades de papas: INIAP-Cecilia (*Solanum Tuberosum L.*) y Superchola (*Solanum Tuberosum*) y variando las condiciones de los elementos que cumplen la función de: plastificantes, aditivos, desestructurantes, acoplantes y de transparencia, se logrará adquirir una pasta denominada “bioplástico” que posea las características similares a los plásticos convencionales, en base a las normativas INEN y ASTM vigentes.

2.1.2 Específicas

- El bioplástico obtenido de las papas de desecho, tiene la característica principal de ser amigable con el medio ambiente, es decir es degrada en menor tiempo.
- El bioplástico obtenido puede ser destinado para varios usos industriales, dejando a un lado el plástico convencional.

2.1.3 Identificación de las Variables

2.1.3.1 Variable Independiente

- Combinación de los diferentes elementos para la elaboración de bioplástico a partir de biomasa

2.1.3.2 Variables dependientes

- Rendimiento del almidón
- Porcentaje de amilosa
- Humedad
- Solubilidad

- Permeabilidad al vapor de agua
- Espesor
- Biodegradabilidad
- Resistencia

2.1.4 Matriz de consistencia

Tabla 1-3: Matriz de consistencia de la investigación

ASPECTOS GENERALES	Problema General	Existe gran desperdicio de alimentos orgánicos tales como los tubérculos, los cuales pueden ser utilizados como fuente para la elaboración de bioplásticos.
	Objetivo General	Identificar el contenido de almidón en dos variedades de papas: INIAP-Cecilia (<i>Solanum Tuberosum L.</i>) y Superchola (<i>Solanum Tuberosum.</i>) para elaboración de bioplástico.
	Hipótesis General	Al utilizar el almidón que proviene de dos variedades de papas: INIAP-Cecilia (<i>Solanum Tuberosum L.</i>) y Superchola (<i>Solanum Tuberosum</i>) y variando las condiciones de los elementos que cumplen la función de: plastificantes, aditivos, desestructurantes, acoplantes y de transparencia, se logrará adquirir una pasta denominada “bioplástico” que posea las características similares a los plásticos convencionales, en base a las normativas INEN y ASTM vigentes.
ASPECTOS ESPECÍFICOS	Objetivos específicos	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar la disponibilidad de producción agrícola de las papas INIAP-Cecilia y Superchola en el Ecuador, mediante bibliografía. • Analizar el rendimiento del almidón obtenido de las dos variedades de papas para la elaboración de bioplástico. • Realizar la caracterización fisicoquímica del bioplástico obtenido a partir de las dos clases de almidón de papas, según normas INEN y ASTM vigentes para cada caso.
	Hipótesis específicas	<ul style="list-style-type: none"> • El bioplástico obtenido de las papas de desecho, tiene la característica principal de ser amigable con el medio ambiente, es decir es degradada en menor tiempo. • El bioplástico obtenido puede ser destinado para varios usos industriales, dejando a un lado el plástico convencional.
	VARIABLES	<ul style="list-style-type: none"> • Variable independiente: Combinación de los diferentes elementos para la elaboración de bioplástico a partir de biomasa.

		<ul style="list-style-type: none"> • Variables dependientes: Rendimiento del almidón, porcentaje de amilosa, humedad, solubilidad, permeabilidad al vapor de agua, espesor, biodegradabilidad y resistencia
	Técnicas de recolección de datos para casa una de las variables.	Bibliografía y análisis e interpretación de datos mediante la utilización de un software.

Realizado por: Orbea, Karla. 2020

2.2 Tipo y diseño de la investigación

2.2.1 Tipo de Investigación

La investigación llevada a cabo es de tipo exploratoria pues esta se puede aplicar para generar el criterio y dar prioridad a algunos problemas. El estudio exploratorio también es útil para incrementar el grado de conocimiento del investigador respecto al problema. Especialmente para un investigador que es nuevo en el campo del problema. (Naghi, 2005 pág. 89)

El estudio es de tipo exploratorio, ya que se da prioridad a dos problemas, el desperdicio de los alimentos orgánicos en el país, y el incremento del uso de los plásticos de fuentes no renovables, lo cual conlleva a utilizar el almidón de las papas de desecho, para convertirlo en bioplástico para múltiples usos.

2.2.2 Diseño de la investigación

El diseño experimental de la investigación utilizada es de tipo exploratorio clásico con un diseño factorial 2^k . Se utilizó este tipo de diseño pues es el más poderoso, y permite realizar la comparación, control, manipulación y normalmente generalización de los datos obtenidos y es muy confiable. (Naghi, 2005 pág. 99)

Comparación y control: Es una operación para demostrar que dos variables están correlacionadas. (Naghi, 2005 pág. 96)

Manipulación: Implica que si X es causa de Y, un cambio en X será seguido de un cambio en Y, se supone que son relaciones asimétricas, una variable es la fuerza determinadora y la otra es una respuesta. (Naghi, 2005 pág. 97)

El diseño factorial 2^k , permite considerar dos o más variables independientes actuando conjuntamente en la experimentación. (Naghi, 2005 pág. 100) Un diseño factorial es un tipo de experimento planteado que permite estudiar los efectos que varios factores pueden tener en una respuesta. Al realizar un experimento variar los niveles de todos los factores al mismo tiempo en lugar de uno a la vez, permite estudiar las interacciones entre los factores. (Minitab, 2019)

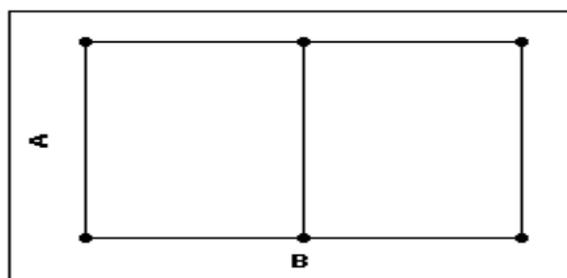


Figura N°1-3: Diseño de dos factores.
Fuente: (Minitab, 2019)

Descripción: Cada punto representa una combinación única de niveles de factores. (Minitab, 2019)

- 2 niveles del factor A
- 3 niveles del factor B

Se utilizó la metodología dada por varios autores que han sugerido el uso de un diseño factorial 2^k para la realización de bioplásticos a partir del almidón de la papa, estableciendo así un nivel alto (+) y bajo (-) de los elementos tales como la glicerina que actúa como agente plastificante y el ácido acético que ejerce como agente acoplante. Las combinaciones o tratamientos se realizaron en el programa estadístico Minitab®, en su versión gratuita para estudiantes, el cual generó 4 tratamientos, los cuales se realizaron por duplicado ya que se trabajó con dos tipos de almidones de papa.

Tabla 2-3: Niveles altos y bajos, establecidos por diferentes autores para la realización de bioplástico de papa.

Niveles	Nivel alto (+1)		Nivel bajo (-1)	
	Glicerina	Ácido acético	Glicerina	Ácido acético
(Heredia Jara et al., 2019 pág. 71)	6	6	2.5	2.5
(Charro, 2015 pág. 30)	4.5	6	3	3
(Guamán, 2019 pág. 27)	5	7.5	3.95	3.95

Realizado por: Orbea, Karla. 2020

Tabla 3-3: Niveles altos y bajos, establecidos por el programa Minitab ®

Tratamiento	Valor de los niveles	Factores	
		Glicerina	Ácido acético
T1	[-1, -1]	-1	-1
T2	[1, -1]	1	-1
T3	[-1, 1]	-1	1
T4	[1, 1]	1	1

Realizado por: Orbea, Karla. 2020

2.3 Población de estudio

La población considerada para el presente estudio fue las papas de desecho que se obtiene en el mercado mayorista de la ciudad de Latacunga, en la bodega de abasto: “Centro de acopio de papas, para la zona centro del país”.

2.4 Tamaño de la muestra

Se trabajó con 5 Kg (11.02 lb) de papas en total, es decir 2,5 Kg (5.51 lb) de papas de cada variedad.

2.5 Sección de muestra

Se esgrimieron las papas que no cumplían con el tamaño para la venta, es decir se utilizaron las papas de desecho que usualmente se usan para la alimentación de animales.

2.6 Técnica de recolección de datos

Las técnicas que se utilizaron para la recolección de datos fueron:

Tabla 4-3: Técnicas de recolección de datos

Técnicas de recolección de datos	Instrumento
Recolección de información	Fuentes bibliografías de internet y de la biblioteca de la ESPOCH
Análisis y tratamiento de resultados	Excel Programa estadístico Minitab®

Elaborado por: Karla Orbea, 2020.

2.7 Metodologías para para la recolección de datos experimentales

2.7.1 Lugar de realización

- El trabajo de integración curricular se lo llevo a cabo en el laboratorio de “Laboratorio de Investigación” de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

2.7.1.1 Materiales, equipos y reactivos

Materia prima

- Almidón de papa Superchola
- Almidón de papa Leona Blanca

Reactivos

- Agua destilada (H_2O)
- Glicerina ($C_3H_8O_3$)
- Ácido acético (CH_3COOH)
- Cloruro de sodio ($NaCl$)
- Aceite de girasol
- Bicarbonato de sodio ($NaHCO_3$)
- Gel de sílice (SiO_2)

Materiales

- Vaso de precipitación de 200 mL
- Varilla de agitación
- Espátula
- Cajas Petri de vidrio
- Colador de plástico
- Papel aluminio
- Mortero de porcelana con pistilo
- Moldes de vidrio
- Pipeta Pasteur

Equipos

- Reverbero
- Estufa
- Agitador magnético
- Rallador de acero inoxidable
- Cronometro
- Balanza analítica
- Cámara fotográfica
- Termómetro
- Máquina de ensayos universal WAW-600B

2.8 Fase de laboratorio

2.8.1 Extracción del almidón de papa

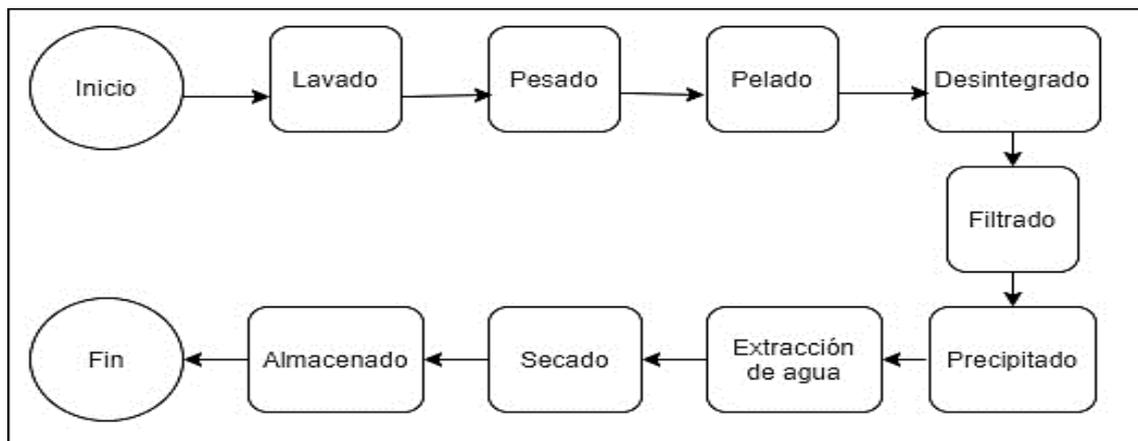


Figura N°2-3: Diagrama de flujo del proceso de extracción del almidón de papa
Realizado por: Orbea, Karla. 2020

Para la obtención del almidón de papa se utilizó el método de vía húmeda, el cual consiste en lavado, corte, triturado, sedimentado, decantado, secado, pulverizado, tamizado y almacenado (Villalobos et al., 2014 pág. 268).

- **Lavado:** Lavar las papas con abundante agua y jabón para retirar cualquier rastro de tierra.
- **Pelado:** Pelar las papas con ayuda de un pelador o cuchillo, en caso de que la papa tenga una coloración verde, es mejor retirar aquella coloración ya que es indicio de que la papa

estado expuesto a la luz y aumentado su clorofila, la coloración verde es presencia de toxinas de tipo glicoalcaloides (por lo general, solanina y chocanina).

- **Pesado:** Pesar las papas en la balanza analítica.
- **Desintegrado:** Con la ayuda de un rayador de acero inoxidable utilizando la parte más fina se procede a desintegrar el producto hasta obtener un puré.
- **Filtrado:** Con la ayuda de un colador fino, filtrar el puré, mientras vamos filtrando utilizar agua fría, para obtener un tipo de lechada.
- **Precipitado:** Recoger la lechada en un recipiente hondo, y esperar de 12 a 24 horas para que el almidón precipite, o hasta que la espuma formada desaparezca por completo y se pueda observar el almidón en el fondo del recipiente.
- **Extracción de agua:** Extraer el agua de manera manual inclinando el recipiente, con la precaución de no deshacernos del almidón precipitado.
- **Secado:** Colocar en una estufa el almidón a 90°C, durante 45 minutos aproximadamente o hasta notar que está completamente seco, formara una especie de polvo blanco y suelto.
- **Almacenado:** Almacenar el almidón en una funda tipo ziploc o en un envase hermético de preferencia con bolsas de gel de sílice (SiO₂) para que estas absorban la humedad del ambiente.

2.8.2 Rendimiento y caracterización del almidón

2.8.2.1 Rendimiento del almidón

Para el rendimiento del almidón se utilizó la definición elaborada por Mitch, 1984., que define al rendimiento de un almidón como el principal requisito para que las industrias puedan producir fécula en variedades con alto potencial de rendimiento y alto contenido de materia seca que permitan obtener una materia prima a precios competitivos. Cabe destacar que el concepto de

rendimiento también se encuentra vinculado al de eficiencia o al de efectividad. La eficiencia es la capacidad de lograr un resultado empleando la menor cantidad posible de recursos, mientras que la efectividad se centra directamente en la capacidad de obtener el efecto que se busca. (Pérez Porto et al., 2012) Para calcular el rendimiento del almidón obtenido de cada variedad de papa se utilizó la fórmula sugerida por el Instituto Internacional del almidón.

$$\%Rendimiento = \frac{\text{Peso del producto final}}{\text{Peso del producto inicial}} \times 100 \quad \text{Ecuación 1.}$$

Donde:

Peso del producto final: Peso final de almidón obtenido en base húmeda

Peso del producto inicial: Peso final de almidón obtenido en base seca

Este método empírico se utiliza para liquidar cuentas con proveedores de papas a fábricas de almidón. Sin embargo, las condiciones de almacenamiento desfavorables pueden causar la conversión enzimática del almidón en glucosa que afecta el rendimiento del almidón sin cambiar el peso bajo el agua y la densidad de las papas. (Instituto Internacional del almidón, 1999)

2.8.2.2 Caracterización del almidón

Para la caracterización del almidón, se realizaron pruebas del porcentaje de humedad y el porcentaje de amilosa, en muestras de 1 Kg cada una en el INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias), en su estación experimental Santa Catalina en el cantón Mejía.

2.8.3 Elaboración del bioplástico en base al diseño factorial 2^k

2.8.3.1 Formulaciones

Las formulaciones para la elaboración del bioplástico, se las realizó en base a investigaciones previas referentes a la preparación de biopolímeros, se tomó en cuenta los trabajos de investigación elaborados por Heredia Jara et al., 2019, Charro. 2015 y Guamán. 2019, tomando en cuenta los niveles altos y bajos sugeridos por cada autor, en donde se utilizó el diseño factorial 2^k , con una $k=2$ donde las dos variables a ser controladas fueron la glicerina y el ácido acético. En donde se realizaron cuatro tratamientos, por duplicado, ya que uno fue realizado con el almidón de papa leona blanca, y el otro con almidón de papa Superchola. Los niveles altos y bajos

fueron introducidos en el programa estadístico de Minitab ® donde se generó el siguiente modelo estadístico:

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

$$\text{para } i = 1, 2 \quad j = 1, 2 \quad k = 1, \dots, 4$$

Donde:

μ = Media general.

α_i = Efecto sobre la media causado por el nivel i de la glicerina.

β_j = Efecto sobre la media causado por el nivel j del ácido acético.

$\alpha\beta_{ij}$ = Efecto sobre la media causado por la interacción del nivel i de la glicerina y el nivel j del ácido acético.

ε_{ijk} = Error aleatorio.

Tabla N°5-3: Tratamientos y replicas para el diseño 2^2

Tratamientos	4
Replica	4
U. Experimental	16

Realizado por: Orbea, Karla. 2020

Tabla N°6-3: Combinaciones para el diseño 2^2

Combinaciones	A	B	A: Glicerina	B: Ácido
1	-1	-1	3.15	3.15
A	1	-1	5.16	3.15
B	-1	1	3.15	6.5
AB	1	1	5.16	6.5

Realizado por: Orbea, Karla. 2020

Tabla N°7-3: Formulaciones para los tratamientos en base al diseño 2^2

Tratamiento	Valor de los niveles	Factores	
		Glicerina	Ácido
T1	[-1, -1]	3.15	3.15
T2	[1, -1]	5.16	3.15
T3	[-1, 1]	3.15	6.5
T4	[1, 1]	5.16	6.5

Realizado por: Orbea, Karla. 2020

Se consideró como variables al ácido acético ya que este actúa como agente acoplante proporcionado características hidrofílicas, y a la glicerina ya que actúa como agente plastificante que proporciona de elasticidad y flexibilidad.

Con respecto al nivel de almidón que se utilizó para la preparación del bioplástico, se utilizó como referencia los niveles establecidos por Jasson et al., (2005), que menciona que los polisacáridos pueden encontrarse en concentraciones entre el 30 y el 70 %. Para lo cual es fijo un total del 40% de almidón en la base del biopolímero. El nivel de agua utilizado para diluir los diferentes elementos fue el elaborado por Enríquez et al., (2012) que menciona que debe tener un contenido de humedad del 25 % en peso.

Como aditivo para el bioplástico se utilizó bicarbonato de sodio (NaHCO_3), según Enríquez et al., 2012 el porcentaje de aditivos debe ser menor al 1%, se empleó 0.5 g de bicarbonato, como agente fungicida y estabilizante. El agente desestructurante utilizado fue el aceite de girasol, y se utilizó la cantidad recomendada por Heredia Jara et al., (2019) de 1 mL, y finalmente para que el bioplástico adquiriera transparencia se utilizó 1 g de NaCl, de igual manera señalado por el mismo autor. Finalmente, al realizar las mezclas de los diferentes tratamientos, estos deben alcanzar un pH de entre 5.3-5.5, que es el potencial hidrógeno ideal para plastificar una sustancia. (Guerrero, 2016 pág. 20)

Tabla N°8-3: Formulaciones para la elaboración de bioplástico de papa

Cantidades peso a peso							
Tratamiento	Agua (mL)	Cloruro de sodio (g)	Aceite de girasol (mL)	Bicarbonato de sodio (g)	Almidón (g)	Glicerina (mL)	Ácido acético (mL)
1	40	1	1	0.5	4	3.15	3.15
2	40	1	1	0.5	4	5.16	3.15
3	40	1	1	0.5	4	3.15	6.5
4	40	1	1	0.5	4	5.16	6.5

Realizado por: Orbea, Karla. 2020

Cabe recalcar que estas formulaciones se la realizaron por duplicado, ya que se utilizó dos clases de almidón. El esquema del diseño experimental para la elaboración de bioplástico indica cuatro replicas, para cada formulación, lo cual origina 16 unidades experimentales.

Tabla N°9-3: Esquemización del diseño experimental

FORMULACIONES															
F1				F2				F3				F4			
R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4

Realizado por: Orbea, Karla. 2020

Simbología:

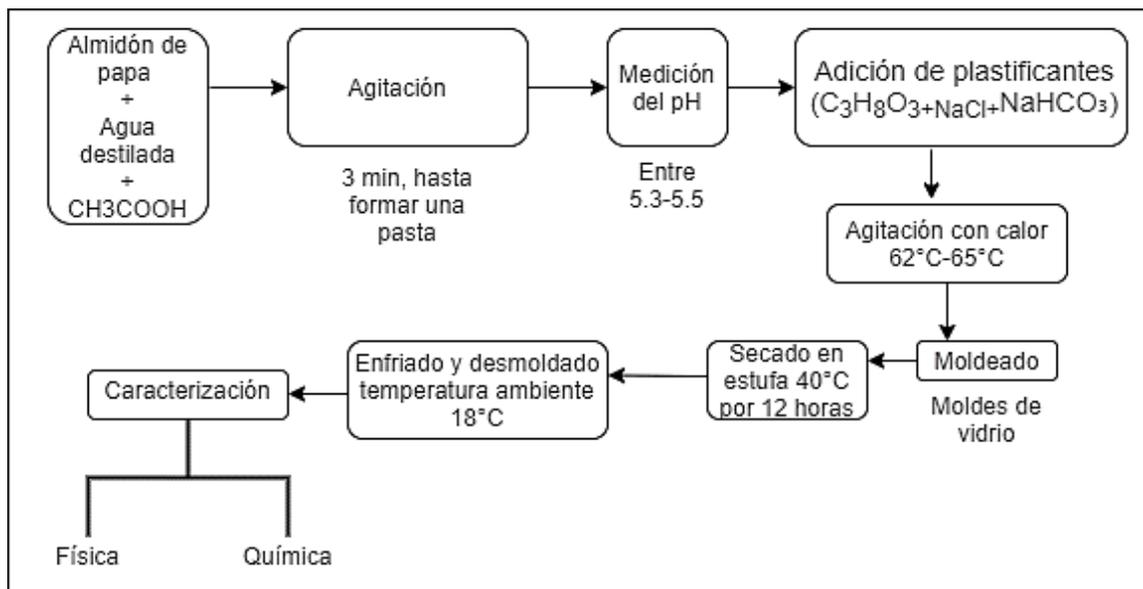
F= Formulaciones

R= Réplica

2.8.3.2 Elaboración de bioplástico

Para la elaboración de bioplástico se siguió la metodología realizada por Charro, Margarita. (2015), con algunas modificaciones sugeridas y elaboradas por Enríquez et al., (2012), que es la adición del bicarbonato de sodio como aditivo, y el uso de aceite de girasol como agente desmoldante sugerido por Heredia Jara et al., 2019.

Figura N°3-3: Diagrama de flujo del proceso de elaboración del bioplástico



Fuente: (Charro, 2015 pág. 31)

Realizado por: Orbea, Karla. 2020

2.8.4 Caracterización fisicoquímica del bioplástico

2.8.4.1 Análisis sensorial

El análisis sensorial es el examen de las propiedades organolépticas de un producto realizable con los sentidos humanos (Ahued, 2019) por tal motivo los parámetros más importantes que se tomó en cuenta para que sea considerado como aceptable fueron la textura, la flexibilidad y la resistencia. (Tubón, 2013 pág. 43)

La valoración de los atributos de las láminas de bioplástico en base a su respectiva formulación en la evaluación sensorial, se realizó mediante una tabla de puntuación estructurada con una calificación de 1 y 5 es decir, de una menor puntuación (inaceptable) a mayor puntuación (aceptable), según la apreciación del tacto y la vista ante los parámetros organolépticos. (Guamán, 2019 pág. 34)

Tabla N°10-3: Valoración para el examen sensorial

Atributos organolépticos				Puntos
Opaco	Áspera	Poco flexible	Débil	1
Traslúcido	Lisa	Flexible	Fuerte	5

Fuente: (Guamán, 2019 pág. 34)

Realizado por: Orbea, Karla. 2020

2.8.4.2 Solubilidad

Para esta prueba se utilizó el método realizado en la revista del Laboratorio Tecnológico del Uruguay, en su artículo: *“PELICULAS BIODEGRADABLES Y COMESTIBLES DESARROLLADAS EN BASE A AISLADO DE PROTEÍNAS DE SUERO LÁCTEO: ESTUDIO DE DOS MÉTODOS DE ELABORACIÓN Y DEL USO DE SORBATO DE POTASIO COMO CONSERVADOR. (2009)”*

Las películas de 5 cm x 1 cm secas se colocaron en 80 mL de agua desionizada con una agitación de 100 rpm durante una hora, posteriormente se filtró y se colocó en la estufa a 40 °C hasta que esté seca y luego a 105 °C hasta que tenga un peso constante. Se realizaron ensayos por duplicado de cada tipo de película. (Charro, 2015 pág. 32). Se calculó la solubilidad con la siguiente fórmula:

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

Ecuación 2.

2.8.4.3 Permeabilidad al vapor de agua

Para esta prueba se utilizó la ASTM-E96/96-M, este método de prueba cubre la determinación de la transmisión de vapor de agua (WVT) de materiales a través de los cuales el paso del vapor de agua puede ser importante, como papel, películas plásticas. (ASTM International, 2016).

Para realizar esta prueba se debe trabajar a 25°C y con una humedad relativa del 75%, y se utilizó la adaptación elaborada por Charro, Margarita. 2012, donde la muestra de 1cm x 0.5 cm se selló

en la boca abierta de un tubo de ensayo que contiene 2 g de sílica gel (desecante) en el fondo, se pesa periódicamente para determinar la tasa de vapor de agua de circulación a través de la muestra. Se hicieron los ensayos por duplicado cada tipo de película. (Charro, 2015 pág. 32)

Para determinar la transmisión de vapor de agua (WVT), se utilizó la siguiente fórmula:

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

Ecuación 3.

Donde:

WVP = es la permeabilidad al vapor de agua en (g/hmMPa)

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

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

HR2 = es la humedad relativa de la cámara con solución de cloruro de sodio saturada (HR2= 75%).

HR1 = es la humedad relativa en el interior de la celda (HR1= 0%).

Z = es el espesor en (m). (Charro, 2015 pág. 33)

2.8.4.4 Tracción en un solo sentido

Este examen se realizó según la normativa INEN 2635:012: “Método de ensayo para las propiedades de tracción de láminas plásticas delgadas”. Esta norma describe el método de ensayo para determinar las propiedades de tracción de los plásticos en forma de láminas delgadas y película. (INEN 2635, 2012)

Para lo cual, se utiliza la máquina de ensayos universal WAW-600B, los cuales se llevaron a cabo en el laboratorio de ensayo de materiales “LenMav”, en la ciudad de Riobamba.

Las probetas a ser utilizadas en este ensayo deben cumplir los siguientes requisitos:

Simbología:

L3: Longitud total=248 mm

L1: longitud de la parte calibrada=60 ± 0.5mm

R: radio 60 ± 0.5 mm

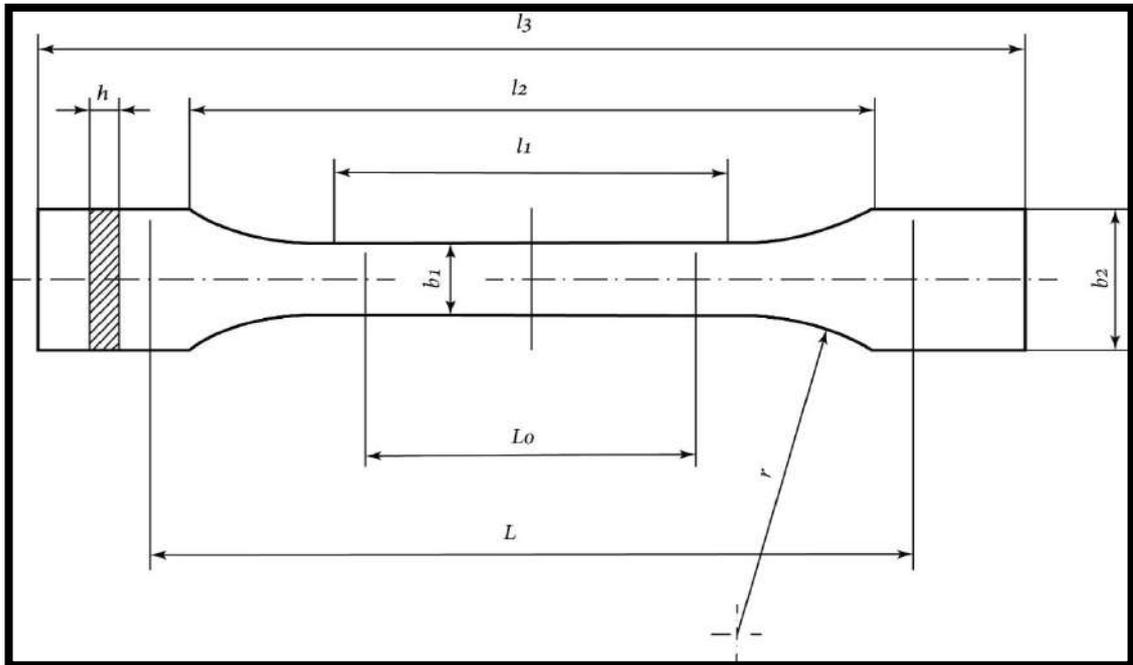
l2: Distancia entre porciones de ancho paralelo= 108 ± 1.6 mm

b2: Ancho de los extremos= $20,0 \pm 0.2$ mm

b1: Ancho en la parte angosta = 10.0 ± 0.2 mm

e: Espesor preferido = 4.0 ± 2 mm

Gráfico 5-3: Medidas que debe poseer la probeta para el ensayo de tracción en un solo sentido



Fuente: (INEN 2635, 2012)

2.8.4.5 Espesor

Para el ensayo de espesor, se utilizó la normativa INEN 2542:2010: “Método de ensayo para las propiedades de tracción de láminas plásticas delgadas”, que establece que las láminas deben ser medidas con los instrumentos pertinentes para establecer dimensiones nominales de largo, ancho, espesor. Deben ser medidas con la ayuda de un calibrador pie de rey y un micrómetro. (INEN 2542, 2010)

Para esto se utilizó un calibrador pie de rey marca Mitutoyo cuya resolución es de 0.01mm y un error de indicación: ± 0.02 mm, y un micrómetro de la misma marca cuya plenitud es de 0.000012 pulg. Para lo cual se cumplió con las medidas descritas en el apartado 2.8.4.4, que son las medidas que deben cumplir las probetas.

2.8.4.6 Biodegradabilidad por medio de compost

Esta prueba consiste en recortar láminas de 5cm x 1 cm, las cuales serán ubicadas en cajas Petri rellenas con humus, se utilizó el de la marca “Pro-Mix”, el cual es rico en microorganismos, cada muestra estará acompañada de un testigo de plástico de origen pétreo, el cual fue una malla tipo mosquitero, ya que los pequeños orificios permitieron la entrada de los microorganismos y la humedad para una degradación más rápida. Durante la experimentación se consideró un tiempo de degradación de 5 días, con control en los días 2, 5, 10 y 15, evaluando así la pérdida de peso por método gravimétrico según la siguiente formula. (Garófalo, 2020 pág. 33)

$$\% \text{ Pérdida de peso} = \frac{(\text{peso inicial seco} - \text{peso final seco})}{\text{peso inicial seco}} * 100$$

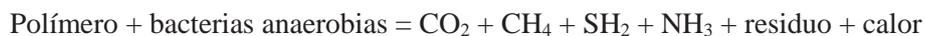
Ecuación 4.

En los materiales degradables el proceso biodegradativo puede verificarse en condiciones anaerobias o aerobias. (Rodríguez, 2012 pág. 71)

- Reacción en medio aerobio:



- Reacción en medio anaerobio:



Los factores que influyen en el proceso biodegradativo son las condiciones del medio (pH, temperatura, humedad, etc.), las características del polímero (peso molecular, enlaces químicos susceptibles a la hidrólisis, presencia de monómero residual o aditivos, etc.), dimensiones del material y las características del microorganismo (cantidad, tipo y fuente). (Rodríguez, 2012 pág. 71)

CAPÍTULO III

3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

3.1 Resultados

3.1.1 Rendimiento y caracterización del almidón

3.1.1.2 Cálculo del rendimiento

Tabla N° 1-4: Cálculo del rendimiento en la papa INIAP-Cecilia

Nombre común: INIAP-CECILIA		
Nombre científico: <i>Solanum Tuberosum L.</i>		
Nombre popular: Leona Blanca		
Acción	Cantidad	Unidad
Peso inicial de papa lavada y pelada	4.624	lb
Peso inicial de almidón obtenido en base húmeda	382 g	g
Peso final de almidón obtenido en base seca	248 g	g

Realizado por: Orbea, Karla. 2020

Según la ecuación 1:

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{248}{382} * 100\%$$

$$\% \text{Rendimiento de la papa leona blanca} = 64.92$$

Tabla N°2-4: Cálculo del rendimiento en la papa Superchola

Nombre común: Superchola		
Nombre científico: <i>Solanum Tuberosum</i>		
Nombre popular: Papa Chola		
Acción	Cantidad	Unidad
Peso inicial de papa lavada y pelada	4.638	lb
Peso inicial de almidón obtenido en base húmeda	542	g
Peso final de almidón obtenido en base seca	396	g

Realizado por: Orbea, Karla. 2020

Según la ecuación 1, para el rendimiento de la papa Superchola:

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{396}{542} * 100\%$$

$$\% \text{ Rendimiento de la papa Superchola} = 73.06$$

3.1.1.3 Caracterización del almidón

Para la caracterización fisicoquímica del almidón se llevaron a cabo tres pruebas, contenido de humedad, amilosa y amilopectina que se muestran a continuación:

Tabla N°3-4: Resultados de los análisis fisicoquímicos del almidón de papa INIAP-Cecilia

Parámetro	Método de referencia	Resultado
Contenido de humedad	U. Florida 1970	14.72%
Contenido de amilosa	Morrison y Laignelet 1983	30.16%
Contenido de amilopectina	Morrison y Laignelet 1983	69.84%

Realizado por: Orbea, Karla. 2020

Tabla N°4-4: Resultados de los análisis fisicoquímicos del almidón de papa Superchola

Parámetro	Método de referencia	Resultado
Contenido de humedad	U. Florida 1970	13.56%
Contenido de amilosa	Morrison y Laignelet 1983	21.92%
Contenido de amilopectina	Morrison y Laignelet 1983	78.08%

Realizado por: Orbea, Karla. 2020

3.1.2 Análisis sensorial del bioplástico obtenido a cada una de las clases de almidón

3.1.2.1 Análisis sensorial para el bioplástico de papa INIAP-Cecilia

De acuerdo en lo descrito en el apartado 2.8.4.1, se procedió a calificar al bioplástico obtenido de acuerdo a la clasificación de (Tubón, 2013). Según el análisis factorial propuesto 2², se realizaron 4 tratamientos, con 4 repeticiones cada uno, es decir en total 16 experimentaciones para cada uno de los bioplásticos formulados, de los cuales se seleccionó uno de cada grupo, es decir el que mejor calificación obtuvo para su evaluación sensorial.

Tabla 5-4: Rango de calificaciones para el análisis sensorial.

Rango de puntaje	Aspecto (A)	Textura (T)	Flexibilidad (F)	Resistencia (R)
1: Inaceptable	Muy opaco	Áspero	Nada flexible	Muy débil
2: Poco aceptable	Opaco	Semiáspero	Poco flexible	Débil
3: Moderadamente aceptable	Divisado	Semiliso con arrugas en la superficie	Medianamente flexible	Medianamente débil
4: Casi aceptable	Semitraslúcido	Semiliso	Flexible	Fuerte
5: Aceptable	Traslucido	Liso	Muy flexible	Muy fuerte

Realizado por: Orbea, Karla. 2020

Tabla N°6-4: Resultados del análisis sensorial para la variedad INIAP-Cecilia

Tratamiento	Nomenclatura	pH	Parámetros				
			(A)	(T)	(F)	(R)	(P)
1	[1]	5.5	3	3	2	2	10
2	[a]	5.3	4	4	4	3	15
3	[b]	5.3	5	4	4	5	18
4	[ab]	5.3	3	3	3	4	13

Realizado por: Orbea, Karla. 2020

Tabla N°7-4: Resultados del análisis sensorial para la variedad Superchola

Tratamiento	Nomenclatura	pH	Parámetros				
			(A)	(T)	(F)	(R)	(P)
1	[1']	5.2	2	4	3	3	12
2	[a']	5.3	3	4	3	4	14
3	[b']	5.3	5	4	4	4	17
4	[ab']	5.3	4	4	4	4	16

Realizado por: Orbea, Karla. 2020

3.1.3 Caracterización fisicoquímica de los bioplásticos

3.1.3.1 Análisis de solubilidad en el agua

En las siguientes tablas se pueden evaluar los datos del peso inicial y final que cada tipo de bioplástico obtuvo después de la prueba descrita en el apartado 2.8.4.2. Utilizando la ecuación 2, podemos determinar cuan soluble es el bioplástico, los datos se expresan en gramos.

Tabla N°8-4: Resultados del análisis de solubilidad en el agua del bioplástico obtenido de la variedad INIAP-Cecilia

Tratamiento	Nomenclatura	Parámetro				
		Peso inicial	Peso final húmedo	Cantidad de agua absorbida	Peso final seco	% de solubilidad
1	[1]	2.01	2.03	0.02	1.99	0.99
2	[a]	2.02	2.06	0.04	1.98	1.98
3	[b]	2.00	2.04	0.04	1.97	1.5
4	[ab]	2.03	2.08	0.05	1.99	1.97

Realizado por: Orbea, Karla. 2020

Tabla N°9-4: Resultados del análisis de solubilidad en el agua del bioplástico obtenido de la variedad Superchola

Tratamiento	Nomenclatura	Parámetro				
		Peso inicial	Peso final húmedo	Cantidad de agua absorbida	Peso final seco	% de solubilidad
1	[1']	2.00	2.02	0.02	1.99	0.5
2	[a']	2.02	2.04	0.02	1,97	2.47
3	[b']	2.02	2.06	0.04	1.99	1.48
4	[ab']	2.00	2.03	0.03	1,99	0.5

Realizado por: Orbea, Karla. 2020

3.1.3.2 Análisis de permeabilidad al vapor de agua

Para este tipo de ensayo se utilizó el procedimiento descrito en el apartado 2.8.4.3, y con la ecuación 3, se determinó cuan permeable al vapor de agua, resultó ser cada tipo de bioplástico formulado, donde : S' = Presión atmosférica en Riobamba.

Tabla N°10-4: Resultados del análisis de permeabilidad al vapor de agua del bioplástico obtenido de la variedad INIAP-Cecilia

Tratamiento	Nomenclatura	Parámetro					
		WVTR	S'	HR2	HR1	Z	WVP
		(g/h).	(MPa)	(%)	(%)	(m)	(g/hmMPa).
1	[1]	2	0.1017	0.75	0	0.004	0.104
2	[a]	2	0.1017	0.75	0	0.0039	0.05
3	[b]	2	0.1017	0.75	0	0.0039	0.05
4	[ab]	2	0.1017	0.75	0	0.004	0.104

Realizado por: Orbea, Karla. 2020

Tabla N°11-4: Resultados del análisis de permeabilidad al vapor de agua del bioplástico obtenido de la variedad Superchola

Tratamiento	Nomenclatura	Parámetro					
		WVTR	S´	HR2	HR1	Z	WVP
		(g/h).	(MPa)	(%)	(%)	(m)	(g/hmMPa).
1	[1']	2	0.1017	0.75	0	0.004	0.104
2	[a']	2	0.1017	0.75	0	0.004	0.104
3	[b']	2	0.1017	0.75	0	0.0038	0.05
4	[ab']	2	0.1017	0.75	0	0.0039	0.05

Realizado por: Orbea, Karla. 2020

3.1.3.3 Análisis del ensayo tracción en un solo sentido

Se lo realizó según la normativa INEN 2043:1996-03. En donde se obtuvieron los siguientes resultados:

(***) Probetas no ensayadas debido a que se pegaban en las mordazas, y se cortaban.

Tabla N°12-4: Resultados del análisis de tracción en un solo sentido del bioplástico obtenido de la variedad INIAP-Cecilia.

Tratamiento	Nomenclatura	Parámetro					
		Módulo de elasticidad	Carga de fluencia	Esfuerzo de fluencia	Carga máxima	Esfuerzo máximo	Porcentaje de elongación
		(MPa)	(N)	(MPa)	(N)	(MPa)	(%)
1	[1]	***	***	***	***	***	***
2	[a]	21.3E+00	3.20	4.10	3.64	4.67	2.73
3	[b]	25.77E+00	1.77	2.54	1.80	2.57	4.18
4	[ab]	***	***	***	***	***	***

Realizado por: Laboratorio, LenMav. 2020

Tabla N°13-4: Resultados del análisis de tracción en un solo sentido del bioplástico obtenido de la variedad Superchola.

Tratamiento	Nomenclatura	Parámetro					
		Módulo de elasticidad	Carga de fluencia	Esfuerzo de fluencia	Carga máxima	Esfuerzo máximo	Porcentaje de elongación
		(MPa)	(N)	(MPa)	(N)	(MPa)	(%)
1	[1']	***	***	***	***	***	***
2	[a']	***	***	***	***	***	***
3	[b']	14.30E+00	3.24	4.70	3.41	4.95	17.16
4	[ab']	14.80E+00	3.72	6.10	4.04	6.63	24.96

Realizado por: Laboratorio, LenMav. 2020

3.1.3.4 Análisis de espesor

Según la INEN: 2542:2010, las probetas de plástico deben cumplir con las especificaciones mencionadas en el apartado 2.8.4.4. Las cuales se las procedió a medir con el uso de un calibrador pie de rey digital para su longitud, y para su espesor con un micrómetro. En donde se obtuvo los siguientes resultados expresados en milímetros.

Tabla N°14-4: Resultados del análisis de espesor obtenido de la variedad INIAP-Cecilia

Tratamiento	Nomenclatura	Parámetro						
		I3:	I1:	R:	I2:	b2:	b1:	e:
1	[1]	248	62	60	109	20	10	4
2	[a]	248	61	60	108	20	10	6
3	[b]	248	60	60	108	19	9.8	5
4	[ab]	248	59	60	108	18	10	4

Realizado por: Orbea, Karla. 2020

Tabla N°15-4: Resultados del análisis de espesor obtenido de la variedad Superchola

Tratamiento	Nomenclatura	Parámetro						
		I3:	I1:	R:	I2:	b2:	b1:	e:
1	[1']	248	61	60	108	20	10	4
2	[a']	248	60	60	108	20	10	4
3	[b']	248	59	60	109	20	10	5
4	[ab']	248	60	60	109	19	10	5

Realizado por: Orbea, Karla. 2020

3.1.3.5 Análisis de biodegradabilidad por medio de compost

Se procedió a realizar el procedimiento descrito en el punto 2.8.4.6 donde el testigo de plástico utilizado tuvo un peso de: 3 g, se utilizó la ecuación 4, y se procedió a realizar los controles en los días 2, 5, 10 y 15, obteniéndose así los siguientes resultados:

Tabla N°16-4: Resultados del análisis biodegradabilidad por medio de compost del bioplástico obtenido de la variedad INIAP-Cecilia

Tratamiento	Nomenclatura	Parámetro			
		N° de día	Peso inicial seco (g)	Peso final seco (g)	Pérdida de peso (%)
1	[1]	2	2.01	2.01	0
		5		2.00	0.49
		10		1.00	50.24

		15		0.5	75.12
2	[a]	2	2.02	2.00	0.99
		5		1.75	13.36
		10		1.03	49.00
		15		0.42	79.20
3	[b]	2	2.00	1.98	1
		5		1.52	24
		10		0.95	52.5
		15		0.45	77.5
4	[ab]	2	2.03	2.02	0.49
		5		1.39	31.52
		10		0.95	53.30
		15		0.67	66.99

Realizado por: Orbea, Karla. 2020

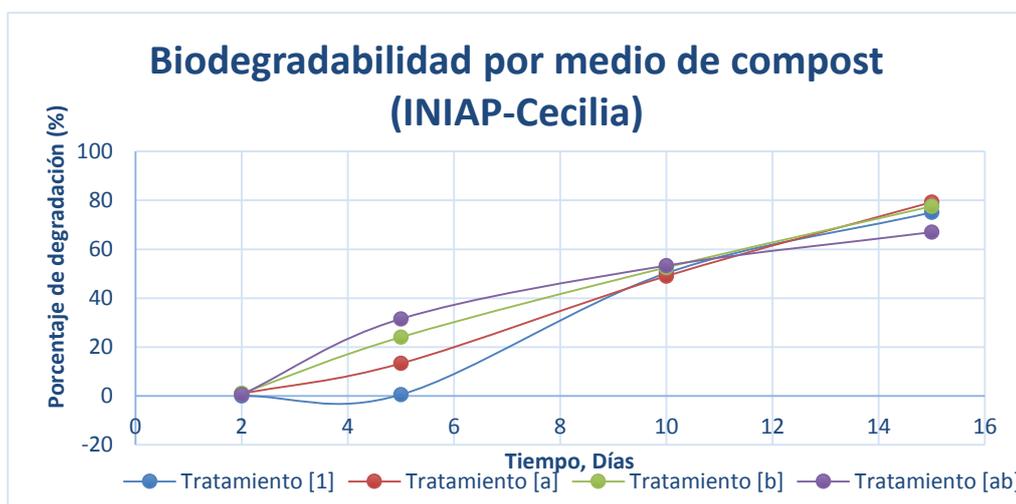


Gráfico 1-4: Biodegradabilidad por medio de compost de la variedad INIAP-Cecilia

Realizado por: Orbea, Karla. 2020

Tabla N° 17-4: Resultados del análisis biodegradabilidad por medio de compost del bioplástico obtenido de la variedad Superchola

Tratamiento	Nomenclatura	Parámetro			
		N° de día	Peso inicial seco (g)	Peso final seco (g)	Pérdida de peso (%)
1	[1']	2	2.00	1.95	2.5
		5		1.22	39
		10		0.75	62.5
		15		0.43	78.5
2	[a']	2	2.02	1.87	7.42
		5		1.54	23.76
		10		0.67	66.83

		15		0.39	80.69
3	[b']	2	2.01	1.76	12.43
		5		1.38	31.34
		10		0.66	67.16
		15		0.43	78.60
4	[ab']	2	2.00	1.97	1.5
		5		1.65	17.5
		10		0.82	59
		15		0.53	73.5

Realizado por: Orbea, Karla. 2020

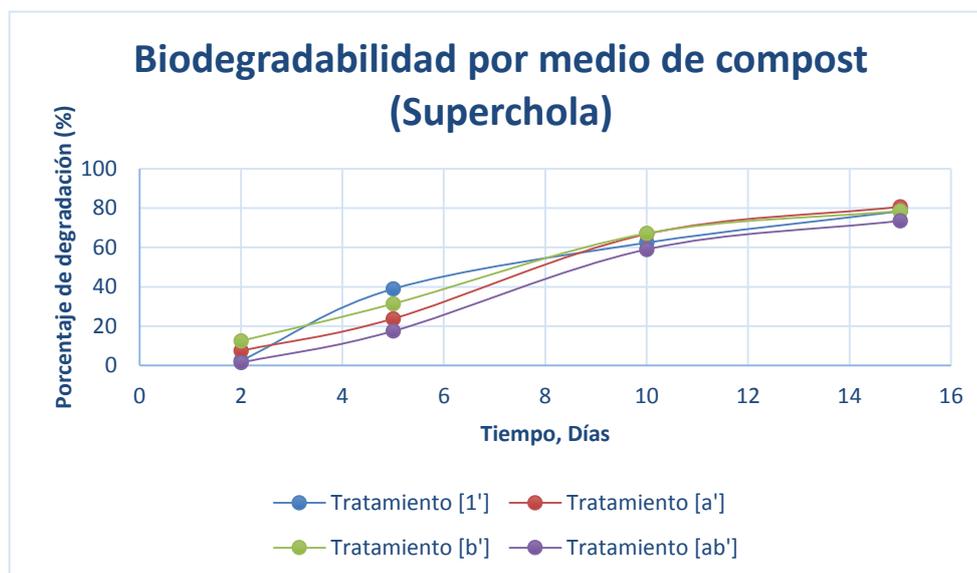


Gráfico 2-4: Biodegradabilidad por medio de compost de la variedad Superchola

Realizado por: Orbea, Karla. 2020

3.2 Pruebas de Hipótesis

Definición de los elementos para la fabricación del bioplástico a partir de dos clases de almidones

Según el diseño factorial 2^2 , donde se elaboraron 2 tratamientos, con 4 experimentaciones cada uno, los bioplásticos con mejores características según el análisis sensorial, fueron los bioplásticos con almidón proveniente de la variedad INIAP-Cecilia, es decir el tipo [a] y [b], mientras que la variedad Superchola, con mínimas diferencias fueron los biopolímeros de prototipo [b'] y [ab'].

Las formulaciones propuestas por el diseño factorial fueron aceptables para estos casos, sin embargo, para la prueba de tracción en un solo sentido, los otros bioplásticos no lograron tener la

consistencia apropiada pues fueron muy similares al hule, y tendían a apegarse a las mordazas de la máquina de ensayos universal WAW-600B, esto no quiere decir que el bioplástico no esté bien formulado, más bien se dispone a utilizar otro tipo de máquina de tracción de ensayos diseñados para hule. Por lo tanto los resultados obtenidos de los plásticos de tipo [a] y [b] tiene una resistencia a la tensión de: 21.3E+00 MPa y 25.77E+00 MPa, mientras que los [b'] y [ab'] obtuvieron un resultado de: 14.30E+00 MPa y 14.80E+00 MPa, respectivamente, estos resultados al ser comparados con la carga de rotura del polietileno de baja densidad que oscilan entre el 8 y 25 MPa, los convierten en bioplásticos útiles para bolsas, embalaje y artículos del hogar. (Universitat Politècnica de València, 2019)

Biodegradabilidad del bioplástico

Una de las principales características de los bioplásticos, es que son biodegradables en menos tiempo comparado al plástico que proviene de fuentes petrolíferas, se degradan con facilidad en condiciones aerobias y anaerobias, este fue el caso de los bioplásticos del grupo del almidón de papa INIAP-Cecilia, que se degradó con facilidad en 15 días, perdiendo así un total promedio de: 74.70 % de su peso.

El grupo del bioplástico de la fécula de la papa Superchola en 15 días, perdió un total promedio de peso de: 77.82 %. Por lo tanto, ambos bioplásticos de almidón son biodegradables, con una mínima diferencia, consecuentemente ambos son amigables con el medio ambiente por su factibilidad de descomposición.

3.3 Discusión de resultados

3.3.1 Análisis de los resultados del rendimiento del almidón

El contenido de almidón de ambas clases de papas tuvo rendimientos satisfactorios, la variedad INIAP-Cecilia obtuvo un rendimiento del 64.92%, mientras que la variedad Superchola un 73.06%, cabe recalcar que no se utilizó la cascara de ninguna de las variedades, ya que eran papas de desecho la mayor parte de su piel presentaba coloración verdosa, lo cual evidenciaba que las papas estuvieron mal almacenadas y expuestas a la luz lo cual provoco la formación de glicoalcaloides, también tenían varias abolladuras y los denominados “ojos” producto de las plagas, los cuales fueron desechados mediante cortes en el tubérculo.

Según el trabajo realizado por Barrera et al., (2004) el porcentaje de rendimiento del almidón de las papas en general es del 83.87 % \pm 1.67, este porcentaje incluye a la cascara de la papa, sin embargo, el almidón obtenido fue íntegramente de la papa sin cáscara por lo que podemos determinar que existieron pérdidas de almidón al momento de desecharnos de la misma, ya que el contenido de amilosa en la cáscara de papa es de aproximadamente un 20.8% (Hernández, 2018 pág. 5). Teniendo así una diferencia de aproximadamente del 10% en cuanto al rendimiento de un almidón de una papa sin cáscara al de una con cáscara.

3.3.2 Análisis de los resultados de la caracterización fisicoquímica del almidón

3.3.2.1 Humedad

La humedad que contenía el almidón en base seca de la variedad INIAP-Cecilia, fue de 14,72% y de la variedad Superchola fue de 13.56%, para que un almidón tenga buenos resultados en diferentes usos, su principal característica fisicoquímica debe ser un contenido de humedad que no exceda entre el 10-14% (Mitch, 1984 pág. 113). Los porcentajes de humedad obtenidos cumplen el estándar establecido, lo cual lo convierte en un almidón con buenas características para diferentes usos, y gracias a su bajo contenido de humedad puede ser almacenado en un lugar fresco y seco, sin la necesidad de utilizar un envase de color ámbar para evitar su pardeamiento.

3.3.2.2 Amilosa y amilopectina

Los resultados de la variedad INIAP-Cecilia arrojan que obtuvo un porcentaje de 30.16% de amilopectina y un 69.84% de amilosa, en cuanto a la variedad Superchola un 21.92% de amilopectina y 78.08% de amilosa respectivamente, ambos resultados son muy alentadores en general puesto que la característica principal del almidón es que su composición química abarque de un 20-30% de amilosa y de un 70-80% de amilopectina. (Fairlie et al., 1999 pág. 30) Lo cual según los porcentajes obtenidos lo llega a cumplir.

3.3.3 Análisis de los resultados de las pruebas fisicoquímicas de los bioplásticos

3.3.3.1 Pruebas sensoriales del bioplástico

Las pruebas sensoriales realizadas a los bioplásticos obtenidos de la variedad INIAP-Cecilia, obtuvieron diferentes calificaciones, el tratamiento [1], obtuvo una calificación de 10 puntos, su

aspecto era algo opaco, su textura formaba burbujas, y no fue flexible por lo tanto presentaba poca resistencia, el tratamiento [a], con una evaluación de 15 puntos, presentaba un aspecto semitraslúcido, una textura muy lisa, fue flexible y sus resistencia era media, el tratamiento [b], con una puntuación de 18 puntos, presentaba excelente aspecto, un bioplástico translúcido con textura lisa con gran flexibilidad y resistencia, finalmente el tratamiento [ab], con una apreciación de 13 puntos, poseía un aspecto opaco, su textura no era firme y no tenía flexibilidad ni presentaba gran resistencia, por lo tanto los bioplásticos más significativos por su aspecto, textura flexibilidad y resistencia fueron los de los tratamientos [a] y [b].

La variedad Superchola presentó otros resultados, el tratamiento [1'] obtuvo una puntuación de 12 puntos ya que su aspecto era opaco, sin embargo tenía una buena textura y presentaba buena flexibilidad y resistencia, el tratamiento [a'] con 14 puntos, presento un aspecto semicopado, sin embargo poseía una buena textura lisa y sin burbujas, pero no tenía buena flexibilidad ni resistencia, el tratamiento [b'] con 17 puntos presentó un buen aspecto, translúcido y una textura lisa sin arrugas y presento una gran flexibilidad y resistencia. Finalmente, el tratamiento [ab'], obtuvo un puntaje de 16 puntos, su aspecto era translucido sin burbujas ni arrugas y era muy flexible y resistente. Consiguientemente, lo mejores bioplásticos de este grupo fueron los de los tratamientos [b'] [ab']. Para los análisis sensoriales de ambas variedades se llevó a cabo el procedimiento realizado por Tubón, Ricardo (2013).

3.3.3.2 Ensayo de solubilidad en el agua

Para el ensayo de solubilidad la variedad INIAP-Cecilia presentó una pérdida de su peso entre el 1-2%, mientras que la variedad Superchola una pérdida entre el 0.5-3%, estos datos comparados el trabajo realizado por Charro, Margarita (2015), presentan similitudes, ya que se determina que un biopolímero debe presentar una solubilidad entre el 0.5-3%, cabe recalcar que el plástico estuvo sumergido por 1 hora a agitación constante, por lo cual se dio esta solubilidad, si lo dejamos por más tiempo es posible que el biopolímero desaparezca por completo, por lo tanto para evitar una solubilidad completa es necesario incorporar en la matriz termoplástica rellenos naturales como fibras celulósicas que sirven como material de refuerzo para mejorar las propiedades mecánicas. (Valero Valdivieso et al., 2013 pág. 174)

3.3.3.3 Ensayo de permeabilidad al vapor de agua

El ensayo de permeabilidad al vapor determina cuánta agua es capaz de absorber el bioplástico, ya que esto puede afectar la barrera que crea el biopolímero con el material que se desee cubrir,

por lo tanto, es necesario que un bioplástico presente una baja permeabilidad al vapor de agua. Los biopolímeros obtenidos tanto de la variedad INIAP-Cecilia como al Superchola obtuvieron una WPV del 0.05-0.104% (g/hmMPa), la permeabilidad obtenida es muy baja y se ajusta a los estándares que abarcan las películas producidas a partir de almidón, que van desde el $0.01-2,17 \times 10^{-9}$ (g/hmMPa), estos patrones se ajustan siempre y cuando se usen plastificantes en los biopolímeros (Joaqui D et al., 2013 pág. 63), en ambos casos se utilizó la glicerina.

3.3.3.4 Ensayo tracción en un solo sentido

Los resultados del ensayo de tracción en un solo sentido se los realizó según la normativa INEN 2635:012, que es el método de ensayo para las propiedades de tracción de láminas plásticas delgadas, donde las probetas [a] y [b] en su módulo de elasticidad obtuvieron un resultado de 21.3E+00 MPa y 25.77E+00 MPa, en cuanto a su porcentaje de elongación 2.73% y 4.18% respectivamente, este resultado al compararlo con el trabajo de investigación realizado por de Holguín, Sebastián. 2019, quien trabajó con el almidón de papa INIAP-Cecilia para la elaboración de biopolímeros, obtuvo resultados similares ya que sus probetas fluctuaban entre 21.6E+00 MPa y 24.63E+00 MPa, al porcentaje de elongación entre el 3.32% y 4.13%, con lo cual, se puede deducir que al tratarse del mismo material biodegradable muestran resultados positivos, de hecho, lo hace un material competitivo ante plásticos sintéticos, especialmente frente a materiales poliméricos provenientes del polietileno. (Holguin, 2019 pág. 92)

En cuanto a las probetas [b'] y [ab'], formuladas con almidón de papa Superchola se obtuvo un módulo de elasticidad de 14.30E+00 MPa y 14.80E+00 MPa, y un porcentaje de elongación de 17.16% y 24.96%, estos resultados comparados con el trabajo de investigación elaborado por Guamán, Jenny. 2019, quien utilizó almidón de papa Superchola para la elaboración de bioplástico de patata, sus resultados oscilan los 13.06 MPa y 24.63MPa y con un porcentaje de elongación de 18.47% a 29.13%. , respeto a esto, la autora comparte que los resultados son muy similares al polietileno de baja densidad y sugiere su uso para empaques para confitería, productos cosméticos, artesanías o simplemente en cajas de regalo (Guamán, 2019 pág. 51).

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede deducir que el bioplástico con superior módulo de elongación fue el que provenía del almidón de la papa INIAP-Cecilia, ya que este tipo de almidón es muy rico en amilosa, lo cual, refuerza la matriz mecánica del material, sin embargo su porcentaje de elongación fue bajo, comparado con el del bioplástico proveniente del almidón de la papa Superchola, cuyo porcentaje fue alto debido a que el almidón de esta variedad contiene menor porcentaje de amilosa, con lo que se concluye que el porcentaje de amilosa es inversamente

proporcional, ya que, a mayor porcentaje de amilosa mayor módulo de elasticidad, y a menor porcentaje de amilosa, mayor será el porcentaje de elongación.

Respecto al esfuerzo máximo las probetas [a] y [b] obtuvieron valores de 4.67 MPa y 2.57 MPa, y para las probetas [b'] y [ab'] de 3.24 MPa y 4.04 MPa, lo cual, comparado con los trabajos realizados por Holguín, Sebastián. 2019 y Guamán, Jenny. 2019, cumplen con los límites establecidos por los autores de entre 3.5-4 MPa.

Las demás probetas no ensayadas como las [1], [ab] y [1'], [a'], se recomienda utilizar una máquina de tracción específica para este tipo de formulación ya que su consistencia era muy similar al hule, esto no evidencia que la formulación sea errónea, sino sugiere el uso de un extensómetro especial para este tipo de biopolímeros.

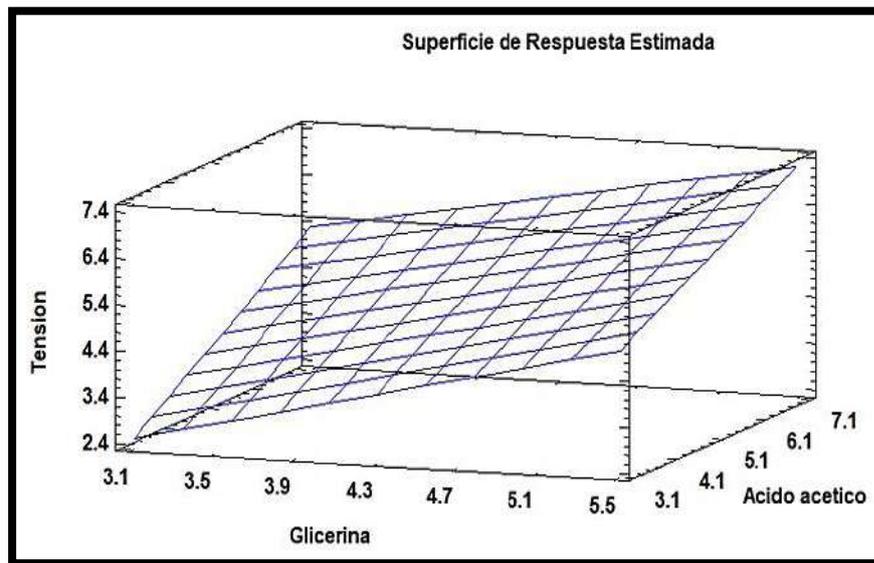


Gráfico 3-4: Superficie de respuesta estimada para el esfuerzo máximo

Realizado por: Orbea, Karla. 2020

3.3.3.5 Ensayo de espesor

Para el ensayo de espesor, se midieron tanto el largo, ancho y grosor con los aparatos pertinentes citados en la INEN 2542:2010, usando un calibrador pie de rey para las longitudes y un micrómetro para los espesores, se respetó los límites y tolerancias establecidos en la INEN 2043:2013. Todas las probetas respetaron los límites máximos y mínimos establecidos por la normativa ecuatoriana para su posterior ensayo de tracción en un solo sentido.

3.3.3.6 Ensayo biodegradabilidad por medio de compost

Los biopolímeros de la variedad INIAP-Cecilia presentaron una degradación del 74.70% de su peso total, mientras que los bioplásticos de la variedad Superchola presentaron una pérdida total de su peso del 77.82% en condiciones de compostaje y en 15 días, esto quiere decir que, mientras más tiempo los biopolímeros se encontraban en las celdas de compostaje muy probablemente desaparecían ya que un polímero biodegradable es un material que es capaz de descomponerse en CO₂, metano, agua, componentes inorgánicos o biomasa, como resultado de la acción de microorganismos, por lo tanto el material debe desintegrarse en un 90% en fragmentos menores a un tamaño específico (usualmente 2x2 mm), dentro de un plazo determinado usualmente 12 semanas. (ASTM D6400, 2019).

CONCLUSIONES:

- Las papas INIAP-Cecilia y Superchola son las variedades más consumidas en el Ecuador, por lo tanto, su biodisponibilidad abarca una producción total de 100 000 Ton. al año de esta cantidad el 5% es de desecho, lo cual puede ser aprovechado para la obtención de almidón y posteriormente utilizado para producir bioplástico.
- Se analizó el rendimiento del almidón, en donde la variedad INIAP-Cecilia obtuvo un 64.92% y un 73.06% para la Superchola, ambos tubérculos fueron productos de desecho, por lo tanto, no se utilizó su cascara para la obtención del almidón, sin embargo, estos resultados muestran un rendimiento satisfactorio.
- Se realizó la caracterización fisicoquímica de los biopolímeros obtenidos: en donde se obtuvo el 70% y 30% de amilosa y amilopectina y el porcentaje de humedad del almidón de ambas variedades no excedió el 15% del límite establecido.
- El análisis sensorial los tratamientos [a], [b] y [b'], [ab'] fueron los que mayor puntaje obtuvieron pues presentaban los mejores atributos organolépticos.
- Las probetas resultaron ser solubles al perder entre 0.5-3% de su peso total en una hora de ensayo.
- La permeabilidad de agua obtuvo un WPV del 0.05-0.104% (g/hmMPa) para ambos tipos de bioplásticos, demostrando así una permeabilidad baja.
- La prueba de espesor, las probetas de biopolímeros fueron medidas con un calibrador pie de rey y un micrómetro marca Mitutoyo, respetando las tolerancias establecidas en la INEN 2542:2010. La prueba de tracción en un solo sentido cumplió con la norma INEN 2635: 2012, donde ambos biopolímeros presentaron características en el módulo de elasticidad y el porcentaje de elongación similares al polietileno de baja densidad.
- La biodegradabilidad las probetas de la variedad INIAP-Cecilia presentó una degradación del 74.70%, mientras que de la variedad Superchola presentó una pérdida total de su peso del 77.82% en 15 días y en condiciones de compostaje, cumpliendo así con la normativa ASTM D6400.

RECOMENDACIONES:

- Los biopolímeros obtenidos con la formulación respectiva para cada variedad de almidón presentan una excelente resistencia a la tracción y a la permeabilidad al vapor del agua, por lo tanto, son útiles para envases, envolturas y bolsas de alimentos, sin embargo si se requiere utilizar la misma formulación para utensilios como platos o envases para líquidos es necesario añadir fibras o rellenos naturales como las provenientes de frutas o verduras, para reforzar su matriz termoplástica, ya que los biopolímeros presentaron un alto nivel de solubilidad.

BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA, J. "Evaluación del almidón de papa (*Solanum Tuberosum*) en la obtención de bioplástico". *Bionatura* [en línea], 2018, (Venezuela) 1 (1), pp. 1-18. [Consulta: 22 de julio de 2020]. ISSN:1390-9355. Disponible en: <https://www.revistabionatura.com/files/CS-2018.01.01.2---Revista-bionatura.pdf>

AHUED, MARICELA GARCÍA. Análisis sensorial de alimentos. [En línea] 2019. [Consulta: 22 de Julio de 2020] Disponible en: <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/icbi/n3/m1.html#:~:text=El%20an%C3%A1lisis%20sensorial%20es%20el,un%20alimento%20o%20materia%20prima.>

ALBORNOZ, GUILLERMO. *Ficha técnica de la variedad de papa INIAP-Cecilia.* [en línea] Quito. s.n., 2011. [Consulta: 22 de Julio de 2020]. Disponible en: <https://docplayer.es/30421474-Ficha-tecnica-de-la-variedad-de-papa-iniap-cecilia-3-fecha-de-liberacion-oficial-de-la-variedad-noviembre.html>

ÁLVAREZ, RUTH. "Alternativa ecológica en la obtención de un polímero biodegradable a partir del almidón de yuca dulce". *Agrollanía* [En línea] [En línea], 2017, (Venezuela) 14 (1), pp. 37-44. [Consulta: 22 de julio de 2020]. ISSN: 1690-8066. Disponible en: <http://www.postgradovipi.50webs.com/archivos/agrollania/2017/agro6.pdf>

ASTM D6400. 2019. *Standard Specification for Labeling of Plastics Designed to be Aerobically Composted in Municipal or Industrial Facilities. Parte 1: biodegradación de los materiales*

ASTM International. 2016. *Métodos de prueba estándar para la transmisión de materiales por vapor de agua. Parte 1: metodología*

BARRERA , VICTOR H, TAPIA, CÉSAR G Y MONTEROS, ALVARO R. *Raíces y Tuberculos Andinos: Alternativas para la conservación y uso sostenible en el Ecuador.* Quito-Ecuador : INIAP, 2004. ISBN: 92-9060-231-7, pp. 101-102

BASTIOLI, C. *Biodegradable starch based artiles.technology, use and potentialities of Latin American starchy tubers* [en línea], 1996, (Estados Unidos) 1 (1), pp. 521-553. [Consulta: 22 de julio de 2020]. ISSN:6571-6578 Disponible en: <https://biodeg.net/fichiers/Starch->

based Plastics.pdf

BENAVIDES, RAMIRO. Módulo de Información Ambiental en Hogares . [En línea] 2016. [Consulta: 05 de Julio de 2020.] Disponible en: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Hogares/Hogares_2017/DOC_TEC_MOD_AMBIENTAL_ENEMDU%202017.pdf

BRITO, HANNIBAL & CHUIZA, MARCO. "Producción de láminas de plástico biodegradables a partir del almidón de arracacia xanthorrhiza". *Dominio de la Ciencia*, [en línea], 2020, (Ecuador) 6 (2), pp. 981-994. [Consulta: 15 de agosto de 2020]. ISSN: 2477-8818. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/343005745_Produccion_de_laminas_de_plastico_biodegradables_a_partir_del_almidon_de_arracacia_xanthorrhiza

CERO, RED BASURA. 2019. Red Basura Cero Ecuador. [En línea] Red Basura Cero Ecuador, 2019. [Consulta: 05 de Julio de 2020.] Disponible en: <https://www.no-burn.org/la-red-basura-cero-ecuador-se-pronuncia-frente-a-la-importacion-de-plasticos-en-ecuador/>

CHARRO, MÓNICA. Obtención de plástico biodegradable a partir de almidón de patata. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería Química, Quito - Ecuador. 2015. pp. [Consulta: 2020-06-18]. Disponible en: <http://200.12.169.19/bitstream/25000/3788/1/T-UCE-0017-97.pdf>

COMPOSTADORES. Vermicompostadores. [En línea] 2019. [Consulta: 2020 de Julio de 2020.] Disponible en: <http://www.compostadores.com/descubre-el-compostaje/la-sostenibilidad-del-compostaje/194-bolsas-compostables-biodegradables-oxodegradables-fotodegradables-hidrosolubles-o-reciclables.html#:~:text=Si%20un%20proceso%20es%20compostable,residuos%20t%C3%B3xico.>

DENECKE, JURGEN. Tres ideas para reemplazar el plástico. [En línea] [Consulta: 2020 de Julio de 2020.] Disponible en: https://www.bbc.com/mundo/noticias/2013/12/131217_ciencia_tres_ideas_para_reemplazar_plastico_np

ENA. Sistema de Información del Medio Ambientales. [En línea] 2007. [Consulta: 22 de Julio de 2020] Disponible en: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/encuesta-de-superficie-y-produccion-agropecuaria-continua-bbd/>

ENRÍQUEZ, MARÍO, VELASCO, REINALDO Y ORTIZ, VICENTE. "Composición y procesamiento de películas biodegradables basadas en almidón ". *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* [en línea], 2012, (Colombia) 10 (1), pp. 182-192. [Consulta: 22 de julio de 2020]. ISSN: 2218-4384. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Vicente_Ortiz6/publication/309556470_COMPOSITION_AND_PROCESSING_OF_STARCH-BASED_BIODEGRADABLE_FILMS/links/5816df8f08aedc7d89676acd/COMPOSITION-AND-PROCESSING-OF-STARCH-BASED-BIODEGRADABLE-FILMS.pdf

ESCUADERO, L. "Determinación de la biodegradabilidad y toxicidad de materiales plásticos ". *Ciencia y Tecnología de Alimentos* [en línea], 2012, (Cuba) 1 (1), pp. 1-18. [Consulta: 22 de julio de 2020]. ISSN:0864-447. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/328676031_Biodegradabilidad_de_materiales_bioplásticos

ESCOBAR, D. et.al "Películas biodegradables y comestibles desarrolladas en base a aislado de proteínas de suero lácteo: estudio de dos métodos de elaboración y del uso de sorbato de potasio como conservador" *Revista del Laboratorio Tecnológico del Uruguay* [en línea], 2009, (Uruguay) 4 (1), pp. 33-35. [Consulta: 22 de julio de 2020]. ISBN: 3465-9876. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/277739102_Películas_biodegradables_y_comestibles_desarrolladas_en_base_a_aislado_de_proteínas_de_suero_lácteo_estudio_de_dos_métodos_de_elaboración_y_del_uso_de_sorbato_de_potasio_como_conservador

ESPAC. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua. [En línea] 2017. [Consulta: 22 de Julio de 2020] Disponible en: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/encuesta-de-superficie-y-produccion-agropecuaria-continua-2015-2016-2017-2/>

FAIRLIE, TOMMY, MORALES BERMÚDEZ, MARCIANO Y HOLLE, MIGUEL. *Raíces y tubérculos andinos*. Lima-Perú: Centro Internacional de la papa (CIP), 1999., pp. 30

FAO. Análisis físicoquímico del almidón. . [En línea] 2008. [Consulta: 16 de Julio de 2020] Disponible en: <http://www.fao.org/tempref/docrep/fao/010/a1028s/a1028s03.pdf>

FOOD-INFO. ¿Qué es la solanina? ¿Es tóxica?. [En línea] 2017. [Consulta: 17 de Julio de 2020] Disponible en: <http://www.food-info.net/es/qa/qa-fp95.htm>

GARÓFALO, ARELIS ABRIL. Elaboración de bioplástico de queratina obtenida de residuos de plumas de aves de corral y quitosano. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad de las Américas, Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Quito - Ecuador. 2020. pp. 33 [Consulta: 2020-06-18]. Disponible en: <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/12056>

GOODMAN, KUIPER. Solanine and chaconine. *solanine and chaconine*. [En línea] 1981. [Consulta: 17 de Julio de 2020.] Disponible en: <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v30je19.htm>

GUAMÁN, JENNY MARCELA. Obtención de plásticos biodegradables a partir de almidón de cascaras de papa para su aplicación industrial. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Riobamba - Ecuador. 2019. pp. 27-51 [Consulta: 2020-06-18]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/11069>

GUERRERO, MARÍA ALEJANDRA NARVÁEZ. Optimización de las propiedades mecánicas de bioplásticos sintetizados a partir de almidón. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad San Francisco de Quito, Facultad de Ingeniería Química, Quito - Ecuador. 2016. pp. 20 [Consulta: 2020-06-18]. Disponible en: <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/6299>

HEREDIA, JARA DANIEL ALEJANDRO & PULGAR, ASTUDILLO LESSLIE JOKASSTA. Comparación de dos métodos de extracción de Colocasia esculenta (malanga blanca) para la obtención de un polímero biodegradable. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Riobamba - Ecuador. 2019. pp.71-72 [Consulta: 2020-06-18]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/13256>

HERNÁNDEZ, MANZANO ÁLEX. Preparación de films a base de quitosano enriquecido con flavonoides totales de Ñachak (*Bidens andicola*). (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Riobamba - Ecuador. 2018. pp. [Consulta: 2020-06-18]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/8829>

HOLGUIN, JUAN SEBASTIAN. Obtención de un bioplástico a partir de almidón de papa. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Fundación Universidad de América, Facultad de Ingenierías, Bogotá - Colombia 2019. pp. 90-92 [Consulta: 2020-06-18]. Disponible en: <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7388/1/6132181-2019-1-IQ.pdf>

INEC. Instituto Nacional de estadísticas y censo. [En línea] 2016. [Consulta: 05 de Julio de 2020.] Disponible en: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/segun-la-ultima-estadistica-de-informacion-ambiental-cada-ecuatoriano-produce-058-kilogramos-de-residuos-solidos-al->

MITCH, E.L. "Potato starch: production and uses". *ElServierl* [en línea], 1984, (Canadá) 1 (1), pp. 523-589. [Consulta: 22 de julio de 2020]. ISBN: 9780127462707. Disponible en: <https://www.elsevier.com/books/starch-chemistry-and-technology/whistler/978-0-12-746270-7>

MOHAMED, SALAMA AHMED. Manual de farmacognasia: análisis microscópico y fitoquímico, y usos de plantas medicinales. Bogotá-Colombia : Universidad Nacional de Colombia, 2005. pp. 31-32 ISBN: 958-701-580-0.

MONTEROS C, CUESTA X, JIMÉNEZ J & LÓPEZ G. Las papas nativas. Quito-Ecuador : INIAP, 2005. pp. 26-27.

NAGHI, MOHAMMAD. Metodología de la investigación. México D.F-México : Limusa, 2005.pp.89-100. ISBN: 968-18-5517-8.

NATURE EQUIPO TÉCNICO DE LA FUNDACIÓN GLOBAL. Cultivos Permanentes. *Cultivos Permanentes*. [En línea] 2018. [Consulta: 22 de Julio de 2020.] Disponible en: https://fundacionglobalnature.org/wp-content/uploads/2020/01/olives_wine.pdf

NATUREPLAST. Definición de bioplástico. *definición de bioplástico*. [En línea] 2019. [Consulta: 18 de Julio de 2020.] Disponible en: <http://natureplast.eu/es/el-mercado-de-los-bioplasticos/#:~:text=Definici%C3%B3n%20de%20biopl%C3%A1stico&text=La%20m%C3%A1s%20com%C3%BAnmente%20aceptada%20hoy,origen%20biol%C3%B3gico%20y%20Fo%20biodegradable%20.&text=Materiales%20de%20origen%20biol%C3%B3gi>.

PÉREZ, PORTO JULIÁN & MERINO, MARÍA. Definición de rendimiento. [En línea] 2012. [Consulta: 22 de Julio de 2020.] Disponible en: <https://definicion.de/rendimiento/>.

PROKOP, SYLVANA. Las papas, la nutrición y la alimentación. [En línea] 2008. [Consulta: 17 de Julio de 2020.] Disponible en: <http://www.fao.org/potato-2008/es/lapapa/IYP-6es.pdf>.

ROSALES ,ABIGAIL DE LOS ÁNGELES. 2016. 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 (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Facultad de Ciencia e Ingeniería, Mangua - Nicaragua. 2016. pp.7 [Consulta: 2020-06-18]. Disponible en: <https://repositorio.unan.edu.ni/2687/1/28212.pdf>

SHERWOOD, PUMISACHO. El cultivo de la papa en Ecuador. Quito-Ecuadr : Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), 2002.pp.

SOBERÓN, LUIS ALBERTO MONTALVO. Plásticos industriales y su procesamiento. Lima-Perú : Elvira García, 2007. pp. 3.

TOMKA, I. "Biologically degradable polymer mixture". *Revista BioAgro* [en línea], 1998, (Colombia) 10 (1), pp. 33-35. [Consulta: 16 de julio de 2020]. ISBN: 1692-3561. Disponible en: <https://patents.google.com/patent/US5280055/en26>

TUBÓN, RICARDO. Formulación, elaboración y evaluación de bioenvase para caramelos a base de almidón de yuca, sacarosa y gelatina. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Riobamba - Ecuador. 2013. pp. 43 [Consulta: 2020-06-18]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/2572>

UNAM. Seminario de gelatinización y retrogradación. [En línea] 2008. [Consulta: 18 de Julio de 2020.] Disponible en: http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Seminario-Gelatinizacionyretrogradacion_25483.pdf.

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA. Materiales Poliméricos y Compuestos. [En línea] 2019. [Consulta: 09 de 08 de 2020.] Disponible en: https://www.upv.es/materiales/Fcm/Fcm15/fcm15_3.html.

VALERO, VALDIVIESO MANUEL FERNANDO. ORTEGÓN, YAMILETH & USCATEGUI YOMAIRA. "Biopolímeros: avances y perspectiva". *Revista Universidad Nacional de Colombia* [en línea], 2013, (Colombia) 80 (811), pp. 33-35. [Consulta: 22 de julio de 2020]. ISSN 0012-7353. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/20642>

VEIGA, SANTOS, et. al. "Mechanical properties, hydrophilicity and water activity of starch-gum films: effect of additives and deacetylated xanthan gum". *ScienceDirect* [en línea], 2013, (Canadá) 19 (2), pp. 56-60. [Consulta: 20 de julio de 2020]. DOI: /10.1016/j.foodhyd.2004.07.006. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X04001262>

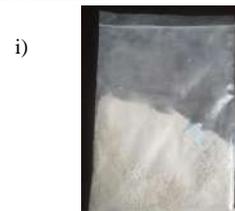
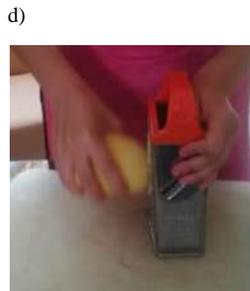
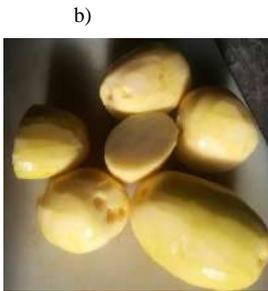
VILLALOBOS MARÍA, et. al. "Obtención de almidón a partir de los residuos de papa del mercado abastos". *EcorFan* [en línea], 2014, (México) 19 (2), pp. 266-271. [Consulta: 26 de julio de 2020]. ISBN: 1656-7896. Disponible en: https://www.ecorfan.org/handbooks/Ciencias%20de%20la%20Ingenieria%20y%20Tecnologia%20T-V/Articulo_25.pdf

VILLAREAL, ALEJANDRA. Hidrólisis enzimática y fermentación alcohólica de papa de desecho proveniente de la provincia del Carchi para la obtención de alcohol etílico. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería Química, Quito - Ecuador. 2012. pp. 12 [Consulta: 2020-06-18]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec:8080/bitstream/25000/3788/1/T-UCE-0017-97.pdf>

ZEAPLAST. Productos biodegradables. [En línea] CiberInfor, 2012. [Consulta: 18 de Julio de 2020.] Disponible en: <http://www.zeaplast.cl/plasticos-biodegradables/tipos-de-bioplasticos+-21>.

ANEXOS

ANEXO A



NOTAS:

- a) Selección de las papas
- b) Lavado y pelado
- c) Pesado
- d) Desintegrado
- e) Filtrado
- f) Precipitado
- g) Extracción de agua
- h) Secado
- i) Almacenado

CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:

- | | |
|--------------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Aprobado | <input type="checkbox"/> Preliminar |
| <input type="checkbox"/> Certificado | <input type="checkbox"/> Por aprobar |
| <input type="checkbox"/> Información | <input type="checkbox"/> Por calificar |

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

ELABORADO POR:
Karla G. Orbea I.

**EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN DE
PAPA POR VÍA HÚMEDA**

LÁMINA	ESCALA	FECHA
1	1:1	2020/08/31

ANEXO B

MC-LSAIA-2201-03

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

INFORME DE ENSAYO No: 20-063

NOMBRE PETICIONARIO: Karla Orbea Izurieta
DIRECCIÓN: Latacunga
FECHA DE EMISIÓN: 14 de julio de 2020
FECHA DE ANÁLISIS: Del 1 al 14 de julio de 2020

INSTITUCIÓN: Particular
ATENCIÓN: Karla Orbea
FECHA DE RECEPCIÓN.: 30/6/2020
HORA DE RECEPCIÓN: 11H15
ANÁLISIS SOLICITADO Amilosa

ANÁLISIS	HUMEDAD	AMILOSA				IDENTIFICACIÓN
METODO	MO-LSAIA-01.01	MO-LSAIA-04				
METODO REF.	U. FLORIDA 1970	Morrison y Langhner 1983				
UNIDAD	%	%				
20-0400	13,56	21,92				Almidón papa super chola
20-0401	14,72	30,16				Almidón papa Cecilia

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


Dr. Iván Samaniego
RESPONSABLE TÉCNICO

RESPONSABLES DEL INFORME




Ing. Bladimir Ortiz
RESPONSABLE CALIDAD

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.

Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo

NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigido únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.

NOTAS:

j) Análisis de porcentaje de humedad y amilosa provenientes del INIAP

CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:

- | | |
|--------------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Aprobado | <input type="checkbox"/> Preliminar |
| <input type="checkbox"/> Certificado | <input type="checkbox"/> Por aprobar |
| <input type="checkbox"/> Información | <input type="checkbox"/> Por calificar |

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

ELABORADO POR:
 Karla G. Orbea I.

RESULTADOS DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD Y AMILOSA

LÁMINA	ESCALA	FECHA
2	1:1	2020/08/31

ANEXO C

k)



l)



m)



n)



NOTAS:

- k) Solución homogénea para bioplástico
- l) Medición de pH
- m) Plastificación a los 60°C
- n) Colocación de las probetas en los moldes

CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:

- | | |
|--------------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Aprobado | <input type="checkbox"/> Preliminar |
| <input type="checkbox"/> Certificado | <input type="checkbox"/> Por aprobar |
| <input type="checkbox"/> Información | <input type="checkbox"/> Por calificar |

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

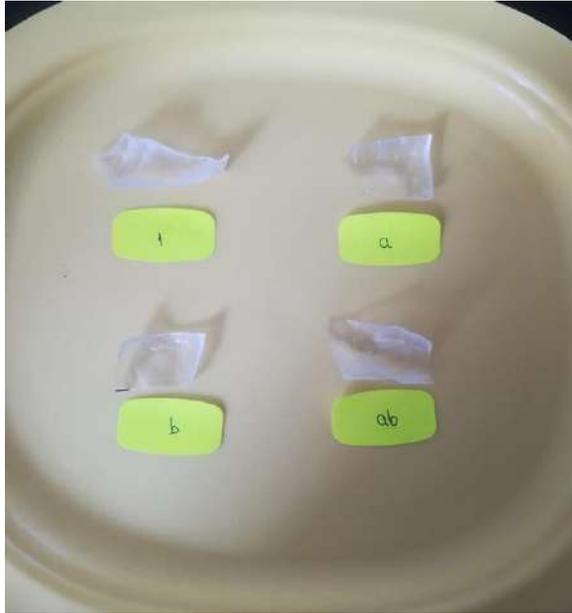
ELABORADO POR:
Karla G. Orbea I.

**ELABORACIÓN DE
BIOPLÁSTICO**

LÁMINA	ESCALA	FECHA
3	1:1	2020/08/31

ANEXO D

o)



p)



NOTAS:

o) Muestras del análisis sensorial de la variedad INIAP-Cecilia
 p) Muestras del análisis sensorial de la variedad Superchola

CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:

- | | |
|--------------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Aprobado | <input type="checkbox"/> Preliminar |
| <input type="checkbox"/> Certificado | <input type="checkbox"/> Por aprobar |
| <input type="checkbox"/> Información | <input type="checkbox"/> Por calificar |

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

ELABORADO POR:
 Karla G. Orbea I.

ANÁLISIS SENSORIAL

LÁMINA	ESCALA	FECHA
4	1:1	2020/08/31

ANEXO E

q)



r)



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	ANÁLISIS DE SOLUBILIDAD		
q) Prueba de solubilidad (vista frontal) r) Prueba de solubilidad (vista superior)	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar	ELABORADO POR: Karla G. Orbea I.	LÁMINA	ESCALA	FECHA
			5	1:1	2020/08/31

ANEXO E

s)



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA: <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Karla G. Orbea I.	ANÁLISIS DE PERMEABILIDAD AL VAPOR DEL AGUA		
s) Prueba de permeabilidad al vapor del agua			LÁMINA	ESCALA	FECHA
			6	1:1	2020/08/31

ANEXO F

t)



u)



NOTAS:

t) Probetas para el ensayo de tracción en un solo sentido, cumplen con la normativa INEN2043:2013
 u) Máquina de tracción universal WAW600B, con probeta de muestra

CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:

- | | |
|--------------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Aprobado | <input type="checkbox"/> Preliminar |
| <input type="checkbox"/> Certificado | <input type="checkbox"/> Por aprobar |
| <input type="checkbox"/> Información | <input type="checkbox"/> Por calificar |

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

ELABORADO POR:
 Karla G. Orbea I.

**ANÁLISIS DE TRACCIÓN EN UN
 SOLO SENTIDO**

LÁMINA	ESCALA	FECHA
7	1:1	2020/08/31

ANEXO G

v)



w)



x)



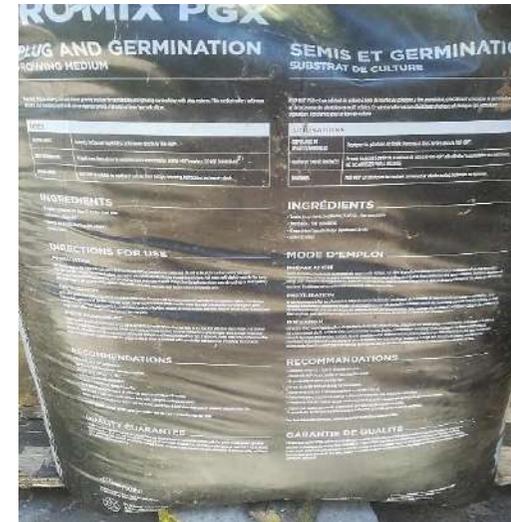
NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	ANÁLISIS DE TRACCIÓN EN UN SOLO SENTIDO		
v) Probetas medidas según la normativa INEN 2542:2010 w) Calibrador pie de rey marca Mitutoyo x) Micrómetro marca Mitutoyo	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar	ELABORADO POR: Karla G. Orbea I.	LÁMINA	ESCALA	FECHA
			8	1:1	2020/08/31

ANEXO H

y)



z)



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	BIODEGRADABILIDAD POR MEDIO DE COMPOST		
y) Celdas de biodegradabilidad por medio de compost z) Humus marca “Pro-Mix”	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar	ELABORADO POR: Karla G. Orbea I.	LÁMINA	ESCALA	FECHA
			9	1:1	2020/08/31

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE TRACCIÓN EN UN SOLO SENTIDO

ANEXO I: Informe de resultados del ensayo de tracción, tratamiento [a]



LenMay
LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

Ing. J. Anibal Viñán B. MSc.

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 1B - 1 N° 01	
SOLICITADO POR:	Karla Orbea
PROYECTO DE TESIS:	"IDENTIFICACIÓN DEL CONTENIDO DE ALMIDÓN EN DOS VARIETADES DE PAPAS: INIAP-CECELIA (<i>Solanum Tuberosum</i> L.) Y SUPERCHOLA (<i>Solanum Tuberosum</i>) PARA LA ELABORACION DE BIOPLASTICO"
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUIMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLASTICO
MATERIAL:	LAMINA DE PLASTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2020 - 07
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635-012
FECHA DE ENSAYO:	6-ago-20
EQUIPO UTILIZADO:	MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA:	JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD
SERIE:	7136
CERTIFICADO:	LNM-F-201650064D
COD IDENT:	M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	a
CARACTERÍSTICA	LÁMINA
ESPESOR [mm]	0.06
ANCHURA [mm]	13.00
LONGITUD INICIAL [mm]	50.00
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	0.78
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	21.3E+06
CARGA DE FLUENCIA [N]	3.20
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	4.10
CARGA MAXIMA [N]	3.64
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	4.67
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	2.73
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:



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

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

1/1

Dir: Calle Roma N°7 y Padua, Cda Politécnica

Tel: 032924420 - Cel: 0987260955

email: jvinan54@lenmay.com
Riobamba - Ecuador

ANEXO J: Informe de resultados del ensayo de tracción tratamiento [b]



LenMav
LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

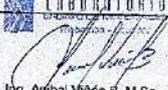
Ing. J. Anibal Viñan B. MsC.

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
	Denominación: RG 15 - 1
SOLICITADO POR:	Karla Orbes N° 02
PROYECTO DE TESIS:	IDENTIFICACIÓN DEL CONTENIDO DE ALMIDÓN EN DOS VARIETADES DE PAPAS: INIAP-CECILIA (<i>Solanum Tuberosum</i> L.) Y SUPERCHOLA (<i>Solanum Tuberosum</i>) PARA LA ELABORACIÓN DE BIOPLASTICO*
DIRECCION:	IESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUIMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLASTICO
MATERIAL:	LAMINA DE PLASTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2020 - 07
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635-012
FECHA DE ENSAYO:	6-ago-20
EQUIPO UTILIZADO:	MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA:	JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD
SERIE:	7136
CERTIFICADO:	LNM-F-2016500064D
CÓD IDENT:	M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	b
CARACTERÍSTICA	LÁMINA
ESPESOR [mm]	0.055
ANCHURA [mm]	12.70
LONGITUD INICIAL [mm]	50.00
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	0.70
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	25.77E+00
CARGA DE FLUENCIA [N]	1.77
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	2.54
CARGA MAXIMA [N]	1.80
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	2.57
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	4.18
OBSERVACIONES:	



LenMav
LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

Aprobado por:



Ing. Anibal Viñan B. MsC.
GERENTE DEL LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

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

1/1

Dir: Calle Roma N°7 y Padua, Cota Politécnica
Tel: 032924420 - Cel: 0987260955
email: jvinan54@lenmav.com

Molamba - Ecuador

ANEXO K: Informe de resultados del ensayo de tracción tratamiento [b']



LenMav
LABORATORIO
ENSAJO DE MATERIALES

Ing. J. Anibal Viñán B. M.Sc.

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAJO DE TRACCIÓN	Denominación: RG 18 - 1
SOLICITADO POR:	Karla Orbes N° 03
PROYECTO DE TESIS:	IDENTIFICACIÓN DEL CONTENIDO DE ALMIDÓN EN DOS VARIEDADES DE PAPAS: INIAP-CECILIA (<i>Solanum Tuberosum</i> L.) Y SUPERCHOCHA (<i>Solanum Tuberosum</i>) PARA LA ELABORACIÓN DE BIOPLASTICO*
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUIMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLASTICO
MATERIAL:	LAMINA DE PLASTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2020 - 07
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635:012
FECHA DE ENSAYO:	6-ago-20
EQUIPO UTILIZADO:	MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA:	JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD
SERIE:	7126
CERTIFICADO:	LNM-F-2016500064D
CÓD IDENT:	M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	b'
CARACTERÍSTICA	LÁMINA
ESPESOR [mm]	0.05
ANCHURA [mm]	13.80
LONGITUD INICIAL [mm]	50.00
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	0.69
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	14.30E+00
CARGA DE FLUENCIA [N]	3.24
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	4.70
CARGA MAXIMA [N]	3.41
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	4.95
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	17.16
OBSERVACIONES:	



LenMav
LABORATORIO
ENSAJO DE MATERIALES

Aprobado por:



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

Quedamos sujetos únicamente con el 50% de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de este documento.

1/1

Dir: Calle Roma N°7 y Padua, Cdo Politécnica
Tel: 032924420 - Cel: 0987260755
email: jvinan54@lenmav.com

Ilo-Ilo - Ecuador

ANEXO L: Informe de resultados del ensayo de tracción tratamiento [ab']



Ing. J. Anibal Viñan B. MSc.

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
SOLICITADO POR:	Karla Orbea N° 04
PROYECTO DE TESIS:	IDENTIFICACIÓN DEL CONTENIDO DE ALMIDÓN EN DOS VARIETADES DE PAPAS: INTAP-CECILIA (<i>Solanum Tuberosum L.</i>) Y SUPERCHOLA (<i>Solanum Tuberosum</i>) PARA LA ELABORACIÓN DE BIOPLÁSTICO*
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUIMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLASTICO
MATERIAL:	LAMINA DE PLASTICO
FECHA DE FABRICACION:	2020 - 07
NORMA UTILIZADA:	INTE INEN 2635-012
FECHA DE ENSAYO:	6-ago-20
EQUIPO UTILIZADO:	MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA:	JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD
SERIE:	7136
CERTIFICADO:	LNM-E-2016500064D
CÓD IDENT:	M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL:	ab'
CARACTERÍSTICA:	LÁMINA
ESPESOR [mm]	0.05
ANCHURA [mm]	12.20
LONGITUD INICIAL [mm]	50.00
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	0.61
MÓDULO DE ELASTICIDAD [MPa]	14.805.000
CARGA DE FLUENCIA [N]	3.72
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	6.10
CARGA MÁXIMA [N]	4.64
ESFUERZO MÁXIMO [MPa]	6.63
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	24.96
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:


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

Documento validado digitalmente con el sello de la Empresa. El laboratorio se asume responsable por la reproducción parcial o total de este documento.

1/1



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS PARA EL
APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACIÓN



UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 19/ 08 /2020

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Karla Gabriela Orbea Izurieta
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería Química
Título a optar: Ingeniera Química
f. Analista de Biblioteca responsable: Lic. Luis Caminos Vargas Mgs.



19-08-2020

0208-DBRAI-UPT-2020