



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

**SINTESIS DE UN BIOPOLÍMERO A PARTIR DEL ALMIDÓN DE
SALVADO DE AVENA (*Avena sativa*) PARA EL EMBALAJE DE
ALIMENTOS**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO QUÍMICO

AUTOR: KLEBER OMAR GUSÑAY LONDO

DIRECTOR: Ing. HANNIBAL LORENZO BRITO MOINA. Ph.D.

Riobamba – Ecuador

2021

©2021, Kleber Omar Gusñay Londo

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

Yo, Kleber Omar Gusñay Londo declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular 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 autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 15 de marzo de 2021

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Gusñay Londo', is centered on the page. The signature is written in a cursive style with a large initial 'G'.

Kleber Omar Gusñay Londo

C.I.060411824-0

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

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: el Trabajo de Integración Curricular: Tipo Proyecto de Investigación, “**SINTESIS DE UN BIOPOLÍMERO A PARTIR DEL ALMIDÓN DE SALVADO DE AVENA (*Avena sativa*) PARA EL EMBALAJE DE ALIMENTOS**” realizado por el señor: **KLEBER OMAR GUSÑAY LONDO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

FIRMA

FECHA

Ing. Danielita Fernanda Borja Mayorga, MSc.
PRESIDENTE DE TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
**DANIELITA
FERNANDA BORJA
MAYORGA**

2021-09-17

Ing. Hannibal Lorenzo Brito Moína, PhD.
**DIRECTOR DEL TRABAJO
DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**



2021-09-17

Ing. Silvana Paola Ocaña Coello, MSc.
**MIEMBRO DEL TRABAJO
DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**



Firmado electrónicamente por:
**SILVANA PAOLA
OCANA COELLO**

2021-09-17

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mi familia que ha sido mi inspiración y pilar fundamental duran este trayecto estudiantil. A mis padres Miguel Gusñay y Lupita Londo que han sido el motor, el eje principal en mi vida y me han enseñado que con esfuerzo se puedo conseguir cada propósito y objetivo en esta vida, por sus consejos y valores que me han enseñado y me han convertido en un hombre de bien.

A mis hermanos Edison y Miguel, que han soportado cada locura mía y han estado siempre para brindarme su apoyo. A mis sobrinos que han sido una bendición en la familia y me han sacado una sonrisa en los momentos más difíciles.

Omar Gusñay Londo.

AGRADECIMIENTO

A la carrera de Ingeniería química y todo su personal de docentes, educadores y técnicos de laboratorios, que con paciencia y motivación nos han inculcado para poder cumplir con un objetivo más en esta vida.

A mi tutor el Ingeniero Hannibal Brito y asesora la Ingeniera Paola Ocaña que me han sabido guiar y dar sus recomendaciones para la elaboración de este proyecto y culminarlo con gran éxito.

A mis padres Miguel y Lupita que les debo todo lo que soy, mi agradecimiento infinito por ser el apoyo incondicional en mi vida y que con su amor me han ayudado a alcanzar mis objetivos.

A mi hermano Edison y mi cuñada Nely que estuvieron para apoyarme sin reproche alguno en los momentos cuando más necesitaba.

A mi hermano Miguel un gracias totales por estar siempre conmigo y soportarme en cualquier situación estando en los momentos precisos para apoyarme.

Omar G.

TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiii
ÍNDICE DE ECUACIONES	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS	xv
RESUMEN	xvi
ABSTRACT	xvii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1.	MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	2
1.1.	Antecedentes de la investigación	2
1.2.	Marco conceptual o Glosario	4
1.2.1.	<i>Polímeros</i>	4
1.2.1.1.	<i>Definición de polímeros</i>	<i>4</i>
1.2.1.2.	<i>Clasificación de los polímeros</i>	<i>4</i>
1.2.1.3.	<i>Bioplásticos</i>	<i>5</i>
1.2.1.4.	<i>Aplicaciones industriales</i>	<i>6</i>
1.2.1.5.	<i>Plásticos a base de Almidón</i>	<i>6</i>
1.2.2.	<i>Cereales</i>	7
1.2.2.1.	<i>AVENA (Avena sativa)</i>	<i>7</i>
1.2.2.2.	<i>Origen</i>	<i>7</i>
1.2.2.3.	<i>Clasificación Taxonómica</i>	<i>8</i>
1.2.2.4.	<i>Características morfológicas</i>	<i>8</i>
1.2.2.5.	<i>Salvado de avena.....</i>	<i>9</i>
1.2.3.	<i>Almidón</i>	11
1.2.3.1.	<i>Extracción de almidón.....</i>	<i>11</i>

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	13
2.1.	Objetivos de la Investigación	13
2.1.1.	<i>General</i>	13
2.1.2.	<i>Específicos</i>	13

2.2.	Planteamiento de las Hipótesis	13
2.2.1.	<i>Hipótesis General</i>	13
2.2.2.	<i>Hipótesis Específicas</i>	14
2.3.	Identificación de Variables	14
2.4.	Operación de Variables	15
2.5.	Matriz de Consistencia	16
2.6.	Tipo y Diseño de Investigación	17
2.6.1.	<i>Tipo de Investigación</i>	17
2.6.2.	<i>Diseño de la investigación</i>	17
2.6.2.1.	<i>Diagrama de bloques para el proceso de la obtención del almidón</i>	18
2.6.2.2.	<i>Diagrama de bloques para el proceso de obtención del bioplástico</i>	19
2.6.2.3.	<i>Descripción de Equipos y Materiales</i>	19
2.7.	Unidad de análisis	20
2.8.	Población de Estudio	20
2.9.	Tamaño de la muestra	20
2.10.	Selección de la muestra	21
2.11.	Técnicas de recolección de datos	21
2.11.1.	<i>Almidón de salvado de Avena</i>	21
2.11.1.1.	<i>Ensayos para la caracterización del almidón</i>	23
2.11.2.	<i>Plásticos a base de almidón</i>	27
2.11.2.1.	<i>Ensayos para la caracterización del Bioplástico</i>	27

CAPÍTULO III

3.	MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	31
3.1.	Datos Obtenidos	31
3.2.	Datos experimentales	32
3.2.1.	<i>Datos obtenidos mediante el método de vía húmeda</i>	32
3.2.1.1.	<i>Datos del proceso de secado</i>	32
3.2.2.	<i>Datos obtenidos para el almidón</i>	33
3.2.2.1.	<i>Datos obtenidos prueba de humedad</i>	33
3.2.2.2.	<i>Datos obtenidos prueba de residuos por calcinación</i>	34
3.2.2.3.	<i>Datos obtenidos prueba de la densidad aparente</i>	34
3.2.3.	<i>Datos obtenidos para el bioplástico</i>	35
3.2.3.1.	<i>Datos obtenidos determinación del espesor</i>	35
3.2.3.2.	<i>Datos obtenidos determinación de la humedad</i>	35
3.2.3.3.	<i>Datos obtenidos determinación de la solubilidad</i>	36

3.2.3.4.	<i>Datos obtenidos determinación de la permeabilidad</i>	36
3.2.3.5.	<i>Datos obtenidos determinación de biodegradabilidad</i>	37
3.2.3.6.	<i>Datos obtenidos determinación de propiedades de tracción</i>	38
3.2.4.	<i>Pruebas previas para la elaboración del bioplásticos</i>	39
3.2.4.1.	<i>Concentración del almidón</i>	39
3.2.4.2.	<i>Concentración del plastificante</i>	39
3.3.	Cálculos	40
3.3.1.	<i>Cálculos del almidón</i>	40
3.3.1.1.	<i>Cálculo del rendimiento del almidón de Salvado de avena</i>	40
3.3.1.2.	<i>Cálculo de la humedad</i>	41
3.3.1.3.	<i>Cálculos de Ceniza</i>	41
3.3.1.4.	<i>Cálculos de la densidad aparente</i>	42
3.3.2.	<i>Cálculos del Bioplástico</i>	42
3.3.2.1.	<i>Cálculo del porcentaje de humedad del bioplástico</i>	42
3.3.2.2.	<i>Cálculo del porcentaje de solubilidad del bioplástico</i>	43
3.3.2.3.	<i>Calculo de la permeabilidad del bioplástico</i>	43
3.4.	Resultados	44
3.4.1.	<i>Gráfica del almidón seco</i>	44
3.4.2.	<i>Resultados obtenidos de los ensayos realizados al almidón de salvado de avena</i>	45
3.4.2.1.	<i>Resultados del rendimiento obtenidos de la extracción del almidón</i>	46
3.4.2.2.	<i>Resultados obtenidos pruebas fisicoquímicas del almidón</i>	47
3.4.3.	<i>Resultados obtenidos de los ensayos del bioplástico</i>	48
3.4.3.1.	<i>Resultados obtenidos del espesor, humedad, solubilidad y permeabilidad del bioplástico</i>	48
3.4.3.2.	<i>Resultados obtenidos de la prueba de degradación</i>	49
3.4.3.3.	<i>Resultados obtenidos de la prueba de tracción del bioplástico</i>	53
3.4.	Prueba de Hipótesis	53
3.4.1.	<i>General</i>	53
3.4.2.	<i>Específica 1</i>	53
3.4.3.	<i>Específica 2</i>	54
3.4.4.	<i>Específica 3</i>	54
3.4.5.	<i>Específica 4</i>	54
CONCLUSIONES		57
RECOMENDACIONES		59

BIBLIOGRAFÍA
ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1.	Aplicaciones industriales de los bioplásticos.....	5
Tabla 2-1.	División Taxonómica de la avena (<i>Avena sativa</i>).....	7
Tabla 3-1.	Características morfológicas de la avena (<i>Avena sativa</i>).....	7
Tabla 4-1.	Valor nutricional según la composición química del salvado.....	9
Tabla 1-2.	Identificación de variables dependientes e independientes.....	12
Tabla 2-2.	Operacionalización de variables.....	13
Tabla 3-2.	Matriz de consistencia.....	14
Tabla 4-2.	Descripción de los Equipos y Materiales.....	18
Tabla 5-2.	Descripción para el método de extracción del almidón.....	19
Tabla 6-2.	Recursos para la recolección de datos.....	21
Tabla 7-2.	Caracterización y pruebas del almidón.....	21
Tabla 8-2.	Caracterización y pruebas del bioplástico.....	25
Tabla 1-3.	Datos característicos de la materia prima.....	28
Tabla 2-3.	Datos obtenidos mediante el método de vía húmeda.....	31
Tabla 3-3.	Datos obtenidos en el proceso de secado del almidón.....	32
Tabla 4-3.	Datos obtenidos prueba de humedad.....	33
Tabla 5-3.	Datos obtenidos prueba de residuos por calcinación.....	34
Tabla 6-3.	Datos obtenidos prueba de la densidad aparente.....	34
Tabla 7-3.	Datos obtenidos determinación del espesor.....	35
Tabla 8-3.	Datos obtenidos para la determinación de la humedad.....	35
Tabla 9-3.	Datos obtenidos determinación de la solubilidad.....	36
Tabla 10-3.	Datos obtenidos determinación de la permeabilidad.....	36
Tabla 11-3.	Datos obtenidos en la biodegradabilidad en el suelo.....	37
Tabla 12-3.	Datos obtenidos para la biodegradabilidad del agua.....	37
Tabla 13-3.	Datos obtenidos para la degradabilidad en el medio ambiente.....	37
Tabla 14-3.	Datos obtenidos para determinación de propiedades de tracción.....	38
Tabla 15-3.	Concentraciones del almidón.....	38
Tabla 16-3.	Concentraciones del plastificante.....	39
Tabla 17-3.	Concentraciones para la elaboración del bioplástico.....	40
Tabla 18-3.	Identificación del tratamiento con mejor rendimiento.....	42
Tabla 19-3.	Resultados pruebas fisicoquímicas del almidón.....	46
Tabla 20-3.	Resultados obtenidos del espesor, humedad, solubilidad y permeabilidad del bioplástico.....	46
Tabla 21-3.	Resultados de la Biodegradabilidad del suelo.....	50
Tabla 22-3.	Resultados degradabilidad en el agua.....	50

Tabla 23-3. Resultados de degradabilidad en medio ambiente	51
Tabla 24-3. Resultados de pruebas de tracción; esfuerzos y módulos	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 AVENA (<i>Avena Sativa</i>).....	6
Figura 2-2. Diagrama de bloques extracción del almidón del salvado de avena (<i>Ave sativa</i>)...	17
Figura 3-2. Diagrama de flujo obtención del plástico biodegradable	19
Figura 4-3. Almidón obtenido por vía húmeda.....	54

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-2. Diseño experimental de la investigación	17
Gráfico 2-3. Gráfica del proceso de secado del almidón	45
Gráfico 3-3. Biodegradabilidad entre los tres componentes (suelo, agua, ambiente).....	52
Gráfico 4-3. Diferencias de degradabilidad Bioplástico y Fundas comunes	55

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1-2. Ecuación del diseño experimental	16
Ecuación 2-2. Ecuación cálculo del rendimiento para el almidón	22
Ecuación 3-2. Ecuación determinación cantidad	24
Ecuación 4-2. Ecuación determinación cantidad	25
Ecuación 5-2. Ecuación para determinar	26
Ecuación 6-2. Ecuación para determinar la solubilidad en el bioplástico	27
Ecuación 7-2. Ecuación para determinar la permeabilidad al vapor de agua	28
Ecuación 8-2. Ecuación para determinar la Humedad del almidón	41

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: PORCENTAJE DE AMILOSA DE ALMIDÓN DE SALVADO DE AVENA

ANEXO B: PROPIEDADES DE TRACCIÓN DE LOS BIOFILMS DE SALVADO DE AVENA

ANEXO C: ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DEL SALVADO DE AVENA

ANEXO D: EXTRACCION DEL ALMIDÓN DEL SALVADO DE AVENA

ANEXO E: CARACTERIZACION FÍSICOQUÍMICA DEL ALMIDON OBTENIDO

ANEXO F: CARACTERIZACIÓN DE LOS BIOPLÁSTICOS OBTENIDOS

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo sintetizar un biopolímero a partir del almidón de salvado de avena (*Avena sativa*) para su uso como embalaje de alimentos. Se obtuvo el almidón mediante vía húmeda (trituración, filtrado, sedimentación, secado y tamizado) en el cual se obtuvo un rendimiento del 34,605%, se realizaron diferentes ensayos al almidón en base a la norma INEN 1456 obteniendo resultados muy favorables los cuales están dentro de la norma establecida. Se analizó el porcentaje de amilosa el cual fue de 22,11%, un valor muy aceptable ya que a mayor contenido de amilosa mejor serán los resultados en productos obtenidos a partir de este almidón. Para la obtención del biopolímero o bioplástico se aplicó el diseño experimental 2^k el cual permite identificar y cuantificar una variable dentro de un estudio experimental, en este caso conocer el valor de las concentraciones, almidón y glicerina a fusionar, se necesitan del 4% al 10% de almidón y del 2% al 5% de glicerina que actúa como plastificante. También se realizaron diferentes pruebas para conocer la calidad del bioplástico obtenido, se tuvo un espesor promedio de 0,1mm, una permeabilidad promedio de 0.0008415 y se necesita de 5 semanas para obtener una degradabilidad del 70% al 80%. Se realizaron también pruebas mecánicas de tracción a cuatro tratamientos para poder comprobar su resistencia y elasticidad de los bioplásticos rigiéndose en la norma NTE INEN 2043, obteniendo un valor promedio de elongación del 60% y de 2,5N de fuerza. En consecuencia, el bioplástico obtenido exhibe propiedades físicas y mecánicas similares a los plásticos sintéticos tradicionales.

Palabras clave: <INGENIERÍA QUÍMICA>, <PROCESOS INDUSTRIALES>, <ALMIDÓN>, <VARIABLES DE PROCESO>, <BIOPLÁSTICO>, <AVENA (*Avena sativa*)>

LEONARDO
FABIO MEDINA
NUSTE

Firmado digitalmente
por LEONARDO FABIO
MEDINA NUSTE
Fecha: 2021.09.30
07:36:33 -05'00'



1617-DBRA-UTP-2021

ABSTRACT

The present research work aims to synthesize a biopolymer from oat bran starch (*Avena sativa*) for use as food packaging. The starch was obtained by means of a wet route (crushing, filtering, sedimentation, drying and sieving) in which a yield of 34.605% was obtained, different tests were carried out on the starch with base in the INEN 1456 standard obtaining very favorable results which are within the established standard. The percentage of amylose (22.11%) was analyzed, a very acceptable value since the higher the content of amylose, the better the results will be in products obtained from this starch. To obtain the biopolymer or bioplastic, the 2k experimental design was applied, which allows identifying and quantifying a variable within an experimental study, in this case knowing the value of the concentrations, starch and glycerin to be fused, 4% are needed per 10% starch and 2% to 5% glycerin that acts as a plasticizer. Different tests were also carried out to know the quality of the bioplastic obtained, it had an average thickness of 0.1mm, an average permeability of 0.0008415 and it takes five weeks to obtain a degradability of 70% to 80%. Mechanical tensile tests were also carried out at four treatments to be able to verify the resistance and elasticity of the bioplastics, in accordance with the NTE INEN 2043 standard, an average elongation value of 60% and 2.5N of strength were obtained. Consequently, the bioplastic obtained exhibits physical and mechanical properties similar to traditional synthetic plastics. For the elaboration a minimum of five days in the drying of the starch is recommended.

Keywords: <CHEMICAL ENGINEERING>, <INDUSTRIAL PROCESSES>, <STARCH>, <PROCESS VARIABLES>, <BIOPLASTIC>, <OATS (*Avena sativa*)>.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el consumo de los plásticos se ha incrementado cada vez más especialmente porque el ser humano ha incluido recipientes de este material tanto para bebidas como para alimentos. Sin embargo, el 57% de la producción mundial de plásticos termina abandonado (Ecoembes, 2019), causando un gran impacto ambiental debido a sus polímeros sintéticos como el polipropileno y poliestireno. Esta es la razón por la que en el presente proyecto se ha propuesto sintetizar un biopolímero a partir del almidón de salvado de avena (*Avena sativa*) para su uso como embalaje de alimentos, de manera que ayude a disminuir la gran contaminación que se da por los productos antes nombrados.

El almidón de salvado de avena ha capturado el interés de las industrias debido a sus excelentes propiedades de nutrición ya que el contenido de proteínas es mucho más elevado que el de cualquier otro grano de cereal, pero su uso ha sido un poco limitado debido a la dificultad de separación del grano en fracciones de fibra, proteína y almidón (Autio y Ann-charlotte, 2016, p.5). Sin embargo, en la investigación propuesta el almidón de salvado de avena se obtiene a partir de la extracción por vía húmeda, el cual se puede sintetizar en los procesos de triturado, filtrado, sedimentado, secado y tamizado. Dicho procedimiento es fácil para su extracción.

Los procedimientos para la elaboración de biopelículas a partir de este almidón se basan en prepararlo en una solución con agua destilada, a la cual se agregará un conservante como el ácido acético, y una sustancia plastificante como la glicerina. De esta manera se forman estructuras como la amilosa y la amilopectina capaces de generar plásticos. Así, el polímero producido es capaz de sustituir a un polímero sintético en envolturas para alimentos, ayudando al medio ambiente con esta gran solución.

Por lo tanto, el presente proyecto está integrado por tres capítulos que permiten obtener los resultados para el objetivo general. Así en el primer capítulo se presenta el marco teórico de todo lo que envuelve la investigación presente. En el segundo capítulo se muestra la metodología que se siguió para el desarrollo del biopolímero obtenido a partir del almidón del salvado de avena. En el tercero se describen los resultados y se los analiza. Finalizando con las respectivas conclusiones de la investigación del tema propuesto.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Antecedentes de la investigación

La presente investigación se profundiza con respecto a los biopolímeros o biopelículas de plástico mediante materia orgánica para el uso de empaques en alimentos, que nace ante el vasto problema que generan los desechos plásticos derivados de recursos no renovables como el petróleo y el consenso global ante la necesidad de estimular el desarrollo de tecnología que reduzca las emisiones de gases de efecto invernadero, como el CO₂, han estimulado la producción de productos químicos a partir de materias primas renovables (Fernando Valero-Valdivieso et al., 2015, p.1). Bourtoom y Chinnan (2008, p.1) llevaron a cabo un estudio basado en el almidón de arroz-quitosano e investigaron más a fondo el efecto de las proporciones almidón / quitosano sobre las propiedades mecánicas de la película, la resistencia al agua y la miscibilidad. Se ha desarrollado una mezcla biodegradable. El polímero de almidón de quitosano biodegradable tiene una resistencia a la tracción mejorada, permeabilidad al vapor de agua (WVP), un color amarillo más claro, un alargamiento del punto de rotura reducido y una solubilidad de película después de la adición de quitosano. Por tanto, este estudio muestra que existe una solubilidad molecular mutua entre los dos componentes, en base a los resultados obtenidos. Como resultado de la comparación del rendimiento de la película compuesta de almidón de arroz biodegradable y la película de polímero sintético, se demostró que la película compuesta de quitosano de almidón de arroz biodegradable tiene las mismas características que otras películas de quitosano. (Guamán Bravo, 2019, p.7).

En estudios anteriores elaborados por el Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Universidad de Costa Rica en el año 2012 se desarrolló un biopolímero a partir de desechos de piña y banano para la fabricación de bolsas plásticas, platos y cucharas desechables. En este estudio se realizó como primer paso la fermentación láctica (suero de la leche) para obtener el ácido láctico y posteriormente someterlo al proceso de polimerización para obtener el almidón como materia prima para la elaboración de las bolsas plásticas (Bustamante y Peralta, 2018, p.12).

En el año 2013, Arroyo Edmundo y Alarcón Hugo residentes de Lima Perú, realizaron estudios acerca de la obtención, caracterización y análisis comparativo de biopolímeros a partir de la yuca, papa y maíz. Estos biopolímeros fueron analizados por espectroscopía de absorción atómica, determinando que los biopolímeros de la papa, maíz y yuca tienen funciones químicas a nivel molecular similares a los polímeros obtenidos por los metales pesados. La caracterización por absorción atómica reveló que las películas de biopolímero obtenidas son inocuas es decir que no causan problemas de polución ambiental, evitando así futuros impactos ambientales que se están generando por causa de los metales pesados (Rosales, 2016, p.6).

La investigación sobre biopolímeros se basa principalmente en el almidón porque su estructura contiene dos polímeros, amilosa y amilopectina. Esbeydhy Oyuky Yescas y Marlen Hernández, estudiantes del Instituto de Tecnología del Valle Central en Oaxaca, desarrollaron una biopelícula de almidón de avena para recubrimiento de alimentos y empaques comerciales. El dispositivo duplica la vida útil de los alimentos”, dice la Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM Global (Oyuky y Hernández, 2017, p.21).

1.2. Marco conceptual o Glosario

1.2.1. Polímeros

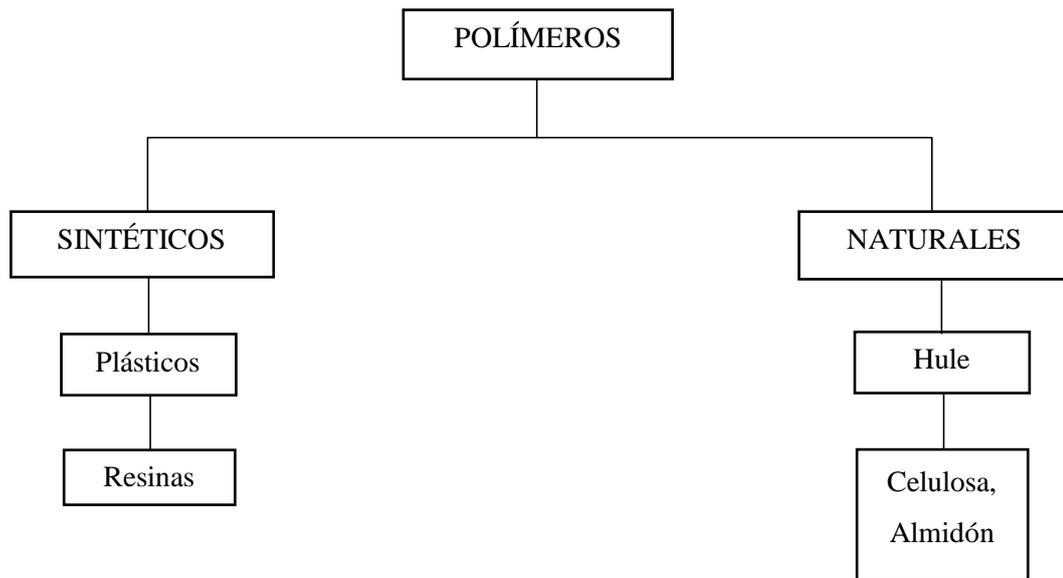
1.2.1.1. Definición de polímeros

Las macromoléculas comúnmente conocidas como polímeros están constituidos de extensas cadenas de monómeros ligados por enlaces covalentes formando así moléculas de gran tamaño. Estas macromoléculas tienen un peso molecular relativamente alto. La reacción de polimerización es el proceso de transformar una mezcla de monómeros o moléculas de bajo peso molecular en un polímero (Caldera y Herrera, 2019, p.3).

1.2.1.2. Clasificación de los polímeros

Los polímeros se pueden clasificar conforme en su estructura, origen, composición y tipo de polimerización, sin que estas categorías sean excluyentes mutuamente. Los diferentes términos utilizados en la industria de los polímeros corresponden a diferentes modos de clasificación como plásticos, resinas, elastómeros y hules (Rosales, 2016, p.11).

Según su origen los polímeros se pueden clasificar en:



Realizado por: Gusñay Londo, Kleber, 2021.

- *Polímeros sintéticos*

Los polímeros sintéticos son moléculas muy grandes formadas frecuentemente por un solo tipo de unidad monómera, o con mucho formados por un pequeño número de unidades monómeras diferentes. Todos los materiales que en el lenguaje ordinario son denominados plásticos y se usa para fabricar tazas, platos, peines, tuberías, pintura, fibras sintéticas, mostradores etcétera, están constituidos por polímeros sintéticos. Los nombres de muchos de estos materiales pueden ser como el polietileno, poliestireno, poliuretano, teflón, formica, entre otros. Todas estas materias primas son procedentes principalmente del petróleo (Ronald J. Gillespie, 1990, p.4).

- *Polímeros naturales o biopolímeros*

Los seres humanos han utilizado durante mucho tiempo polímeros naturales para formar materiales útiles y beneficiosos como el procesamiento de la lana, el curtido y la producción de caucho natural (Ramírez Regalado, 2017, p.26). Una de las principales razones es que los polímeros son renovables porque la naturaleza puede continuar sintetizándolos a medida que se extraen. Sobre todo, existe una creciente necesidad de conservación y regulación de los recursos químicos. Los biopolímeros están hechos por organismos vivos. Existen innumerables macromoléculas naturales, entre las que se puede destacar la presencia de tres grandes grupos de proteínas, polisacáridos y ácidos nucleicos (Rosales, 2016, p.12).

1.2.1.3. *Bioplásticos*

El bioplástico es proveniente de recursos renovables es decir es un plástico de origen natural producido por un organismo vivo y con carácter biodegradable, por lo que produce muy poca contaminación debido a que su degradación es más rápido que los plásticos tradicionales (Guamán Bravo 2019, p.18).

1.2.1.4. *Aplicaciones industriales*

Tabla 1-1. Aplicaciones industriales de los bioplásticos

N°	Industria	Aplicaciones
1	Alimentaria	Para la producción de empaques biodegradables, envolturas comestibles para la preservación de las frutas, pescados, carnes entre otros.
2	Envases	Para la producción de envases, están disponibles comercialmente envases flexibles como bolsas y películas. Envases rígidos como bandejas, vasos y botellas.
3	Química	Para la producción de productos para el cuidado de la salud, espumas ecológicas, juguetes y neumáticos.
4	Electrónica	Cobertores para reproductores de música y fundas para teléfonos móviles se pueden reutilizar en abono.

Fuente: (Guamán Bravo, 2019, p.11).

Realizado por: Gusñay Londo, Kleber, 2021.

1.2.1.5. *Plásticos a base de Almidón*

Los polímeros de fuentes renovables son útiles para la producción de materiales biodegradables que a menudo contienen almidón como componente principal y para la producción de mezclas de polímeros producidos a partir de esta última fuente con otros polímeros biodegradables. (Enríquez, Velasco y Ortiz, 2012, p.3).

- *Plastificante*

Los plastificantes son sustancias inodoras, poco volátiles e incoloras que se utilizan en la producción de plásticos para aumentar la ductilidad y elongación de los plásticos. Cuando se agrega otra sustancia, sus propiedades mecánicas cambian. Son eficaces por la capacidad que tienen para reducir los enlaces de hidrogeno internos y aumenta espacios intermoleculares los más

comunes son sorbitol, glicerol o el polietileno siendo el glicerol es más eficaz y promueve la movilidad de la cadena de almidón como lubricante. Estos evitan que las láminas se dañen durante la manipulación o su almacenamiento, pero estos pueden afectar a la permeabilidad de vapor (Cuadrado, 2019, p.15).

- *Glicerol*

Es un higroscópico almibarado obtenido de la saponificación de grasas y aceites naturales, los tres grupos alcohólicos le permiten ser soluble en agua, también este componente retarda la degradación de los termoplásticos. Es una sustancia que actúa como plastificante y tiene una densidad mayor a la del agua, dotará a los biofilms de flexibilidad (Avendaño, 2019, p.21).

1.2.2. Cereales

Los cereales son semillas de las gramíneas en las que se incluyen el maíz, trigo, arroz, cebada, avena y centeno (Sataloff, Johns y Kost, 2000, p.2).

1.2.2.1. AVENA (*Avena sativa*)

En el Ecuador existe una gran producción de avena (*Avena sativa*) tiene excelentes características geográficas y de suelo, lo que permite su cultivo en provincias como Chimborazo, Azuay, Cotopaxi, Loja, Tungurahua, El Oro. En el Ecuador la avena tiene un ciclo vegetativo entre la siembra y la cosecha alrededor de 6 a 7 meses. (Jiménez, 2016, p.3).

La avena (*Avena sativa*) es uno de los cereales más completos por sus atributos nutricionales. Es un alimento abundante en vitaminas y fibra que aportan energía durante un largo tiempo, es decir, genera saciedad por varias horas (Patrón, 2018, p.1).



Figura 1.1 AVENA (*Avena sativa*)

Fuente: (Zambrano et al. 2018).

1.2.2.2. Origen

La historia de su cultivo es aún desconocida, este cereal no llegó a tener importancia como el trigo o la cebada, sino la avena era considerada como mala hierba de estos cereales ya que no existían siembras o cultivos de avena (Gallardo, 2016, p.3).

Existen varias teorías no contrastadas de que su origen pudo darse en el suroeste de Europa, en el suroeste de Asia o incluso en el norte de África, aunque la teoría con más inclinación es por su origen asiático (Jiménez, 2016, p.3).

1.2.2.3. Clasificación Taxonómica

Tabla 2-1. División Taxonómica de la avena (*Avena sativa*)

<i>Avena sativa</i>	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Genero	Avena
Especie	Sativa

Fuente: (Gallardo, 2016, p.2).

Realizado por: Gusñay Londo, Kleber, 2021.

1.2.2.4. Características morfológicas

La avena pertenece a la familia de las gramíneas. La mayoría de las avenas cultivadas son hexaploides, siendo la especie *Avena sativa* la más cultivada. Las principales características botánicas del grupo de los cloroplastos son: Flores con primera y segunda articulación, gimnospermas o características de manto (Gallardo, 2016, p.3).

Tabla 3-1. Características morfológicas de la avena (*Avena sativa*)

N°	Órgano	Características
1	Raíz	Parte primaria o seminal, compuesto por 3, 4, 5 o 6 raicillas más abundantes y profundas que de los demás cereales, es el primero que sale cuando comienza a desarrollarse la planta.
2	Tallo	Su tallo es recto, de 80 a 160 cm. de altura; nudoso y hueco. Comparado con el tallo del trigo, el tallo de la avena es más blando y de diámetro mayor.
3	Hojas	La avena produce gran número de hojas; la vaina es cerrada y la lígula corta y ovalada. Las hojas jóvenes están enrolladas hacia la izquierda y carecen de aurículas, carácter que distingue a la avena de los demás cereales.
4	Flores	La inflorescencia es una panícula con espiguillas en las que destacan dos glumas de gran tamaño que envuelven normalmente a 2 flores de diferente tamaño. En la mayor la lema suele ser aristada, con una arista que no sale del ápice sino dorsalmente, del tercio superior de la lema.
5	Fruto	El grano, es el fruto de las gramíneas y se denomina cariósipide. No todas las flores dan lugar a granos. Depende de las condiciones ambientales durante la floración, que dará lugar a un mayor o menor número de flores fecundadas. El grano es un fruto seco, monospermo e indehisciente (no se abre en la fase de maduración)

Fuente: (Jiménez, 2016, p.13).

Realizado por: Gusñay, Kleber. 2021.

1.2.2.5. Salvado de avena

El salvado de la avena es un producto natural obtenido después del tamizado de una mezcla heterogénea de hojuelas de avena previamente trituradas desde la cual y por acción de tamizados sucesivos se separan todas las capas del pericarpio; es decir la parte externa del alimento, entregando un producto que contiene la totalidad de las capas externas del grano propiamente sin la cáscara (Granos Austral, 2015).

El salvado de avena (*Avena sativa*) es un cereal cuyo grano completo tiene un prominente contenido en fibra dietética soluble, en la que se incluye el beta-glucano, aportando también proteínas, lípidos, vitaminas, minerales y carbohidratos (Aparicio Vizuet, 2016, p.29).

Información nutricional

La avena es considerada como uno de los cereales más consumidos alrededor del mundo. Delicioso, versátil y un auténtico tesoro nutricional. Rica en proteínas, vitaminas y minerales, regula el colesterol y ayuda a prevenir la subida y bajada de la glucosa (LaVanguardia, 2018, p.6).

Tabla 4-1. Valor nutricional según la composición química del salvado

N°	Macrominerales	%
1	Humedad	10.0
2	Cenizas	2.9
3	PB	8.7
4	EE	4.9
5	Grasa verd. (%)	90
6	FB	12.6
7	FND	31.4
8	FAD	17.4
9	LAD	2.6
10	Almidón	36.6
11	Azúcares	1.5
N°	Valor nutricional	Por 100 gr
1	Calorías	350
2	Proteínas	11,7 g
3	Grasas	7,1
4	Hidratos de carbono	59,8 g
5	Fibra	5,6
6	Hierro	5,8 mg
7	Calcio	79,6 mg

Fuente: (Jiménez, 2016, p.9); (LaVanguardia, 2018, p.7).

Realizado por: Gusñay Londo, Kleber, 2021.

1.2.3. Almidón

El almidón es la mayor fuente de carbohidratos en la dieta humana y el polisacárido de reserva más abundante en las plantas. Se presenta naturalmente en forma de gránulos en los cloroplastos de hojas verdes y amiloplastos de semillas, legumbres y tubérculos. A nivel molecular, el almidón está formado por dos polisacáridos, amilosa y amilopectina. La amilosa es un polímero lineal de unidades de n-glucosa unidos por un enlace α (1-4). La amilopectina es un polímero ramificado

de unidades de n-glucosa unidas por un enlace ramificante α (1-6). La amilosa, constituye entre el 15% al 20% de almidón, y la amilopectina, que es una molécula ramificada más grande, es el componente principal del polisacárido (Villaruel Heise et al., 2018, p.5).

El almidón es una de las principales reservas de energía de las plantas y se encuentra en fuentes tan diversas como: en semillas de plantas leguminosas de lentejas y frijoles, en semillas de cereales como el arroz, el trigo, el maíz y la avena, en el tallo la palma de sagú, en tubérculos como la papa, en hojas como las del tabaco, en frutas como las manzanas y los guineos, y finalmente en raíces como el camote y la yuca (Guamán Bravo, 2019, p.11).

1.2.3.1. Extracción de almidón

La extracción del almidón puede darse de diferentes formas a nivel artesanal y a un nivel más técnico y también a mayor y menor. El método seco y el método húmedo son los principales y más generales para la extracción del almidón de yuca, papa, plátano maíz y cereales como el trigo, la cebada y la avena. Estos métodos no son muy complejos (Carrasco, 2018, p.4).

- *Método seco*

Consiste primero en la selección de la materia prima, seguido de un proceso de lavado por medio de la cual se eliminara la tierra y toda clase de impurezas, posteriormente se someterá a un proceso de molienda del fruto obteniendo de este proceso una harina para su posterior tamizado y obtención del almidón (Cuadrado, 2019b, p.12). Tomando en cuenta las operaciones pequeñas que se las realiza de manera intermedia de los procesos anteriores para facilitar el desarrollo del método y obtener con características que sean deseables en el almidón.

- *Método húmedo*

Este método consiste en una serie de operaciones unitarias las cuales son: Lavado, licuado, filtrado, sedimentado, decantación, secado y tamizado. En el proceso de lavado se eliminan cualquier tipo de impurezas de la materia prima para pasar al licuado en donde se obtendría el almidón. En el proceso de filtrado se elimina los residuos de la materia prima para dejar reposar y esperar que sedimente para eliminar residuos de agua para posteriormente poner a secar el almidón y realizar el tamizado del almidón obtenido (Cárdenas, 2018, p.39).

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Objetivos de la Investigación

2.1.1. *General*

- Sintetizar un biopolímero a partir del almidón de salvado de avena (*Avena sativa*) para su uso como embalaje de alimentos

2.1.2. *Específicos*

- Extraer del salvado de avena el almidón mediante el mecanismo de reducción de tamaño (molienda y trituración), tamizado, sedimentación y secado.
- Analizar las propiedades Físico – Químicas del almidón obtenido a partir de la avena para su posterior elaboración del biopolímero mediante la normativa INEN 1456.
- Determinar el procedimiento adecuado para la formación del bioplástico que se utilizaría como envoltura y empaques de alimentos.
- Comparar la resistencia, efectividad del plástico biodegradable y su aspecto que presenta con el plástico común.

2.2. Planteamiento de las Hipótesis

2.2.1. *Hipótesis General*

- Al obtener almidón del salvado de avena (*Avena sativa*) permitirá elaborar un bioplástico que posea características similares a los plásticos tradicionales.

2.2.2. *Hipótesis Específicas*

- Mediante el método húmedo de extracción de almidón será posible obtener almidón del salvado de avena (*Avena sativa*).
- El almidón obtenido del salvado de avena (*Avena sativa*) presentará propiedades de calidad dentro de los parámetros establecidos en la norma INEN 1456.

- Se podrá utilizar al bioplástico como embalaje para alimentos y a su vez evite el envejecimiento de los mismos
- El bioplástico obtenido tendrá un menor tiempo de degradación en comparación a los plásticos comunes.

2.3. Identificación de Variables

Tabla 1-2. Identificación de variables dependientes e independientes.

N°	Etapas del proceso	Variables Dependientes	Variables Independientes
1	Extracción del almidón	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Peso de la materia prima ❖ Tiempo de secado 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Humedad ❖ Velocidad de secado
2	Análisis físico-químico del almidón	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Peso del almidón obtenido del salvado de avena (<i>Avena sativa</i>) 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ pH ❖ Solubilidad ❖ Densidad aparente ❖ Ceniza ❖ Humedad ❖ Temperatura de Gelatinización
3	Obtención de plástico biodegradable	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Aditivos 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Espesor ❖ Humedad ❖ Permeabilidad ❖ Elongación ❖ Biodegradabilidad

Elaborado por: Gusñay, Kleber, 2021.

2.4. Operación de Variables

Tabla 2-2. Operacionalización de variables

Variable	Tipo de variable	Definición operacional	Indicador	Instrumentos de medida
Pesado	Independiente	Medida de la fuerza gravitatoria que actúa sobre un objeto	Kilogramo, gramo	Balanza analítica
Secado	Independiente	Separación total o parcial del líquido que contiene un sólido	Tiempo	Estufa
Humedad	Dependiente	Cantidad de agua contenida en una muestra	% de humedad	Balanza de humedad
Solubilidad	Dependiente	Capacidad que posee una determinada sustancia para disolverse en otra	Temperatura	
pH	Dependiente	Medida de grado acidez o alcalinidad de una sustancia o solución		Potenciómetro
Densidad aparente	Dependiente	Propiedad de los polvos, gránulos y otros sólidos conocida también como densidad volumétrica	Gramo/litro	
Espesor	Dependiente	Dimensión más pequeña de un cuerpo de tres dimensiones	Milímetros	Medidor de espesor
Aditivos	Independiente	Componentes necesarios para adicionar a una sustancia y obtener un producto que sea susceptible de ser utilizado	Cantidad	Pipetas
Permeabilidad	Dependiente	Capacidad de un material para ser atravesado por una sustancia líquida	WVTR	Copa de aluminio
Elongación	Dependiente	Máximo esfuerzo de tracción que un cuerpo puede soportar antes de romperse	Distancia, Esfuerzo máximo	Probetas
Biodegradabilidad	Dependiente	Capacidad de un material de ser biodegradado		

Realizado por: Gusñay, Kleber, 2021.

2.5. Matriz de Consistencia

Tabla 3-2. Matriz de consistencia

ASPECTOS GENERALES				
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA		OBJETIVOS	HIPÓTESIS	
Los polímeros sintéticos como el polipropileno, poliestireno son materia prima para la elaboración de plásticos que se incorporan en la vida cotidiana generando gran cantidad de desechos y su biodegradación conlleva de mucho tiempo afectando al medio ambiente debido a su resistencia para degradar		Sintetizar un biopolímero a partir del almidón de salvado de avena (<i>Avena sativa</i>) para su uso como embalaje de alimentos	Lograr la obtención de un bioplástico a partir del procesamiento del almidón del salvado de avena (<i>Avena sativa</i>) y éste posea características similares a los plásticos tradicionales	
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Variables	Técnicas
El método de extracción del almidón se desconoce si será efectivo a partir de la materia prima seleccionada	Extraer de la avena el almidón mediante el mecanismo de reducción de tamaño (molienda y trituración), tamizado, sedimentación y secado.	Mediante el método húmedo de extracción de almidón es posible obtener almidón del salvado de avena (<i>Avena sativa</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo • Humedad 	<ul style="list-style-type: none"> • Medición del tiempo de secado • Extracción del almidón método seco
¿El almidón obtenido cumple con los parámetros establecidos mediante la normativa INEN 1456?	Analizar las propiedades Físico – Químicas del almidón obtenido a partir de la avena para su posterior elaboración del biopolímero mediante la normativa INEN 1456.	El almidón obtenido del salvado de avena (<i>Avena sativa</i>) presenta propiedades de calidad dentro de los parámetros establecidos en la norma INEN 1456	<ul style="list-style-type: none"> • pH • Solubilidad • Ceniza • Humedad • Temperatura de Gelatinización • Densidad aparente 	<ul style="list-style-type: none"> • Métodos físicos • INEN 1456

Se desconoce un método específico para la obtención del bioplástico a partir del almidón de la avena (<i>Avena sativa</i>)	Determinar el procedimiento adecuado para la formación del bioplástico que se utilizaría como envoltura y empaques de alimentos.	Se podrá utilizar al bioplástico como embalaje para alimentos y a su vez evite el envejecimiento de los mismos	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de secado • Composición de los reactivos • Temperatura 	<ul style="list-style-type: none"> • Variación de la composición • Temperatura determinada
¿El bioplástico obtenido tiene características similares, se podrá utilizar como empaques de alimentos?	Comparar la resistencia, efectividad del plástico biodegradable y su aspecto que presenta con el plástico común.	El bioplástico obtenido tendrá un menor tiempo de degradación en comparación a los plásticos comunes	<ul style="list-style-type: none"> • Resistencia • Elongación • Espesor • Biodegradabilidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Comparación el bioplástico con el plástico tradicional

Realizado por: Gusñay, Kleber, 2021.

2.6. Tipo y Diseño de Investigación

2.6.1. Tipo de Investigación

La presente investigación es de tipo experimental puesto que después de una serie de pasos se va determinando datos adecuados para la obtención de un biopolímero a partir del almidón del salvado de avena (*Avena sativa*), Guiándose en diferentes investigaciones existentes identificar el procedimiento y aditivos adecuados que sirva de base en estudios futuros.

2.6.2. Diseño de la investigación

El diseño en esta investigación es de tipo experimental ya que se controlará diferentes tipos de variables como es en el caso de la extracción del almidón la variable a controlar será la temperatura de gelatinización, de secado. En el caso del plástico biodegradable se efectuará diferentes experimentos en lo que consiste a la cantidad de concentración de cada aditivo en nuestro caso el Ácido acético y el Plastificante.

El diseño experimental empleado en este proyecto para conocer la cantidad de concentración tanto para el almidón como para el plastificante es:

$$DE = 2^K \quad \text{Ecuación 1-2. Ecuación del diseño experimental}$$

En donde:

DE = Diseño experimental

2 = Concentraciones, almidón y plastificante

K = Número de repeticiones

El diseño experimental permite identificar y cuantificar una variable dentro de un estudio experimental, en nuestro caso conocer el valor de las concentraciones, almidón y glicerina a mezclar. Para poder emplear este diseño factorial se realizaron diferentes pruebas en cuanto a la concentración del almidón y del plastificante para poder obtener un límite superior y un límite inferior de las dos concentraciones, al obtener los diferentes límites se reemplaza en la ecuación de diseño experimental, quedando de la siguiente forma.

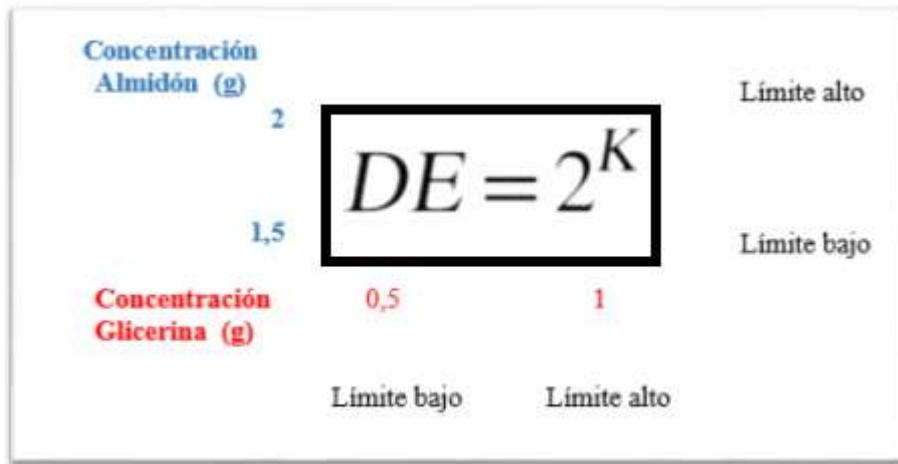


Gráfico 1-2. Diseño experimental de la investigación

Realizado por: Gusñay, Kleber, 2021.

2.6.2.1. Diagrama de bloques para el proceso de la obtención del almidón

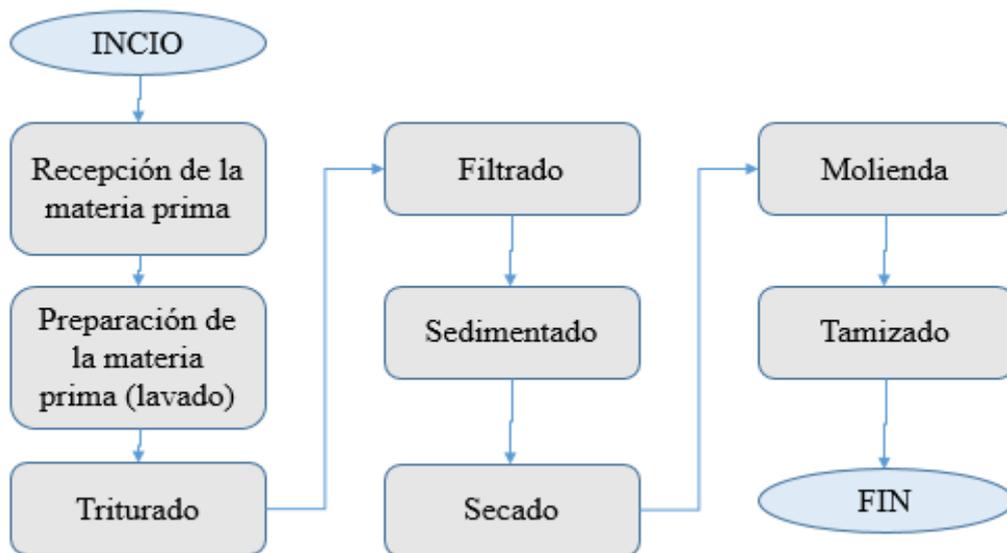


Figura 2-2. Diagrama de bloques extracción del almidón del salvado de avena (*Ave sativa*)

Realizado por: Gusñay, Kleber, 2021.

❖ Descripción de las operaciones unitarias utilizadas

Las siguientes operaciones unitarias detalladas a continuación son las más importantes en lo que respecta a la extracción del almidón.

- **Lavado**

Esta operación consiste en la separación de suciedad y contaminantes que pudiesen estar presentes en la materia prima como: tierra, piedras o cualquier cosa ajena a la materia prima. Se lo realiza con abundante agua, el agua debe ser de preferencia agua potable (Cuadrado, 2019, p.20).

- **Pelado**

Esta operación radica más para tubérculos y consiste en remover la piel del fruto evitando así que se pierda la pulpa del fruto ya que podría influir en el rendimiento del almidón (Cuadrado, 2019, p.20).

- **Triturado**

Se refiere a todas las formas en las que un alimento puede ser cortado, desmenuzado o reducido su tamaño a partículas más pequeñas (Colina, 2013, p.2).

- **Filtrado**

Ocurre a través de un medio poroso y consiste en la remoción de partículas más grandes presentes en una solución acuosa (Bourgeois, 1915, p.2).

- **Sedimentado**

Es el efecto que genera la gravedad sobre aquellas partículas que se encuentran suspendidas en una solución durante la filtración (Bourgeois, 1915, p.2).

- **Secado**

Es una operación de gran importancia ya que por medio de esta operación se puede separar parcial o totalmente la humedad de un alimento (Brito, 2001, p.2)

- **Tamizado**

En este proceso se separa los componentes granular o pulverulento de diferentes tamaño (Brito 2000, p.30)

2.6.2.2. Diagrama de bloques para el proceso de obtención del bioplástico

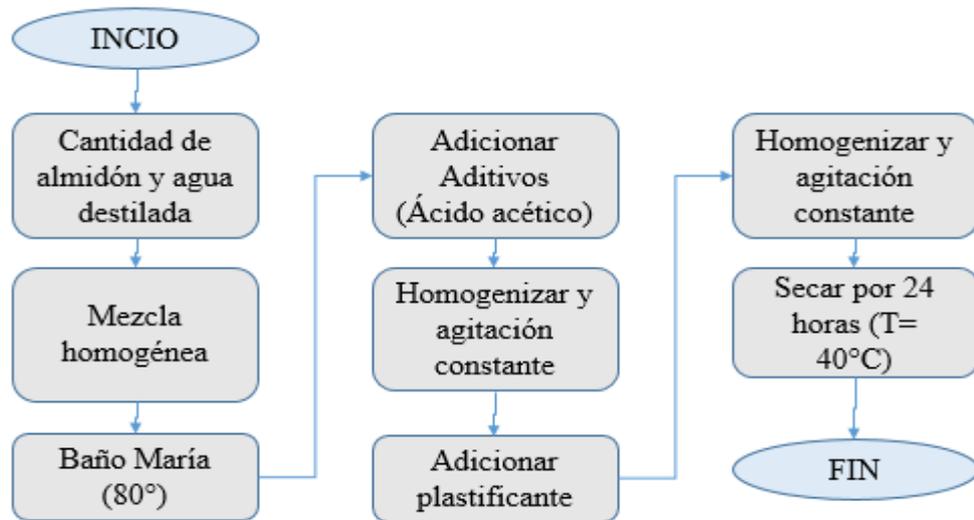


Figura 3-2. Diagrama de flujo obtención del plástico biodegradable

Realizado por: Gusñay, Kleber, 2021.

2.6.2.3. Descripción de Equipos y Materiales

Tabla 4-2. Descripción de los Equipos y Materiales

Equipos	Materiales	Reactivos
<ul style="list-style-type: none"> Balanza analítica Estufa pH metro Mufla Termo balanza Tamizadora Desecador Agitador orbital 	<ul style="list-style-type: none"> Reverbero Tubos de ensayo Espátula Varilla de agitación Crisoles Capsulas de porcelana Cajas Petri de vidrio Probetas 10ml, 100 ml Vasos de precipitación, 50ml, 100 ml, 250 ml Termómetro Vidrio reloj 	<ul style="list-style-type: none"> Glicerina Ácido Acético Agua destilada

Realizado por: Gusñay, Kleber, 2021.

2.7. Unidad de análisis

El objetivo de estudio es la obtención de un bioplástico a partir del almidón del salvado de avena (*Avena sativa*) para el cual se parte analizando cada una de sus características físico - químicas rigiéndose a la normativa INEN 1456, posterior a la elaboración de la biopelícula determinando las características y comparando la efectividad del plástico biodegradable.

2.8. Población de Estudio

La población para el presente trabajo se considera al salvado de avena (*Avena sativa*) proveniente de la familia de los cereales, mismo que se obtuvo del mercado mayorista de la ciudad de Riobamba.

2.9. Tamaño de la muestra

Se trabajó para este experimento por el método seco para la extracción del almidón del salvado de avena (*Avena sativa*) y se tomará datos de las muestras iniciales para determinar el rendimiento adecuado para la obtención del almidón, una vez obtenido el mejor rendimiento para la obtención del almidón se procederá a generar diferentes formulaciones, diseño factorial 2^k para la elaboración del bioplástico.

Tabla 5-2. Descripción para el método de extracción del almidón

Tratamiento	Velocidad	Tiempo	Repeticiones
1	Velocidad 1 (baja)	30 segundos	4
2	Velocidad 1 (baja)	60 segundos	4
3	Velocidad 1 (baja)	90 segundos	4
4	Velocidad 2 (alta)	30 segundos	4
5	Velocidad 2 (alta)	60 segundos	4
6	Velocidad 2 (alta)	90 segundos	4

Realizado por: Gusñay, Kleber, 2021.

2.10. Selección de la muestra

El salvado de avena se seleccionará tomando en cuenta la calidad del producto como, fecha de caducidad y su valor nutricional ya que cuenta con un alto contenido de carbohidratos como el almidón, fibra, vitaminas.

2.11. Técnicas de recolección de datos

2.11.1. Almidón de salvado de Avena

A continuación, se presenta una tabla descriptiva de las técnicas de recolección de datos previa a la realización del trabajo de investigación.

Tabla 6-2. Recursos para la recolección de datos

N°	Técnicas de recolección de datos	Método
1	Recaudación de información	Fuentes bibliográficas: <ul style="list-style-type: none">• Internet• Libros• Artículos de investigación• Revistas científicas
2	Extracción del almidón del salvado de la avena (<i>Avena sativa</i>)	Métodos seco: <ul style="list-style-type: none">• Molienda y trituración• Sedimentación y secado• Tamizado
3	Obtención del bioplásticos	Adición de aditivos: <ul style="list-style-type: none">• Agua destilada• Glicerina• Ácido acético

Realizado por: Gusñay, Kleber, 2021.

2.11.1.1. Ensayos para la caracterización del almidón

Tabla 1-2. Caracterización y pruebas del almidón

N°	Análisis	Materiales y Equipos	Reactivos	Procedimiento	Cálculo o Fórmula	Método de Ensayo
1	Rendimiento del almidón	<ul style="list-style-type: none"> Balanza analítica 	<ul style="list-style-type: none"> Almidón de salvado de avena 	<p>Después de obtener el almidón del salvado de avena para obtener el mejor rendimiento de las repeticiones realizadas a diferentes velocidades y tiempos se debe:</p> <ul style="list-style-type: none"> Tomar le peso final de cada tratamiento Aplicar la fórmula del rendimiento 	$\%R = \frac{Pf}{Pi M} * 100$ <p>Ecuación 2-2. Ecuación cálculo del rendimiento para el almidón</p> <p>En donde</p> <p>% R = Porcentaje de rendimiento Pf = Peso del almidón obtenido Pi M = Peso de la muestra inicial</p>	
2	Humedad	<ul style="list-style-type: none"> Termobalanza 	<ul style="list-style-type: none"> Almidón de salvado de avena 	<p>La termobalanza determina el valor de humedad de forma directa.</p> <ul style="list-style-type: none"> Se enciende la termobalanza, se levanta la tapa, se tara y se coloca la muestra Se pesan 2 g de muestra y se coloca en el plato de la termobalanza. <p>Se cierra la tapa de la cámara de secado de la termobalanza.</p>	<ul style="list-style-type: none"> La termobalanza da una señal de aviso indicando que la muestra está lista y a la vez mostrando en su pantalla el valor de la humedad y el peso final de la muestra 	INEN 1456

3	Solubilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Reverbero • Malla de asbesto • Varilla de agitación • Vidrio reloj • Vaso de precipitación de 25 mL • Vaso de precipitación de 250 mL 	<ul style="list-style-type: none"> • Almidón de salvado de avena • Agua destilada 	<ul style="list-style-type: none"> • Poner a hervir agua destilada, 100 mL en un vaso de precipitación. • Pesar 2 gramos de almidón y colocar en el vaso de precipitación de 25 ml con 5 ml de agua destilada • Agitar la solución y transferir la mezcla al recipiente que contiene el agua hirviendo. <p>Continuar con la agitación durante 2 minutos.</p>	El cálculo se lo realiza mediante una resolución cualitativa.	INEN 1456
4	pH	<ul style="list-style-type: none"> • pH metro • Vaso de precipitación 	<ul style="list-style-type: none"> • Almidón de salvado de avena • Agua destilada 	<ul style="list-style-type: none"> • Pesar 2g de almidón y colocar en el vaso de precipitación de 250 ml con 100 ml de agua destilada. • Llevarlo a ebullición y dejar que enfríe. • Estandarizar el medidor de pH con una solución tampón y temperatura ambiente. • Una vez estandarizado el medidor de pH lavar los electrodos con agua destilada y secarlos suavemente. 	El valor del pH proporciona el equipo de medición directamente.	INEN 1456

				Sumergir los electrodos en la solución del almidón con agua destilada y leer el pH.		
5	Contenido de ceniza	<ul style="list-style-type: none"> • Mufla • Crisoles • Pinzas para crisol • Desecador • Balanza analítica 	<ul style="list-style-type: none"> • Almidón de salvado de avena 	<ul style="list-style-type: none"> • Como primer punto se debe tarar los crisoles de porcelana, esto quiere decir, calentar, enfriar y pesar. La temperatura recomendada para calentar un crisol es de 550 °C. • Pesar 1 g de muestra, colocar en el crisol y llevarlo a calcinar a la mufla por 15 minutos. Temperatura 550° C. • Sacar el crisol, enfriar en un desecador y pesar. <p>Repetir el procedimiento anterior hasta tener un peso constante de las muestras.</p>	$\%C = \frac{m_2 - m_c}{m_1 - m_c} * 100$ <p>Ecuación 3-2. Ecuación determinación cantidad</p> <p>Sabiendo que:</p> <p>%C = porcentaje de cenizas totales (%)</p> <p>m1 = masa del crisol con la muestra del ensayo (g)</p> <p>m2 = masa del crisol con la ceniza (g)</p> <p>mc = masa del crisol vacío (g)</p>	INEN 1456
6	Densidad aparente	<ul style="list-style-type: none"> • Probeta de 100 mL • Estufa 	<ul style="list-style-type: none"> • Almidón de salvado de avena 	<ul style="list-style-type: none"> • Tarar la probeta de 100 mL. • Pesar la probeta 	$\rho = \frac{\text{masa del almidon}}{\text{volumen de la probeta}}$	INEN 1456

		<ul style="list-style-type: none"> • Desecador • Balanza analítica 		<ul style="list-style-type: none"> • Añadir el almidón hasta los 100 mL, pesar nuevamente • Realizar varios asentamientos a la probeta para que compacte el almidón y medir el volumen. 	Ecuación 4-2. Ecuación determinación cantidad	
7	Temperatura de gelatinización	<ul style="list-style-type: none"> • Vaso de precipitación 250 mL • Vaso de 100 mL • Reverbero • Malla de asbesto • Termómetro • Vidrio reloj • Varilla de agitación 	<ul style="list-style-type: none"> • Almidón de salvado de avena 	<ul style="list-style-type: none"> • Pesar 10 g de almidón • En un vaso de precipitación de 100 mL disolver con agua destilada. • Calentar agua en un vaso de 250 mL. • Tomar 50 mL de la solución y llevar a baño maría en el vaso antes calentado. • Agitar constantemente hasta que la solución forme un gel viscoso. <p>Tomar la temperatura y mantenerla constante por unos minutos</p>	Este resultado se lo obtendrá mediante una medición directa con el pie de rey	

Fuente: (INEN-1456, 2012).

Realizado por: Gusñay, Kleber, 2021.

2.11.2. Plásticos a base de almidón

2.11.2.1. Ensayos para la caracterización del Bioplástico

Tabla 8-2. Caracterización y pruebas del bioplástico

N°	Análisis	Materiales y Equipos	Reactivos	Procedimiento	Cálculo o Fórmula	Método de Ensayo
1	Espesor	<ul style="list-style-type: none"> • Pie de rey 	<ul style="list-style-type: none"> • Bioplástico a ensayar 	<ul style="list-style-type: none"> • Recortar láminas de bioplástico de longitud 4x4 mm • Medir cada longitud con el calibrador pie de rey y anotar • Repetir el procedimiento anterior 10 veces en cada lámina. 	<ul style="list-style-type: none"> • Este resultado se lo obtendrá mediante una medición directa con el pie de rey 	(NTE INEN 2043 2013)
2	Humedad	<ul style="list-style-type: none"> • Capsulas • Pinzas para crisol • Balanza analítica • Desecador • Estufa 	<ul style="list-style-type: none"> • Bioplástico a ensayar 	<ul style="list-style-type: none"> • Como primer paso se debe tarar las capsulas en la estufa a una temperatura de 105 °C. • Una vez taradas las capsulas, pesar los bioplásticos y colocarlos en las capsulas. • Llevar a la estufa a la misma temperatura de 105 °C por una hora. 	$\% H = \frac{M1 - M2}{M2} * 100$ <p>Ecuación 5-2. Ecuación para determinar la humedad</p> <p>Donde: %H = Porcentaje de humedad Mi = Peso inicial muestra Mf = Peso final</p>	Método gravimétrico García & Fernández, 2012

				<ul style="list-style-type: none"> • Sacarlas al desecador por 30 min para que enfríen y tomar los pesos. 		
3	Solubilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Vasos con tapa • Probeta • Balanza analítica • Papel filtro • Shaker 	<ul style="list-style-type: none"> • Bioplástico a ensayar • Agua destilada 	<ul style="list-style-type: none"> • Para realizar este método se debe previamente secar las muestras del bioplástico. • Colocar las muestras en el papel filtro y secarlas a una temperatura de 40 °C. • Con la ayuda de una probeta medir 50 ml de agua destila y colocarlas en los vasos con tapa. • Colocar dichas muestras en los vasos. • Colocar los vasos en el equipo Shaker a temperatura ambiente y 100 rpm por una hora. • Filtrar el agua y se procede a meter a la estufa con una temperatura de 40 °C. • Pesar las muestras una vez esté completamente secas. 	$\%solublid = \frac{mi - mf}{mi} * 100$ <p>Ecuación 6-2. Ecuación para determinar la solubilidad en el bioplástico</p> <p>Sabiendo que :</p> <p>mi = masa inicial seco del plástico (g) mf = masa final seco del plástico (g)</p>	
4	Permeabilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Tubos de ensayo • Balanza analítica • Desecador • Sílica 	<ul style="list-style-type: none"> • Sílica • Bioplástico a ensayar • NaCl saturada 	<ul style="list-style-type: none"> • Se recomiendo para esta prueba activar la sílica dejando a una temperatura de 65°C un día antes de realizar esta prueba. 	$WVP = \frac{(P2 - P1) * e}{t * PV * (HR2 - HR1)}$	Angelone, Garibay y Cauhapé C. 2006

				<ul style="list-style-type: none"> • Colocar la sílica las $\frac{3}{4}$ partes del tubo de ensayo. • Pesar las muestras del bioplástico. • Sellar los tubos de ensayo con las muestras del bioplástico, utilizar cinta transparente. • Colocar los tubos sellados en el desecador que contenga una solución sobresaturada de NaCl. • Pesar los tubos cada hora hasta obtener 6 pesos 	<p>Ecuación 7-2. Ecuación para determinar la permeabilidad al vapor de agua</p> <p>WVP = Permeabilidad de vapor de agua</p> <p>P1 = Peso inicial del ensayo</p> <p>P2 = Peso final del ensayo</p> <p>t = Tiempo transcurrido en todo el ensayo</p> <p>e = Espesor del bioplástico</p> <p>PV= Presión de vapor</p> <p>HR2 = Humedad relativa al 75%</p> <p>HR1 = Humedad relativa al 0%</p>	
5	Biodegradabilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Software Image J 	<ul style="list-style-type: none"> • Bioplástico a ensayar 	<ul style="list-style-type: none"> • En esta prueba se va realizando por tres medios: ambiente, suelo y agua. • Colocar las muestras del bioplástico en los tres medios. • Ir verificando su degradabilidad. Se recomienda cada 7 días 	<p>El resultado de la degradabilidad se obtendrá mediante el software Image J,</p> <p>Método: disminución del área.</p>	(NTE INEN 2643 2012)
6	Tracción	<ul style="list-style-type: none"> • Máquinas de ensayo (elastómero) 	<ul style="list-style-type: none"> • Bioplástico a ensayar 	<ul style="list-style-type: none"> • Colocar las probetas de ensayo en las mordazas de las máquinas de ensayo. Apretar las mordazas 	<p>Este resultado se lo obtendrá mediante una medición directa con el equipo.</p>	(NTE INEN 2043 2013)

				uniforme y firmemente para minimizar el deslizamiento de la prueba durante el ensayo		
--	--	--	--	--	--	--

Realizado por: Gusñay, Kleber, 2021.

CAPÍTULO III

3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

3.1. Datos Obtenidos

Para la caracterización del salvado de avena se tomó muestras al azar de 20 hojuelas del salvado de avena para tomar datos como el peso, longitud y espesor.

Tabla 1-3. Datos característicos de la materia prima

N°	Peso (g)	Longitud (cm)	Espesor (mm)
1	0,0391	1,25	0,58
2	0,0361	1,05	0,57
3	0,0238	0,70	0,57
4	0,0311	1,02	0,5
5	0,0324	1,12	0,58
6	0,0413	1,32	0,58
7	0,0292	0,79	0,56
8	0,0365	1,32	0,57
9	0,0213	0,80	0,57
10	0,0287	0,75	0,5
11	0,0301	1,13	0,58
12	0,0153	0,60	0,57
13	0,0170	0,45	0,57
14	0,0292	1,01	0,58
15	0,0252	0,78	0,57
16	0,0270	0,75	0,55
17	0,0128	0,55	0,57
18	0,0345	1,20	0,56
19	0,0278	0,67	0,58
20	0,0220	0,63	0,54
PM	0,02802	0,8945	0,5625

Elaborado por: Gusñay, Kleber, 2021.

3.2. Datos experimentales

3.2.1. Datos obtenidos mediante el método de vía húmeda

En este experimento el cual consiste en una reducción de tamaño (molienda y trituración), sedimentación, secado y tamizado se trabajó con dos velocidades en la licuadora a distintos tiempos, 30, 60 y 90 segundos. Obsérvese en la tabla

Tabla 2-3. Datos obtenidos mediante el método de vía húmeda

No.	TRATAMIENTO	VARIABLES	REPETICIONES	VOL. AGUA (ML)	PESO (g)			TIEMPO SECADO (H)
					PRODUCTO	ALMIDÓN	PROMEDIO	
1	TA1	*RPM 1: t1	R1	600	200	59,26	60,565	72
2			R2			60,78		
3			R3			60,28		
4			R4			61,94		
5	TA2	RPM 1: t2	R1			40,45	41,722	72
6			R2			42,31		
7			R3			41,26		
8			R4			42,87		
13	TA4	**RPM 2: t1	R1			70,85	68,332	72
14			R2			68,34		
15			R3			61,79		
16			R4			72,35		
17	TA5	RPM 2 : t2	R1			70,63	68,736	72
18			R2			67,61		
19			R3			72,41		
20			R4			66,19		

Realizado por: Gusñay, Kleber, 2021.

3.2.1.1. Datos del proceso de secado

Para el proceso de secado una vez obtenido el almidón, se mantuvo a una temperatura ambiente (22 °C) durante tres días con un lapso de tiempo de 12 horas para realizar los pesos del almidón para posteriormente realizar una curva de secado en uno de los tratamientos.

Tabla 3-3. Datos obtenidos en el proceso de secado del almidón

Tratamiento	Repeticiones	Peso 1 (g)	Peso 2 (g)	Peso 3 (g)	Peso 4 (g)	Peso 5 (g)	Peso 6 (g)
TA1	R1	71,59	69,89	67,58	64,47	61,32	59,26
	R2	72,15	71,04	68,38	66,73	64,31	60,78
	R3	70,02	68,94	67,33	65,13	62,97	60,28
	R4	75,01	72,02	69,45	66,87	63,89	61,94
TA2	R1	51,23	48,67	46,86	45,79	43,67	40,45
	R2	57,01	53,45	51,57	47,99	44,21	42,31
	R3	53,98	51,25	48,63	46,97	43,35	41,26
	R4	54,2	51,38	48,96	47,02	44,56	42,87
TA3	R1	55,79	52,75	50,34	48,2	45,76	43,02
	R2	53,59	51,13	48,38	45,93	43,78	40,79
	R3	53,9	50,74	48,03	45,85	43,78	40,27
	R4	51,89	49,98	48,78	46,31	43,99	42,57
TA4	R1	82,03	79,6	77,01	74,51	72,46	70,85
	R2	80,87	78,95	76,22	73,78	71,04	68,34
	R3	73,28	70,91	68,75	66,03	63,25	61,79
	R4	84,72	82,86	80,41	78,23	74,59	72,35
TA5	R1	82,41	80,66	77,56	75,02	72,34	70,63
	R2	78,21	75,41	73,94	71,78	69,35	67,61
	R3	84,02	81,34	79,52	77,03	74,89	72,41
	R4	79,56	77,83	74,91	70,35	68,62	66,19
TA6	R1	77,03	74,41	71,64	69,21	66,23	64,32
	R2	74,59	71,34	69,21	66,98	65,24	63,96
	R3	74,41	71,98	69,32	67,83	65,07	62,4
	R4	71,58	69,11	66,85	64,72	62,1	60,92

Realizado por: Gusñay, Kleber, 2021.

3.2.2. Datos obtenidos para el almidón

Para cada ensayo se tomó 1 muestra de almidón de los 6 tratamientos obtenidos dándonos como información los siguientes valores.

3.2.2.1. Datos obtenidos prueba de humedad

Tabla 4-3. Datos obtenidos prueba de humedad

PRUEBA DE HUMEDAD

TRATAMIENTO	DATOS	
	PESO INICIAL (g)	PESO FINAL
1	2	1,883
2	2	1,890
3	2	1,805
4	2	1,858
5	2	1,796
6	2	1,877

Realizado por: Gusñay, Kleber, 2021.

3.2.2.2. Datos obtenidos prueba de residuos por calcinación

Tabla 5-3. Datos obtenidos prueba de residuos por calcinación

CENIZAS

	Peso inicial crisol	tiempo de tarado	Peso final crisol	Peso constante final
A-S.A	34,753	3 h	34,752	34,757
A-S.A	36,919	3 h	36,917	36,924
A-S.A	33,596	3 h	33,596	33,602
A-S.A	42,497	3 h	42,497	42,506
A-S.A	45,307	3 h	45,307	45,315
A-S.A	35,601	3 h	35,599	35,608

Realizado por: Gusñay, Kleber, 2021.

3.2.2.3. Datos obtenidos prueba de la densidad aparente

Tabla 6-3. Datos obtenidos prueba de la densidad aparente

DENSIDAD APARENTE				
Peso probeta vacía (g)	Peso probeta y almidón (g)	Volumen inicial probeta (ml)	Peso compacta (g)	Volumen final probeta (ml)
142,024	186,722	100	186,722	61

Realizado por: Gusñay, Kleber, 2021.

3.2.3. Datos obtenidos para el bioplástico

3.2.3.1. Datos obtenidos determinación del espesor

Tabla 7-3. Datos obtenidos determinación del espesor

MEDIDAS DE ESPESOR										
MUESTRAS	M 1	M 2	M 3	M 4	M 5	M 6	M 7	M 8	M 9	M 10
	(mm)									
1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
4	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
6	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
7	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
8	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
9	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
10	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
11	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
12	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

Realizado por: Gusñay, Kleber, 2021.

3.2.3.2. Datos obtenidos determinación de la humedad

Tabla 8-3. Datos obtenidos para la determinación de la humedad

	CÁPSULA	PESO 1	PESO 2	PESO 3	PESO 4	PESO 5	PESO 6
S.A1A	43,281	0,198	0,16	0,155	0,14	0,132	0,127
S.A1B	40,254	0,235	0,207	0,2	0,175	0,159	0,15
S.A1C	46,715	0,261	0,224	0,224	0,193	0,18	0,162
S.A2A	48,259	0,212	0,172	0,169	0,163	0,159	0,157
S.A2B	51,093	0,226	0,192	0,186	0,177	0,173	0,168
S.A2C	46,516	0,247	0,207	0,202	0,193	0,187	0,181
S.A3A	47,717	0,3	0,251	0,241	0,224	0,211	0,203
S.A3B	46,231	0,338	0,283	0,272	0,255	0,239	0,241
S.A3C	83,906	0,322	0,259	0,252	0,234	0,22	0,211
S.A4A	97,754	0,223	0,191	0,189	0,184	0,182	0,178
S.A4B	101,78	0,156	0,135	0,13	0,128	0,126	0,123
S.A4C	104,465	0,264	0,231	0,228	0,223	0,218	0,212

Realizado por: Gusñay, Kleber, 2021.

3.2.3.3. Datos obtenidos determinación de la solubilidad

Tabla 9-3. Datos obtenidos determinación de la solubilidad.

TRATAMIENTO	Peso Inicial	Peso Final	Peso papel filtro	Peso final total
SA-1^a	0,23	0,308	0,184	0,124
SA-1B	0,274	0,307	0,182	0,125
SA-1C	0,264	0,318	0,189	0,129
SA-2^a	0,202	0,297	0,178	0,119
SA-2B	0,192	0,294	0,178	0,116
SA-2C	0,186	0,236	0,136	0,1
SA-3^a	0,234	0,298	0,161	0,137
SA-3B	0,246	0,322	0,176	0,146
SA-3C	0,272	0,285	0,132	0,153
SA-4^a	0,218	0,313	0,166	0,147
SA-4B	0,178	0,303	0,176	0,127
SA-4C	0,206	0,294	0,156	0,138

Realizado por: Gusñay, Kleber, 2021.

3.2.3.4. Datos obtenidos determinación de la permeabilidad

Tabla 10-3. Datos obtenidos determinación de la permeabilidad

TRATAMIENTO	Peso inicial tubo	Peso muestra plástico	P1	P2	P3	P4	P5	P6
SA-1 ^a	26,89	0,215	27,236	27,243	27,309	27,315	27,322	27,395
SA-1B	26,959	0,222	27,297	27,303	27,323	27,339	27,342	27,353
SA-1C	27,341	0,217	27,649	27,657	27,662	27,67	27,676	27,756
SA-2 ^a	26,339	0,216	26,654	26,661	26,665	26,843	26,675	26,745
SA-2B	26,528	0,215	26,829	26,834	26,838	27,637	26,848	26,903
SA-2C	27,28	0,233	27,621	27,627	27,631	27,159	27,641	27,712
SA-3 ^a	26,705	0,328	27,138	27,147	27,152	27,159	27,165	27,232
SA-3B	26,618	0,293	26,999	27,008	27,012	27,017	27,023	27,108
SA-3C	26,464	0,312	26,882	26,889	26,894	26,901	26,906	26,992
SA-4 ^a	26,227	0,248	26,574	26,581	26,585	26,591	26,596	26,642
SA-4B	32,117	0,242	32,457	32,463	32,466	32,474	32,479	32,555
SA-4C	32,549	0,241	32,874	32,88	32,885	32,889	32,893	32,965

Realizado por: Gusiñay, Kleber, 2021.

3.2.3.5. Datos obtenidos determinación de biodegradabilidad

- *Biodegradabilidad en el suelo*

Tabla 11-3. Datos obtenidos en la biodegradabilidad en el suelo

TRATAMIENTO	AREA INICIAL (mm)	SEMANA 1 (mm)	SEMANA 2 (mm)	SEMANA 3 (mm)	SEMANA 4 (mm)	SEMANA 5 (mm)
S.A1A	1563,39	1358,38	1174,23	849,84	568,23	223,39
S.A1B	1545,48	1247,59	1094,34	821,28	593,42	285,12
S.A1C	1498,54	1238,49	1127,59	857,19	572,39	271,23
S.A2A	1467,09	1334,26	1048,66	799,68	489,94	156,39
S.A2B	1589,73	1259,74	1105,89	884,38	589,12	284,81
S.A2C	1462,43	1275,68	998,43	754,38	498,67	169,29
S.A3A	1598,73	1352,82	1121,1	843,58	563,87	198,34
S.A3B	1564,38	1368,12	1084,24	867,59	513,38	241,59

S.A3C	1489,33	1297,85	989,99	769,82	478,23	112,34
S.A4A	1479,21	1247,61	1087,37	892,21	578,66	156,23
S.A4B	1483,43	1297,21	1058,83	792,69	479,85	119,68
S.A4C	1542,59	1322,63	1138,77	821,58	501,33	203,47

Realizado por: Gusñay, Kleber, 2021.

- *Biodegradabilidad en el agua*

Tabla 12-3. Datos obtenidos para la biodegradabilidad del agua

TRATAMIENTO	AREA INICIAL (mm)	SEMANA 1 (mm)	SEMANA 2 (mm)	SEMANA 3 (mm)	SEMANA 4 (mm)	SEMANA 5 (mm)
S.A1A	1489,34	1132,84	964,87	627,83	263,84	97,4
S.A1B	1585,93	1185,12	956,83	624,34	357,83	85,54
S.A1C	1549,32	1173,47	934,98	686,93	389,43	99,94
S.A2A	1493,89	1124,89	953,12	583,82	284,39	57,84
S.A2B	1585,93	1118,27	986,53	612,89	227,84	89,93
S.A2C	1586,94	1175,53	974,62	697,13	264,31	96,23
S.A3A	1523,66	1135,75	899,96	567,93	295,85	32,85
S.A3B	1542,61	1166,19	943,82	693,67	254,69	87,43
S.A3C	1462,75	1024,78	864,23	541,33	284,31	98,58
S.A4A	1470,86	1073,28	894,21	587,89	221,48	104,38
S.A4B	1582,49	1097,86	823,56	599,36	117,48	96,42
S.A4C	1569,04	1156,78	964,83	643,68	284,55	95,32

Realizado por: Gusñay, Kleber, 2021.

- *Biodegradabilidad en el ambiente*

Tabla 13-3. Datos obtenidos para la degradabilidad en el medio ambiente

TRATAMIENTO	AREA INICIAL (mm)	Semana 1 (mm)	Semana 2 (mm)	Semana 3 (mm)	Semana 4 (mm)	Semana 5 (mm)
S.A1A	1553,83	1463,38	1348,82	1227,39	1164,67	1097,93
S.A1B	1538,05	1412,63	1240,16	1121,28	1086,91	957,13
S.A1C	1557,98	1329,32	1297,93	1157,47	1107,03	1065,33
S.A2A	1489,93	1394,26	1357,13	1199,68	1071,51	1038,58
S.A2B	1495,32	1259,74	1165,33	1104,33	1011,48	998,37
S.A2C	1524,85	1475,68	1338,58	1154,12	1060,85	1019,63

S.A3A	1564,21	1452,82	1318,37	1169,85	1086,58	1005,98
S.A3B	1489,63	1368,12	1293,37	1177,59	1009,49	993,43
S.A3C	1475,98	1297,85	1184,55	1069,59	976,64	931,74
S.A4A	1523,43	1347,61	1291,83	1162,11	1131,59	1021,28
S.A4B	1559,74	1497,21	1373,52	1242,78	1135,14	1057,47
S.A4C	1478,32	1352,59	1258,36	1121,76	1074,5	1019,68

Realizado por: Gusñay, Kleber, 2021.

3.2.3.6 Datos obtenidos determinación de propiedades de tracción

Tabla 14-3. Datos obtenidos para determinación de propiedades de tracción

TRATAMIENTO	MUESTRA N°	FUERZA (N)	AREA cm ²		
			ANCHO (cm)	calibre (cm)	AREA (cm ²)
1	1	2,0	1,5	0,030	0,045
2	2	3,9	1,5	0,030	0,045
3	3	2,9	1,5	0,020	0,030
4	4	2,0	1,5	0,020	0,030
FUNDA PLÁSTICA	5	2,0	1,5	0,010	0,015

Realizado por: Gusñay, Kleber, 2021.

3.2.4 Pruebas previas para la elaboración del bioplásticos

3.2.4.1 Concentración del almidón

Se conoce por experimentaciones e investigaciones anteriores que el peso del almidón esta entre intervalos de 1 a 5 gramos.

Tabla 15-3. Concentraciones del almidón

No.	Almidón (g)	Facilidad de Moldeo	Forma Películas	Transparencia	Estabilidad
1	1	SI	NO	Opaco	NO
2	1,5	SI	SI	Opaco	SI
3	2	SI	SI	Opaco	SI
4	2,5	SI	Si	Opaco	SI
5	3.5	NO	NO	Opaco	NO

Realizado por: Gusñay, Kleber, 2021.

3.2.4.2 Concentración del plastificante

Las investigaciones realizadas anteriormente nos dan a conocer los intervalos de concentración del plastificante adecuados para la obtención del bioplástico.

Tabla 16-3. Concentraciones del plastificante

No.	Almidón (g)	Plastificante (ml)	Facilidad de Moldeo	Forma Películas	Transparencia	Estabilidad
1	1	0,5	SI	SI	Opaco	SI
2		1	SI	NO	Opaco	NO
3		1,5	NO	NO	Opaco	NO
4		2	SI	SI	Opaco	SI
5	1.5	0,5	SI	SI	Opaco	SI
6		1	SI	NO	Opaco	NO
7		1,5	NO	NO	Opaco	NO
8		2	SI	SI	Opaco	SI
9	2	0,5	SI	SI	Opaco	SI
10		1	SI	NO	Opaco	NO
11		1,5	NO	NO	Opaco	NO
12		2	SI	SI	Opaco	SI
13	2.5	0,5	SI	SI	Opaco	SI
14		1	SI	NO	Opaco	NO
15		1,5	NO	NO	Opaco	NO
16		2	SI	SI	Opaco	SI
17	3	0,5	SI	SI	Opaco	SI
18		1	SI	NO	Opaco	NO
19		1,5	NO	NO	Opaco	NO
20		2	SI	SI	Opaco	SI

Realizado por: Gusiñay, Kleber, 2021.

Se aprobaron las pre pruebas con mejores variaciones en el bioplástico para proceder a realizar al diseño factorial 2^K. Se mantuvo las variables de agua y ácido acético constantes.

Tabla 17-3. Concentraciones para la elaboración del bioplástico

No.	Nomenclatura	Almidón (g)	Glicerina (ml)	Ácido acético (ml)	Agua (ml)
1	S.A1	1,5	1	3	30
2	S.A2	1,5	0,5	3	30
3	S.A3	2	1	3	30
4	S.A4	2	0,5	3	30

Realizado por: Gusñay, Kleber, 2021.

3.3 Cálculos

3.3.1 Cálculos del almidón

Para realizar los cálculos del almidón se utilizaron las fórmulas que nos indica la norma INEN 1456- Reactivos para análisis. Almidón soluble (para Iodometría). Métodos de ensayo.

3.3.1.1 Cálculo del rendimiento del almidón de Salvado de avena

Se trabajó con un diseño experimental con dos variables, velocidad y temperatura, obsérvese en la tabla 9-2. El rendimiento del almidón se lo puede conocer dividiendo el peso del almidón obtenido entre el peso inicial de la materia prima (ecuación 2).

$$\%Rendimiento = \frac{\text{Peso del almidon obtenido}}{\text{Peso inicial de la materia prima}} * 100 \quad \text{Ec. 2}$$

$$\%Rendimiento = \frac{68,7366}{200} * 100$$

$$\%Rendimiento = 34,3683$$

De esta manera se puede conocer con cuál de las repeticiones se obtendría un mayor porcentaje de almidón.

3.3.1.2 Cálculo de la humedad

Se conoce como humedad a la cantidad de agua que puede existir en un sólido, con ayuda de la ecuación 8 se puede determinar el porcentaje de humedad. Es importante conocer el porcentaje

de humedad ya que si está por encima de los estándares facilita el desarrollo de los microorganismos (Laboratorio de Alimentos, 2008, p.1).

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{peso muestra} - \text{peso final}}{\text{peso inicial}} * 100 \quad \text{Ecuación 8. Ecuación para el cálculo de la humedad}$$

$$\% \text{ Humedad Tratamiento 1} = \frac{2 - 1,883}{2} * 100$$

$$\% \text{ Humedad Tratamiento 1} = 5,85$$

Se realizó el mismo cálculo y procedimiento para los restantes 5 tratamientos obtenidos, para posteriormente obtener un promedio de humedad del almidón.

3.3.1.3 Cálculos de Ceniza

La determinación de ceniza en un alimento es el equivalente al residuo inorgánico que queda después de calcinar la materia orgánica (Laboratorio de Alimentos, 2008, p.6). Mediante la ecuación 3 se puede determinar el porcentaje de cenizas existentes en el almidón.

$$\% C = \frac{m_2 - m_c}{m_1 - m_c} * 100 \quad \text{Ec. 3}$$

$$\% C. \text{ Tratamiento 1} = \frac{34,757 - 34,7520}{35,752 - 34,7520} * 100$$

$$\% C. \text{ Tratamiento 1} = 0,510$$

Se realizó el mismo cálculo y procedimiento para los restantes 5 tratamientos obtenidos, para posteriormente obtener un promedio de humedad del almidón.

3.3.1.4 Cálculos de la densidad aparente

La densidad es la relación entre la masa de una sustancia y su volumen a la cual está sometida, y la densidad aparente se define como la masa del suelo entre el volumen (Rojas y Peña, 2012, p.1). La ecuación 4 nos indica la relación para determinar la densidad, sin embargo, para determinar la densidad aparente se debe realizar un promedio de densidades, teniendo en cuenta que se tiene dos volúmenes.

$$\rho = \frac{\text{masa del almidon (g)}}{\text{volumen de la probeta}} \quad \text{Ec. 4}$$

$$\rho_1 = \frac{44,698}{100}$$

$$\rho_1 = 0,446 \text{ g/mL}$$

$$\rho_2 = \frac{44,698}{61}$$

$$\rho_2 = 0,732 \text{ g/mL}$$

$$\rho \text{ Aparente} = 0,589 \text{ g/mL}$$

3.3.2. Cálculos del Bioplástico

De los cuatro tratamientos obtenidos de los bioplásticos se realizaron 3 repeticiones de cada tratamiento con una muestra para cada ensayo de 4x4 cm y se procedió a obtener un promedio entre los mismos.

3.3.2.1. Cálculo del porcentaje de humedad del bioplástico

Con ayuda de la ecuación 5 se puede determinar el porcentaje de humedad que existe en el bioplástico obtenido, teniendo como datos a los pesos iniciales y finales del mismo.

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{Peso inicial del bioplastico} - \text{peso final seco}}{\text{Peso inicial del bioplastico}} * 100 \quad \text{Ec. 5}$$

$$\% \text{ Humedad T1} = \frac{0,231 - 0,146}{0,231} * 100$$

$$\% \text{ Humedad T1} = 36,79 \%$$

Se realizó el mismo cálculo y procedimiento para los restantes 3 tratamientos obtenidos, para posteriormente obtener un promedio de humedad del almidón.

3.3.2.2. Cálculo del porcentaje de solubilidad del bioplástico

La solubilidad nos indica la capacidad de una masa para disolverse en un líquido. Mediante la ecuación 6 se puede calcular la solubilidad que tiene las muestras de bioplástico de cada tratamiento.

$$\% \text{ Solubilidad} = \frac{\text{Peso inicial seco} - \text{peso final seco}}{\text{Peso inicial seco}} * 100 \quad \text{Ec. 6}$$

$$\% \text{ Solubilidad} = \frac{0.256 - 0.126}{0.256} * 100$$

$$\% \text{ Solubilidad} = 50.78 \%$$

Se realizó el mismo cálculo y procedimiento para los restantes 3 tratamientos obtenidos, para posteriormente obtener un promedio de humedad del almidón.

3.3.2.3. Cálculo de la permeabilidad del bioplástico

Se define como permeabilidad a la capacidad que tiene el agua en pasar a través de los poros de una membrana (Angelone, Garibay y Cauhapé C, 2006, p.3). Se puede determinar la permeabilidad al vapor de agua mediante la ecuación 7, teniendo en cuenta que la humedad relativa (HR2 y HR1) está a 75% y 0% respectivamente.

$$WVP = \frac{P2 - P1 * e}{t * (HR2 - HR1)}$$

$$WVP \text{ tratamiento 1} = \frac{(27,353 - 27,297) * 0,000116}{6 * (75 - 0)}$$

$$WVP \text{ tratamiento 1} = 0,000993$$

Se realizó el mismo cálculo y procedimiento para los restantes 3 tratamientos obtenidos, para posteriormente obtener un promedio de humedad del almidón.

3.4 Resultados

3.4.1 Gráfica del almidón seco

A continuación, se presenta un diagrama de barras en donde se puede observar los 6 tratamientos con su peso inicial y su peso final seco y en donde se puede considerar que durante los tres días se obtuvo un almidón seco.

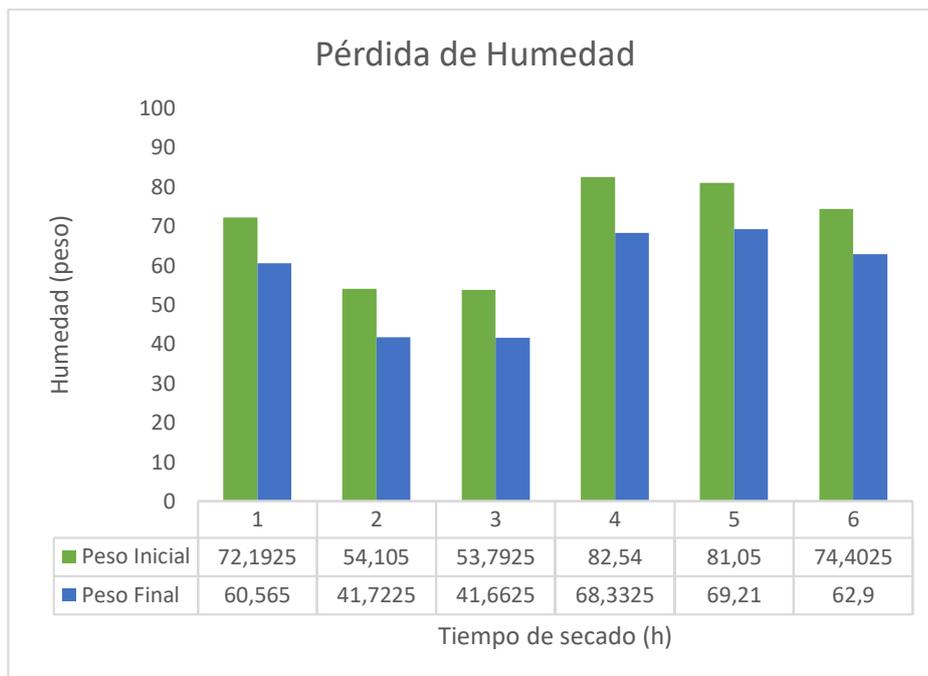


Gráfico 2-3. Gráfica del proceso de secado del almidón

Realizado por: Gusñay, Kleber, 2021.

Se puede evidenciar en el gráfico 2-3 como el peso del almidón va bajando conforme pasa el tiempo, para este experimento el tiempo de secado del almidón fue 72 horas y se tomaron los pesos cada 12 horas.

3.4.2. Resultados obtenidos de los ensayos realizados al almidón de salvado de avena

3.4.2.1. Resultados del rendimiento obtenidos de la extracción del almidón

En la tabla siguiente se puede observar el rendimiento de los 6 tratamientos utilizados en las 4 repeticiones, dándonos con mejor porcentaje al tratamiento 5

Tabla 18-3. Identificación del tratamiento con mejor rendimiento

TRATAMIENTO		TIEMPO SECADO (H)	RENDIMIENTO (%)	PROMEDIO
TA1	R1	72	29,63	30,2825
	R2		30,39	
	R3		30,14	
	R4		30,97	
TA2	R1	72	20,225	20,86125
	R2		21,155	

	R3		20,63	
	R4		21,435	
TA3	R1	72	21,51	20,83125
	R2		20,395	
	R3		20,135	
	R4		21,285	
TA4	R1	72	35,425	34,16625
	R2		34,17	
	R3		30,895	
	R4		36,175	
TA5	R1	72	35,315	34,605
	R2		33,805	
	R3		36,205	
	R4		33,095	
TA6	R1	72	32,16	31,45
	R2		31,98	
	R3		31,2	
	R4		30,46	

Realizado por: Gusñay, Kleber, 2021.

Se realizó un promedio de las 4 repeticiones de cada tratamiento para así poder determinar de cuál de ellos se obtiene más almidón para así en futuras investigaciones empezar por ese tratamiento de obtención del almidón el cual es TA5 = velocidad 2 (Alta) y tiempo = 60 segundos.

Para la extracción del almidón del salvado de avena se realizó por el método de reducción de tamaño (molienda y trituración), sedimentación, secado y tamizado. El promedio de almidón extraído fue de 34,605 g, en comparación a la base de datos del (Instituto Finlandés de Salud y Bienestar, 2016) que tiene un valor de 50,80 g, este es un valor aproximado por lo que el dato obtenido en la extracción del almidón se acerca a esta variación. Sin embargo el almidón obtenido en nuestro experimento no deja de ser satisfactorio ya que a comparación de otros experimentos realizados por (Parra, 2015, p.5) como la extracción del almidón de zanahoria blanca y del camote se tiene un valor de 10,6 g y 14,8 g respectivamente.

3.4.2.2 Resultados obtenidos pruebas fisicoquímicas del almidón

Tabla 19-3. Resultados pruebas fisicoquímicas del almidón

No.	PARÁMETROS	UNIDADES	VALOR		ESTÁNDAR	NORMA
			M. Prima	Almidón		
1	Humedad	%	10,56	7,419 ±0,04	–	NTE INEN-ISO 1666
2	Ceniza	%	1,35	0,741 ± 0,57	2	NTE INEN-ISO 3593
3	Solubilidad		--	41,5495		INEN 1456
4	pH		6,30	5,968	5.00-7.00	INEN 1456
7	Viscosidad	CP	1142	2093	840-1500	FAO 2007
8	Temperatura de gelatinización	°C	98	80	–	INEN 1456
10	Hongos	UFC/g	0	0		SAQMIC
11	Mohos y levaduras	UFC/g	1,34	100	1000-5000	SAQMIC
12	Coliformes totales	UFC/g	1987	0	<10	SAQMIC
13	Coliformes fecales	UFC/g	0	0	<10	SAQMIC
14	Amilosa	%	0	22,11	MO-LSAIA-04	INiAP
15	Amilopectina	%	0	77,89	MO-LSAIA-04	INiAP

Elaborado por: Gusñay, Kleber, 2021.

Los valores de humedad, pH, cenizas, se calcularon rigiéndose en la norma (INEN-1456, 2012), en la cual se muestran valores estándares, en humedad 0 - 39.4%, en pH = 5.00-7.00, en cenizas 0 – 2% para dichas pruebas en lo que respecta a los almidones. El almidón obtenido se encuentra entre los parámetros establecidos obteniendo valores de resultado de humedad = 7.419%, pH = 9.968, cenizas= 0. 741%. Además se concuerda con datos de otros almidones en donde (Avenidaño, 2019, p.28) menciona que los almidones deben tener un residuo inorgánico menor al 10%, en sus estudios de almidones de yuca = 0,41%; papa=7% y malanga = 4%; lo que el valor del almidón de salvado de avena está dentro de los rangos establecidos.

En el análisis microbiológico se analiza, coliformes fecales, mohos levaduras y coliformes totales, según la institución de análisis SAQMIC los rangos establecidos para dichas pruebas para en cuanto a los coliformes fecales y coliformes totales debe estar en un rango <10 medido en UFC/g ya que en estas pruebas se analiza posibles presencia de patógenos como: *Escherichia coli* (Mendoza, 2006, p.7) lo que el almidón obtenido se encuentra en un rango muy bueno al tener un valor de 0 en las dos pruebas.

El contenido de amilosa presente en el almidón del salvado de avena fue de 22,11%, la amilosa determina a que la fabricación de un bioplástico sea resistente y se debe encontrar en un porcentaje mayor al 20% (Villaruel et al., 2018).

3.4.3 Resultados obtenidos de los ensayos del bioplástico

3.4.3.1 Resultados obtenidos del espesor, humedad, solubilidad y permeabilidad del bioplástico

De los datos obtenidos del espesor, humedad, solubilidad y permeabilidad de las tablas en el apartado 3.2.3, se procedió a determinar un promedio general en cada uno de los tratamientos en las diferentes pruebas.

Tabla 20-3. Resultados obtenidos del espesor, humedad, solubilidad y permeabilidad del bioplástico

Análisis	Tratamientos	Promedio por tratamiento	Unidad de análisis
Espesor	SA-tratamiento 1	0,100	mm
	SA-tratamiento 2	0,103	
	SA-tratamiento 3	0,100	
	SA-tratamiento 4	0,100	
Humedad	SA-tratamiento 1	25,57	%
	SA-tratamiento 2	21,60	
	SA-tratamiento 3	25,09	
	SA-tratamiento 4	16,85	
Solubilidad	SA-tratamiento 1	50,534	%
	SA-tratamiento 2	42,303	
	SA-tratamiento 3	41,951	
	SA-tratamiento 4	31,410	
Permeabilidad	SA-tratamiento 1	0,000993	PWR
	SA-tratamiento 2	0,000767	
	SA-tratamiento 3	0,000882	
	SA-tratamiento 4	0,000724	

Realizado por: Gusñay, Kleber, 2021.

Para la determinación del bioplástico se analizó primero el espesor del mismo recortando láminas de bioplástico de longitud 4x4 mm y midiendo cada longitud con el calibrador pie de rey, obteniendo como promedio un valor del 0,1mm y de acuerdo con (Escobar y Sala, 2011, p.14) las láminas deben tener un valor entre $0,120 \pm 0,010$ mm. Por lo que el resultado obtenido nos dio paso a la realización de los bioplásticos. Además en la norma (INEN NTE 2635, 2012, p.7) y en la norma (NTE INEN 2043, 2013, p.7) especifican que el espesor para una biopelícula debe ser mejor o igual al 0,1 mm, lo que el bioplástico obtenido está dentro de los parámetros establecidos.

Para determinar la humedad como primer paso se debe tarar las capsulas en la estufa a una temperatura de 105 °C, una vez taradas las capsulas, pesar los bioplásticos y colocarlos en las capsulas, posteriormente se llevó a la estufa a la misma temperatura de 105 °C por una hora y para finalizar se sacó al desecador por 30 min para que enfríen y tomar los pesos.

En la tabla 25-3 se tiene también el resultado del porcentaje de humedad para los 4 tratamientos utilizados en este experimento obteniendo un promedio de Humedad = 22,277 %. En comparación a otras investigaciones como la de (Cuadrado, 2019, p.14) la humedad del bioplástico a partir del almidón de camote = 72,84%, en la investigación de (Charro, 2015, p.15) el porcentaje de humedad del bioplástico a base de zanahoria es = 35,68%. Estos valores van a variar ya que depende de la materia prima ya que en tubérculos la cantidad de humedad va a ser mayor que en cereales.

Para realizar el método de solubilidad del bioplástico se secó previamente las muestras del bioplástico para luego colocar las muestras en el papel filtro y secarlas a una temperatura de 40 °C. Con la ayuda de una probeta se midió 50 ml de agua destilada y se colocó las muestras en los vasos con tapa, con la ayuda del equipo Shaker a temperatura ambiente y 100 rpm por una hora se procedió a una agitación constante para posteriormente filtrar el agua y meter a la estufa con una temperatura de 40 °C, para finalizar se pesó las muestras una vez esté completamente secas. La solubilidad promedio obtenida del ensayo de solubilidad es de 41,5495 % lo que es un valor muy aceptable ya que según (Brito y Chuiza, 2020, p.12) mencionan en su investigación “Producción de láminas de plástico biodegradables a partir del almidón de arracacia xanthorrhiza” en concordancia con Trujillo (2014, p.21) que los bioplásticos con una solubilidad menor al 70% son utilizados para el embalaje de alimentos, y valores mayores como recubrimientos para cápsulas en el área de medicina. Por lo tanto, el resultado obtenido del ensayo de solubilidad indica que este bioplástico es adecuado para el embalaje de alimentos.

Para el análisis de la permeabilidad se recomienda para esta prueba activar la sílica dejando a una temperatura de 65°C un día antes de realizar esta prueba se colocó los tubos sellados en el desecador que contenga una solución sobresaturada de NaCl y se pesó los tubos cada hora hasta obtener 6 pesos.

En el resultado de permeabilidad siendo una de las pruebas más importantes aplicadas a los bioplásticos se obtuvo un valor promedio de 0.0008415, según (Guamán, 2019, p.21) la permeabilidad al vapor de agua debe ser lo más bajo posible para que se pueda utilizar como embalaje de alimentos, ya que según (Brito, 2021, p.9) cuando la permeabilidad aumenta disminuye las fuerzas intermoleculares generando mayor movilidad molecular y de esta manera disminuye el tiempo de vida de los alimentos. En comparación con (Guamán, 2019, p.15) que elaboro una biopelícula a base del almidón de la cáscara de papa y teniendo una permeabilidad de 1,45. Por lo que se puede afirmar que el resultado obtenido para el bioplástico fue satisfactorio para nuestro experimento.

3.4.3.2 Resultados obtenidos de la prueba de degradación

Para la prueba de biodegradabilidad del bioplástico se realizaron en tres ambientes diferentes con tres repeticiones de cada tratamiento, se realizó la biodegradabilidad en tierra, agua y al ambiente, obteniendo como resultado:

- *Resultado biodegradabilidad del suelo*

Para este experimento se tomó un recipiente con tierra y se introdujo a los bioplásticos quedando alrededor unos 5 centímetros cubiertos de tierra, para calcular el porcentaje de degradabilidad se realizó mediante el método de pérdida de área y para esto se trabajó con el software IMAGE J, este programa nos permite calcular el área de los bioplásticos mediante imágenes fotográficas.

Tabla 21-3. Resultados de la Biodegradabilidad del suelo

BIODEGRADABILIDAD DEL SUELO					
TRATA- MIENTO	Degradabilidad Semana 1	Degradabilidad Semana2	Degradabilidad Semana3	Degradabilidad Semana4	Degradabilidad Semana5
SA-1 ^a	13,113	24,892	45,641	63,653	85,711
SA-1B	19,274	29,190	46,859	61,602	81,551
SA-1C	17,353	24,754	42,798	61,803	81,900
SA-2 ^a	9,053	28,521	45,492	66,604	89,340
SA-2B	20,757	30,435	44,369	62,942	82,084
SA-2C	12,769	31,728	48,415	65,901	88,424
SA-3 ^a	15,381	29,875	47,234	64,730	87,593
SA-3B	12,545	30,692	44,540	67,183	84,556
SA-3C	12,856	33,527	48,310	67,889	92,457
SA-4 ^a	15,657	26,489	39,683	60,880	89,438
SA-4B	12,553	28,622	46,563	67,652	91,932
SA-4C	14,259	26,178	46,740	67,500	86,809

Realizado por: Gusñay, Kleber, 2021.

- *Resultado biodegradabilidad del agua*

Para esta prueba a cada muestra de cada tratamiento de los bioplásticos se introdujo en un recipiente con agua y mediante la ayuda del software IMAGE J se iba determinando las pérdidas de área de cada muestra para determinar su degradabilidad, si del recipiente se evaporaba el agua se lo volvía a llenar.

Tabla 22-3. Resultados degradabilidad en el agua

BIODEGRADABILIDAD DEL AGUA					
TRATA- MIENTO	Degradabilidad Semana 1	Degradabilidad Semana2	Degradabilidad Semana3	Degradabilidad Semana4	Degradabilidad Semana5
SA-1 ^a	23,936	35,214	57,845	82,284	93,460
SA-1B	25,272	39,667	60,632	77,437	94,606
SA-1C	24,259	39,652	55,662	74,864	93,549
SA-2 ^a	24,700	36,198	60,919	80,963	96,128
SA-2B	29,488	37,794	61,354	85,633	94,329
SA-2C	25,924	38,584	56,070	83,344	93,936
SA-3 ^a	25,459	40,934	62,725	80,582	97,844
SA-3B	24,401	38,816	55,032	83,489	94,332
SA-3C	29,941	40,917	62,992	80,563	93,260
SA-4 ^a	27,030	39,204	60,030	84,942	92,903
SA-4B	30,624	47,957	62,125	92,576	93,907
SA-4C	26,2746	38,508	58,9761	81,864	93,924

Realizado por: Gusñay, Kleber, 2021.

- *Resultado biodegradabilidad al ambiente*

Para la degradabilidad de esta prueba, a las muestras del bioplástico se las dejo a la intemperie en el ambiente y se calculaba la degradabilidad mediante el método de pérdidas de área con la ayuda del programa IMAGE J.

Tabla 23-3. Resultados de degradabilidad en medio ambiente

BIODEGRADABILIDAD AL AMBIENTE					
TRATA- MIENTO	Degradabilidad Semana 1	Degradabilidad Semana2	Degradabilidad Semana3	Degradabilidad Semana4	Degradabilidad Semana5
SA-1A	5,8211	13,193	21,008	25,045	29,340
SA-1B	8,154	19,368	27,097	29,331	37,769
SA-1C	8,258	16,691	25,707	28,944	31,621
SA-2A	6,421	8,913	19,480	28,083	30,293
SA-2B	13,079	22,068	26,147	32,356	33,233
SA-2C	3,224	12,215	24,312	30,429	33,132
SA-3A	7,121	15,716	25,211	30,534	35,687
SA-3B	8,157	13,175	20,947	32,232	33,3102
SA-3C	12,068	19,744	27,533	33,831	36,873
SA-4A	11,541	15,202	23,717	25,720	32,961
SA-4B	4,009	11,939	20,321	27,222	32,202
SA-4C	8,504	14,879	24,119	27,3161	31,024

Realizado por: Gusñay, Kleber, 2021.

La curva de degradabilidad se la obtuvo realizando un promedio de cada semana degradada del bioplástico respecto a las semanas transcurridas.

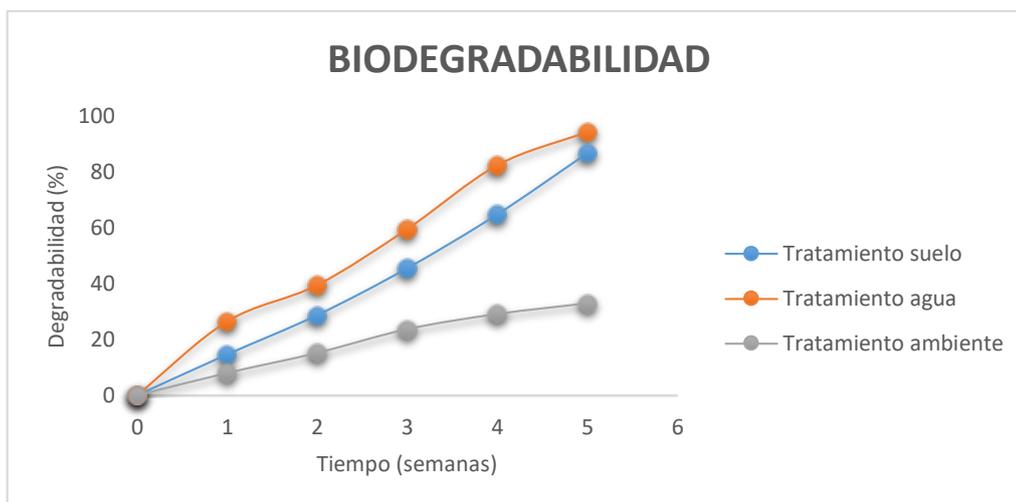


Gráfico 3-3. Biodegradabilidad entre los tres componentes (suelo, agua, ambiente)

Realizado por: Gusñay, Kleber, 2021.

Luego del ensayo realizado de degradabilidad en el bioplástico obtenido, se obtuvo un valor de 86.5939% en degradabilidad en el suelo, en el agua un valor de 94.3323% y en el ambiente un valor de 33.2313% lo que nos indica que el bioplástico tiende a degradarse con más facilidad en el agua ya que en el transcurso de los 30 días, obsérvese en la tabla 37-3 ya se obtuvo una degradabilidad del 83,344% en comparación a los datos obtenidos por (López et al. 2010) cuyos datos de degradabilidad fue de 33,2 a 40,4%. Los resultados son de gran acogida ya que en la actualidad, la alternativa es la búsqueda de fuentes no convencionales para la producción de almidón como materia prima para la elaboración de bioplásticos con un mayor índice de degradabilidad (Brito, Chuiza y Haro, 2021, p.16).

3.4.3.3. Resultados obtenidos de la prueba de tracción del bioplástico

En esta prueba de tracción del bioplástico se realizó con ayuda del equipo Elastómero ubicado en la Facultad de Ciencias Pecuarias. Se determinó el porcentaje de elongación y la tensión de cada uno de los tratamientos utilizados en este proyecto de investigación. Además, se realizó una prueba a una funda plástica tradicional (plástico sintético) para poder comparar su resistencia y elongación con el bioplástico. También se obtuvo valores de esfuerzo tensión y flexión, así como valores de módulos de tensión y flexión.

Tabla 24-3. Resultados de pruebas de tracción; esfuerzos y módulos

No.	TRATAMIENTO	ESFUERZO TENSION (MPa)	MÓDULO TENSION (MPa)	ESFUERZO FLEXIÓN (MPa)	MÓDULO FLEXIÓN (MPa)	Elongación (%)
1	TP1	0,44	0,39	0,35	0,51	86,67
2	TP2	0,87	0,75	0,35	1,00	86,67
3	TP3	0,97	1,39	0,58	0,67	143,33
4	TP4	0,67	0,40	0,24	1,11	60
5	T Funda	1,33	0,67	0,20	2,67	50

Realizado por: Gusñay, Kleber, 2021.

Los ensayos para la prueba de tracción se rigió en la norma NTE INEN 2043 (2013, p.7). “Plásticos método de ensayo para la determinación de las propiedades de tensión”. En la cual nos da valores de referencia para el espesor de la probeta en plásticos no mayores a 2mm lo que en nuestros datos obtenidos, obsérvese en la tabla 26-3, fueron de 0,2 mm y 0,3 mm demostrando que las probetas están aptas para realizar las demás pruebas. Se realizó una prueba adicional en la cual la muestra fue una funda común de plástico sintético en donde se obtuvo valores similares a las del plástico biodegradable. En el valor de esfuerzo tensión es para la funda de 1,33 Mpa, siendo el único valor en el cual se diferencia lo que se puede decir que tiene una menor elongación, pero mayor resistencia en comparación a nuestros 4 tratamientos en los cuales se obtuvo una mayor elongación, pero menor resistencia, obsérvese en la tabla 40-3.

3.4. Prueba de Hipótesis

3.4.1. General

Al obtener el almidón del salvado de avena (*Avena sativa*) es posible generar un plástico biodegradable haciendo uso de aditivos como la glicerina actuando como plastificante y el ácido acético cumpliendo la función de conservante para evitar el crecimiento bacteriano. Al realizar diferentes caracterizaciones se comprueba que el plástico biodegradable obtenido a partir del almidón del salvado de avena con características similares a los plásticos tradicionales, siendo competente para el uso en embalaje de alimentos.

3.4.2. Específica 1

La extracción del almidón se puede realizar por vía seca y vía húmeda, sin embargo para este experimento se realizó por el método reducción de tamaño (molienda y trituración), tamizado, sedimentación y secado correspondiente a la vía húmeda obteniendo un porcentaje de almidón satisfactorio ya que por cada repetición realizada se obtuvo alrededor de los 30 gramos suficientes para poder realizar los ensayos en el bioplástico, afirmando que es factible realizar la extracción del almidón del salvado de avena mediante esta vía.



Figura 4-3. Almidón obtenido por vía húmeda

Realizado por: Gusñay, Kleber, 2021.

3.4.3. Específica 2

El almidón del salvado de avena presenta propiedades de buena calidad para utilizarse como materia prima para la obtención de plásticos biodegradables, esto se pudo comprobar al realizar la caracterización físico-química del almidón rigiéndose en la norma INEN 1456 en la cual se establece valores estándar para pruebas como: humedad, cenizas, pH, solubilidad.

3.4.4. Específica 3

Efectuando las diferentes pruebas realizadas al bioplásticos como lo es: permeabilidad y biodegradabilidad, siendo las pruebas más importantes para considerar al bioplástico óptimo para el embalaje en alimentos. En la prueba de permeabilidad se obtuvo valores bajos en aumento lo que significa y se puede afirmar que es un material resistente al oxígeno y al vapor acuoso del ambiente que lo rodea ideal para el embalaje en alimentos.

3.4.5. Específica 4

Al realizar la prueba de biodegradabilidad al bioplástico, la cual consiste en tres tratamientos, exponer al bioplástico en ambiente, en agua y en tierra para comprobar su degradabilidad. Al realizar dicha prueba se puede afirmar que el bioplástico tiene una degradabilidad mucho menor ya que el tiempo es de un mes casi completando el 100% en su degradación en comparación a los plásticos comunes.

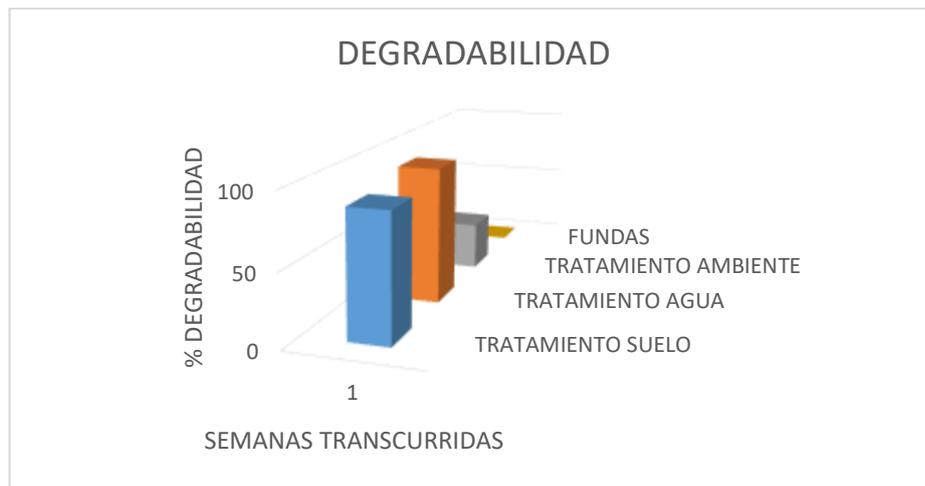


Gráfico 4-3. Diferencias de degradabilidad Bioplástico y Fundas comunes

Realizado por: Gusñay, Kleber, 2021.

En la gráfica se puede apreciar el porcentaje del bioplástico en los tres métodos sometidos de degradación como lo son en agua, tierra y ambiente y se puede apreciar que tiene una mayor degradabilidad en cuanto a lo que son las fundas convencionales obteniendo que en el tratamiento de agua se tiene un mayor porcentaje, en el tratamiento del ambiente que es el menor entre los tres tratados se obtuvo una degradabilidad de 33, 2313% a comparación de los plásticos sintéticos que según la empresa EMASEO, *Empresa Pública Metropolitana de Aseo de Quito* una funda plástica tarde en degradarse 100 años (EMASEO, 2017).

CONCLUSIONES

- Partiendo desde la extracción del almidón del salvado de avena (*Avena sativa*) hasta la elaboración de un plástico biodegradable el mismo que cuenta en cada ensayo con resultados óptimos que determinan la calidad del mismo, éste bioplástico puede ser utilizado en la industria de los alimentos como embalaje ya que cuenta con características similares a los plásticos comunes.
- Mediante el método de reducción de tamaño (molienda y trituración), filtrado, sedimentación, secado y tamizado se puede extraer el almidón del salvado de avena teniendo en cuenta que en el proceso de trituración se trabajó con dos velocidades diferentes y también en tiempos diferentes para poder determinar el rendimiento del almidón es decir a qué velocidad y a qué tiempo se obtiene mayor porcentaje de almidón, los resultados obtenidos fueron, Tratamiento 1 = 30,2825 %; Tratamiento 2 = 20,8612 %; Tratamiento 3 = 20,8312 %; Tratamiento 4 = 34,16625 %; Tratamiento 5 = 34,605 %; Tratamiento = 31,45 %. Siendo el quinto tratamiento (velocidad 2, tiempo = 60 segundos) con mayor rendimiento para la extracción del almidón.
- Se analizó el almidón extraído del salvado de avena mediante diversos ensayos y pruebas que exige la norma INEN 1456 para la caracterización fisicoquímica del almidón. El almidón obtenido se encuentra en los parámetros que marca la norma como el pH = 6,676. (Valor estándar de la norma = 5.00 – 7.00), residuos por calcinación = 0,1166. (Valor estándar de la norma = 0,4), humedad = 14.8241%, solubilidad = si existe, temperatura de gelatinización = 80 °C, lo cual no existe un límite marcado en la norma.
- Se generaron cuatro tratamientos para la elaboración del bioplástico con un diseño experimental 2^k, en donde se tiene variables de almidón de 1,5 y 2 gramos y de plastificante de 0,5 y 1 para la elaboración del bioplástico. Se realizó varias pruebas al bioplástico para determinar la calidad del mismo como fue el espesor con un valor promedio de 0,10083 mm, la humedad siendo de 22,2775 %, con lo que respecta a la solubilidad se tuvo un valor promedio de 41,5495%, en los valores de permeabilidad se obtuvo 0,1965%. Estas características determinan la calidad del bioplástico, por lo que puede ser usado en la industria como embalaje para los alimentos. Asimismo, cumple con características similares a los plásticos convencionales.
- Al realizar la prueba mecánica de tracción a los bioplásticos se obtuvieron datos como el calibre el cual fue de un valor de 0.2mm; 0.1mm; 0.1mm; 0.2mm de los cuatro tratamientos respectivamente, se tomó como base a la norma INEN 2043 de las probetas BAE y BAC, así mismos datos como la fuerza del bioplástico siendo de 2N; 3.9N; 2.9N; 2N respectivamente para los cuatro tratamientos. A comparación de una funda convencional que se obtuvo valores del calibre de 0,01 mm y de fuerza de 2N, esto demuestra que el bioplástico obtenido cuenta

con la misma resistencia y efectividad que un plástico común. Respecto al estiramiento se obtuvo de los 4 tratamientos un valor de 86.67%; 86.67%; 143.33%; 60%, respectivamente, en cambio el porcentaje de estiramiento para la funda fue de 50% lo que significa que el bioplástico es mejor en cuanto a la elasticidad.

RECOMENDACIONES

- Para el proceso de extracción por vía húmeda del almidón del salvado de avena es recomendable que la cantidad de agua al momento de tritararlo sea el triple o más a la cantidad de materia prima, pues la avena al ser un cereal cuenta con un porcentaje de almidón elevado y dificultaría al momento de filtrarlo ya que se obtiene un líquido viscoso y pegajoso y si no se tiene suficiente agua se obtendría una sola masa.
- En el proceso de sedimentación es recomendable hacerlo por dos días, en el primer día una vez dejado que sedimente eliminar el exceso de agua y dejarlo por un día más porque existe aún una apreciable cantidad de agua mezclada con el almidón, esto para facilitar el tiempo de secado del almidón ya que si no se extrae la mayor cantidad de agua en el proceso de sedimentado el almidón puede tardar entre 5 a 10 días en secarse.
- Una vez obtenido el almidón en primer lugar al medio ambiente y posterior en una estufa a 40 °C por un día, ya que si se trata de secarlo solo en una estufa el almidón va tomando un color café oscuro y haciéndose una masa dura, es por ello que se recomienda secarlo primero al ambiente en bandejas de aluminio.
- Para tamizar el almidón es preferible utilizar una máquina tamizadora con el tamiz de malla número 325, para obtener una granulometría muy fina para posteriormente elaborar el bioplástico.
- Para la elaboración del bioplástico se recomienda antes realizar todas las mezclas posibles que se puedan dar variando el almidón y el plastificante, esto para obtener la mayor cantidad de pruebas y de ellas escoger las mejor para poder realizar los tratamientos que se utilizarían en la elaboración de los bioplásticos.
- En este experimento se utilizó como plastificante a la glicerina, pero también es recomendable utilizar aceites epoxidados como el aceite epoxidado de soya que es una variante de plastificante.

BIBLIOGRAFÍA

- ANGELONE, S., GARIBAY, M.T. y CAUHAPÉ C., M.**, 2006. Geología y Geotecnia - Permeabilidad de suelos. *Universidad Nacional de Rosario* [en línea], pp. 39. Disponible en:
<http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Geolog?a+y+Geotecnia#4>.
- APARICIO VIZUETE, A., MARÍA, R. y ANTA, O.**, 2016. Spanish Journal of Human Nutrition and Dietetics Efectos del consumo del beta-glucano de la avena sobre el colesterol sanguíneo: una revisión. *Rev Esp Nutr Hum Diet* [en línea], vol. 20, no. 2, pp. 127-139. [Consulta: 5 diciembre 2020]. DOI 10.14306/renhyd.20.2.183. Disponible en: www.renhyd.org.
- AVENDAÑO, E.**, 2019. Extracción y análisis comparativo de las características del almidón de Malanga, Yuca y Papa china. *Ejercicios de Core en la incontinencia urinaria del adulto mayor* [en línea], pp. 57. ISSN ISC. Disponible en: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/6777%0Ahttp://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/1381/1/UNACH-EC-AGR-2016-0002.pdf>.
- BOURGEOIS, B.A.F.**, 1915. Filtración. *Notes and Queries*, vol. s11-XI, no. 275, pp. 267. ISSN 00293970. DOI 10.1093/nq/s11-XI.275.267-a.
- BRITO, H.**, 2000. TESXTO BASICO DE OPERACIONES UNITARIAS I. C a p i t u l o I Transporte de lúquidos por bombeo. , pp. 1-66.
- BRITO, H.**, 2001. Texto basico de Operaciones Unitarias II. ,
- BRITO, H., BASANTES, A.R. y ATC-OP, I.H.**, 2021. Síntesis de un polímero biodegradable a base de la yuca (manihot esculenta crantz) Síntesis de un polímero biodegradable a base de la yuca (Manihot Esculenta Crantz) Synthesis of a ... Síntesis de un polímero biodegradable a base de la yuca (Manihot . , no. February. DOI 10.23857/dc.v7i1.1701.
- BRITO, H. y CHUIZA, M.**, 2020. Producción de láminas de plástico biodegradables a partir del almidón de arracacia xanthorrhiza Producción de láminas de plástico biodegradables a partir del almidón de arracacia xanthorrhiza Production of biodegradable plastic sheets from starch from arr. *ResearchGate*, vol. 6, no. July, pp. 981-994. DOI 10.23857/dc.v6i3.1261.

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

BUSTAMANTE, EDUARDO; PERALTA, M., 2018. UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA. . S.l.:

CALDERA VILLALOBOS, M. y HERRERA GONZÁLEZ, A.M., 2019. Polímeros adhesivos y formación de uniones a través de reacciones de polimerización y fuerzas intermoleculares. *Educación Química* [en línea], vol. 30, no. 2, pp. 2. [Consulta: 2 diciembre 2020]. ISSN 0187-893X. DOI 10.22201/fq.18708404e.2019.2.68197. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2019000200002&lng=es&nrm=iso&tlng=es.

CÁRDENAS, M., 2018. *Extracción de almidón a partir de residuos de banano (Musa paradisiaca) para la elaboración de un biopolímero*. S.l.: s.n. ISBN 1400674840.

CARRASCO, L., 2018. Extraccion De Almidón. [en línea]. [Consulta: 4 diciembre 2020]. Disponible en: <https://es.calameo.com/read/005193087c8fe3b2314cf>.

CHARRO, M., 2015. Obtención de plástico biodegradable a partir de almidón de patata. [en línea], pp. 2015. Disponible en: <http://weekly.cnbnews.com/news/article.html?no=124000>.

COLINA, L., 2013. Reducción de tamaño de alimentos. *Ingeniería de alimentos III* [en línea], pp. 1-39. Disponible en: http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/mlci/red_tam_solidos_intro.pdf.

CUADRADO, E., 2019a. Diseño de un proceso industrial para la obtención de almidón a partir de camote (Ipomoea batatas L.) para su uso alimenticio. ,

CUADRADO, E., 2019b. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUÍMICA. . S.l.:

EMASEO, E., 2017. El plástico tarda 100 años en descomponerse., [en línea]. [Consulta: 9 marzo

2021]. Disponible en: <http://www.emaseo.gob.ec/plastico-tarda-100-anos-descomponerse-reutilizalo/>.

ENRÍQUEZ, M., VELASCO, R. y ORTIZ, V., 2012. COMPOSICIÓN Y PROCESAMIENTO DE PELÍCULAS BIODEGRADABLES BASADAS EN ALMIDÓN COMPOSITION AND PROCESSING OF STARCH-BASED BIODEGRADABLE FILMS. COMPOSIÇÃO E TRANSFORMAÇÃO DE FILMES BIODEGRADÁVEIS À BASE DE AMIDO. . S.l.:

ESBEYDHY OYUKY YESCAS Y MARLEN HERNÁNDEZ, 2017. Biotecno, película plástica que aumenta la vida de los alimentos. [en línea]. [Consulta: 2 diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.empaque.com/temas/Biotecno,-nuevo-material-que-permite-aumentar-la-vida-de-los-alimentos-empacados+124475>.

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

FERNANDO VALERO-VALDIVIESO, M., ORTEGÓN, Y. y USCATEGUI, Y., 2015. BIOPOLÍMEROS: AVANCES Y PERSPECTIVAS BIOPOLYMERS: PROGRESS AND PROSPECTS. , vol. 80, pp. 171-180. ISSN 0012-7353.

GALLARDO, E., 2016. UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA EFICIENCIA AGRONÓMICA DEL NITRÓGENO EN EL CULTIVO DE AVENA FORRAJERA (*Avena sativa* L.) TRABAJO DE GRADO PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO. . S.l.:

GARCÍA, EVA. FERNÁNDEZ, I., 2012. Un Alimento Por Un Método Gravimétrico Indirecto.

GRANOS AUSTRAL, 2015. *SALVADO DE AVENA CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS - FÍSICAS-MICROBIOLÓGICAS.pdf*. 2015. S.l.: s.n.

GUAMÁN BRAVO, J.M., 2019. Obtención de plásticos biodegradables a partir de almidón de cáscaras de papa para su aplicación industrial. *Facultad de ciencias*, pp. 1-54.

INEN-1456, 2012. NORMA TÉCNICA ECUATORIANA REACTIVOS PARA ANÁLISIS .

ALMIDÓN SOLUBLE (PARA Primera edición. , pp. 2-9.

INEN NTE 2635:2012, 2012. Método de Ensayo para las propiedades de tracción de láminas plásticas delgadas. *Instituto Ecuatoriano de Normalización* [en línea], Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2635.pdf>.

INSTITUTO FINLANDÉS DE SALUD BIENESTAR, 2018. Salvado de avena - Calorías. [en línea]. [Consulta: 10 marzo 2021]. Disponible en: <https://calcular-imc.net/alimento/salvado-de-avena.html>.

JIMÉNEZ, L., 2016. EFECTO DE OMISIÓN DE CINCO NUTRIENTES EN EL CULTIVO DE AVENA (*Avena sativa*), PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA. UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA. . S.I.

LABORATORIO DE ALIMENTOS, U., 2008. Fundamentos Y Tecnicas Analisis De Alimentos. , pp. 58.

LAVANGUARDIA, 2018. Avena: propiedades, beneficios y valor nutricional de este alimento. [en línea]. [Consulta: 4 diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.lavanguardia.com/comer/20180806/451234882484/avena-propiedades-beneficios-valor-nutricional.html>.

LÓPEZ, Á., RIVAS, J., LOAIZA, M. y SABINO, M., 2010. Degradación de películas plastificadas de quitosano obtenidas a partir de conchas de camarón (*L.vannamei*). *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela* [en línea], vol. 25, no. 2, pp. 133-143. [Consulta: 11 marzo 2021]. ISSN 0798-4065. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-40652010000200014&lng=es&nrm=iso&tlng=es.

MENDOZA, A., 2006. Guía de Interpretación de Resultados Microbiológicos de Alimentos. *Microbiología de los Alimentos Fund.* [en línea], pp. 13-14. ISSN 1367-0050. Disponible en: <https://goo.gl/awcz18>.

NTE INEN 2043, 2013. Plásticos. Método De Ensayo Para La Determinación De Las Propiedades De Tensión. [en línea], pp. 5. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2043-1.pdf>.

NTE INEN 2643, 2012. ESPECIFICACIÓN PARA PLÁSTICOS COMPOSTABLES. , vol. 2643.

PARRA, J., 2015. Obtención de biofilm a partir del almidón de Zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) y de Camote (*Ipomoea batatas*) como alternativa al uso de material plástico derivado de petróleo. ,

PATRÓN, M., 2018. ASOCIACIÓN ARGENTINA de DIETISTAS Y NUTRICIONISTAS DIETISTAS AVENA: RAZONES PARA CONSUMIRLA. . S.l.:

QUÍMICA - Ronald J. Gillespie - Google Libros. *Ronal J. Gillespie* [en línea], 1990. [Consulta: 3 diciembre 2020]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=dIGugYOOwxQC&pg=PA997&dq=que+son+los+polimeros+sinteticos&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjLtPO2gbLTAhWxsDEKHd6gCugQ6AEwAXoECAYQAg#v=onepage&q=que son los polimeros sinteticos&f=false>.

QUÍMICA 2 - Ramírez Regalado, Víctor Manuel - Google Libros. [en línea], [sin fecha]. [Consulta: 3 diciembre 2020]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=xpWbDwAAQBAJ&pg=PA190&dq=que+son+los+polimeros+sinteticos&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiF8K78j7LTAhX0RTABHUWYAEAQ6AEwAHoECAAQAg#v=onepage&q=que son los polimeros sinteticos&f=true>.

ROJAS, J. y PEÑA, S., 2012. Desnidad Aparente Comparacion de métodos de determinación en ensayo de rotaciones en siembre directa. *I* [en línea], vol. 1, no. 1, pp. 3. Disponible en: www.inta.gov.ar/saenzpe.

ROSALES, A., 2016a. Departamento de Química TÍTULO : Obtención de biopolímero plástico a partir del almidón de malanga (*Colocasia esculenta*), por el método de polimerización por condensación en el Mayo – Abril 2016. ,

ROSALES, A., 2016b. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, MANAGUA. . S.l.:

SATALOFF, R.T., JOHNS, M.M. y KOST, K.M., 2000. Selección, Preparación y conservación de alimentos. ,

VILLARROEL HEISE, P., GÓMEZ, C., VERA, C. y TORRES, J., 2018. *Resistant starch: Technological characteristics and physiological interests* [en línea]. 1 septiembre 2018. S.l.: Sociedad Chilena de Nutricion Bromatologia y Toxilogica. [Consulta: 4 diciembre 2020]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182018000400271>.

VILLARROEL, P., GÓMEZ, C., VERA, C., TORRES, J., VILLARROEL, P., GÓMEZ, C., VERA, C. y TORRES, J., 2018. Almidón resistente: Características tecnológicas e intereses fisiológicos. *Revista chilena de nutrición* [en línea], vol. 45, no. 3, pp. 271-278. [Consulta: 11 marzo 2021]. ISSN 0717-7518. DOI 10.4067/s0717-75182018000400271. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182018000400271&lng=en&nrm=iso&tlng=en.

ZAMBRANO, J.L., BARRERA PH, V.D., MURILLO M SC, I.H., MANUEL DOMÍNGUEZ, J., PRIMERA EDICIÓN, P.D., ESPINEL, R. y SÁNCHEZ, L., 2018. *PLAN ESTRATÉGICO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO DEL INIAP 2018-2022 Revisión por Pares Externos* [en línea]. S.l.: s.n. [Consulta: 3 diciembre 2020]. ISBN 9789942222497. Disponible en: www.iniap.gob.ec.

**LEONARDO
FABIO MEDINA
NUSTE**

Firmado digitalmente
por LEONARDO FABIO
MEDINA NUSTE
Fecha: 2021.09.30
07:36:33 -05'00'

ANEXOS

ANEXO A: PORCENTAJE DE AMILOSA DE ALMIDÓN DE SALVADO DE AVENA

MC-LSAIA-2201-03



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 Tils. 2690691-3007134, Fax 3007134
Casilla postal 17-01-340



INFORME DE ENSAYO No: 21-042

NOMBRE PETICIONARIO: Sr. Kléber Gusñay	INSTITUCIÓN: Particular	
DIRECCIÓN: Riobamba	ATENCIÓN: Sr. Kléber Gusñay	
FECHA DE EMISIÓN: 12/02/2021	FECHA DE RECEPCIÓN: 01/02/2021	
FECHA DE ANÁLISIS: Del 1 al 11 de febrero de 2021	HORA DE RECEPCIÓN: 12H10	
	ANÁLISIS SOLICITADO: Amilosa	

ANÁLISIS	HUMEDAD	AMILOSA ¹				IDENTIFICACIÓN
METODO	MO-LSAIA-01.01	MO-LSAIA-04				
METODO REF.	U. FLORIDA 1970					
UNIDAD	%	%				
21-0273	4,84	22,11				Almidón de salvado de avena

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


Dr. Ivan Samaniego
RESPONSABLE TÉCNICO

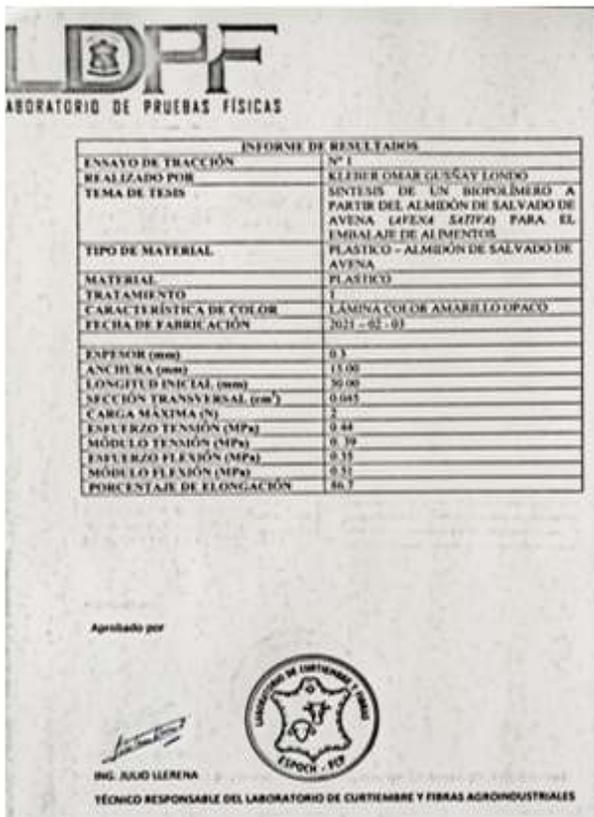
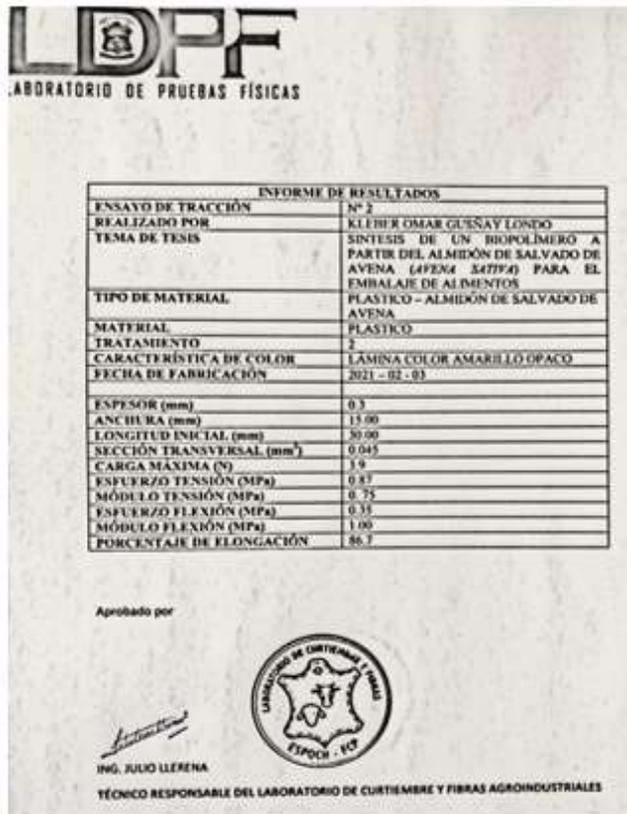



Ing. Bladimir Ortiz
RESPONSABLE CALIDAD

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación expresa del laboratorio.
 Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo.
 NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está 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:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO	PORCENTAJE DE AMILOSA DE ALMIDON DE SALVADO DE AVENA						
a. Pocertaje de amilosa de almidón de salvado de avena	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA							
		REALIZADO POR: Kleber Gusñay	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <th>LAMINA</th> <th>ESCALA</th> <th>FECHA</th> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1:1</td> <td>04/01/2021</td> </tr> </table>	LAMINA	ESCALA	FECHA	1	1:1	04/01/2021
LAMINA	ESCALA	FECHA							
1	1:1	04/01/2021							

ANEXO B: PROPIEDADES DE TRACCIÓN DE LOS BIOFILMS DE SALVADO DE AVENA Y UN PLÁSTICO SINTETICO

<p>a)</p>  <p>ING. JULIO LLERENA TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES</p>	<p>b)</p>  <p>ING. JULIO LLERENA TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES</p>								
<p>NOTAS: a. Ensayo de tracción 1 b. Ensayo de tracción 2</p>	<p>CATEGORIA DEL DIAGRAMA:</p> <p><input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar</p>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA</p> <p>REALIZADO POR: Kleber Gusñay</p>	<p>PROPIEDADES DE TRACCION DE LOS BIOFILMS DE SALVADO DE AVENA Y UN PLASTICO SINTETICO</p> <table border="1"> <tr> <th>LAMINA</th> <th>ESCALA</th> <th>FECHA</th> </tr> <tr> <td>2</td> <td>1:1</td> <td>06/01/2021</td> </tr> </table>	LAMINA	ESCALA	FECHA	2	1:1	06/01/2021
LAMINA	ESCALA	FECHA							
2	1:1	06/01/2021							

Continuación-ANEXO B

<p style="text-align: center;">LDPF LABORATORIO DE PRUEBAS FÍSICAS</p> <p style="text-align: center;">INFORME DE RESULTADOS N° 3</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">ENSAYO DE TRACCIÓN</td> <td>N° 3</td> </tr> <tr> <td>REALIZADO POR</td> <td>KLEBER OMAR GUSÑAY LONDO</td> </tr> <tr> <td>TEMA DE TESIS</td> <td>SÍNTESIS DE UN BIOPOLÍMERO A PARTIR DEL ALMIDÓN DE SALVADO DE AVENA (AVENA SATIVA) PARA EL EMBALAJE DE ALIMENTOS</td> </tr> <tr> <td>TIPO DE MATERIAL</td> <td>PLÁSTICO - ALMIDÓN DE SALVADO DE AVENA</td> </tr> <tr> <td>MATERIAL</td> <td>PLÁSTICO</td> </tr> <tr> <td>TRATAMIENTO</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>CARACTERÍSTICA DE COLOR</td> <td>LÁMINA COLOR AMARILLO OPACO</td> </tr> <tr> <td>FECHA DE FABRICACIÓN</td> <td>2021 - 02 - 03</td> </tr> <tr> <td>ESPESOR (mm)</td> <td>0,2</td> </tr> <tr> <td>ANCHURA (mm)</td> <td>15,00</td> </tr> <tr> <td>LONGITUD INICIAL (mm)</td> <td>30,00</td> </tr> <tr> <td>SECCIÓN TRANSVERSAL (mm²)</td> <td>0,030</td> </tr> <tr> <td>CARGA MÁXIMA (N)</td> <td>2,9</td> </tr> <tr> <td>ESFUERZO TENSIÓN (MPa)</td> <td>0,97</td> </tr> <tr> <td>MÓDULO TENSIÓN (MPa)</td> <td>1,39</td> </tr> <tr> <td>ESFUERZO FLEXIÓN (MPa)</td> <td>0,58</td> </tr> <tr> <td>MÓDULO FLEXIÓN (MPa)</td> <td>0,67</td> </tr> <tr> <td>PORCENTAJE DE ELONGACIÓN</td> <td>143,3</td> </tr> </table> <p style="text-align: center;">Aprobado por</p> <div style="text-align: center;">   ING. JULIO LLERENA <small>TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES</small> </div>	ENSAYO DE TRACCIÓN	N° 3	REALIZADO POR	KLEBER OMAR GUSÑAY LONDO	TEMA DE TESIS	SÍNTESIS DE UN BIOPOLÍMERO A PARTIR DEL ALMIDÓN DE SALVADO DE AVENA (AVENA SATIVA) PARA EL EMBALAJE DE ALIMENTOS	TIPO DE MATERIAL	PLÁSTICO - ALMIDÓN DE SALVADO DE AVENA	MATERIAL	PLÁSTICO	TRATAMIENTO	3	CARACTERÍSTICA DE COLOR	LÁMINA COLOR AMARILLO OPACO	FECHA DE FABRICACIÓN	2021 - 02 - 03	ESPESOR (mm)	0,2	ANCHURA (mm)	15,00	LONGITUD INICIAL (mm)	30,00	SECCIÓN TRANSVERSAL (mm ²)	0,030	CARGA MÁXIMA (N)	2,9	ESFUERZO TENSIÓN (MPa)	0,97	MÓDULO TENSIÓN (MPa)	1,39	ESFUERZO FLEXIÓN (MPa)	0,58	MÓDULO FLEXIÓN (MPa)	0,67	PORCENTAJE DE ELONGACIÓN	143,3	<p style="text-align: center;">LDPF LABORATORIO DE PRUEBAS FÍSICAS</p> <p style="text-align: center;">INFORME DE RESULTADOS N° 4</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">ENSAYO DE TRACCIÓN</td> <td>N° 4</td> </tr> <tr> <td>REALIZADO POR</td> <td>KLEBER OMAR GUSÑAY LONDO</td> </tr> <tr> <td>TEMA DE TESIS</td> <td>SÍNTESIS DE UN BIOPOLÍMERO A PARTIR DEL ALMIDÓN DE SALVADO DE AVENA (AVENA SATIVA) PARA EL EMBALAJE DE ALIMENTOS</td> </tr> <tr> <td>TIPO DE MATERIAL</td> <td>PLÁSTICO - ALMIDÓN DE SALVADO DE AVENA</td> </tr> <tr> <td>MATERIAL</td> <td>PLÁSTICO</td> </tr> <tr> <td>TRATAMIENTO</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>CARACTERÍSTICA DE COLOR</td> <td>LÁMINA COLOR AMARILLO OPACO</td> </tr> <tr> <td>FECHA DE FABRICACIÓN</td> <td>2021 - 02 - 03</td> </tr> <tr> <td>ESPESOR (mm)</td> <td>0,2</td> </tr> <tr> <td>ANCHURA (mm)</td> <td>15,00</td> </tr> <tr> <td>LONGITUD INICIAL (mm)</td> <td>30,00</td> </tr> <tr> <td>SECCIÓN TRANSVERSAL (mm²)</td> <td>0,030</td> </tr> <tr> <td>CARGA MÁXIMA (N)</td> <td>2,9</td> </tr> <tr> <td>ESFUERZO TENSIÓN (MPa)</td> <td>0,97</td> </tr> <tr> <td>MÓDULO TENSIÓN (MPa)</td> <td>0,40</td> </tr> <tr> <td>ESFUERZO FLEXIÓN (MPa)</td> <td>0,24</td> </tr> <tr> <td>MÓDULO FLEXIÓN (MPa)</td> <td>1,11</td> </tr> <tr> <td>PORCENTAJE DE ELONGACIÓN</td> <td>50,0</td> </tr> </table> <p style="text-align: center;">Aprobado por</p> <div style="text-align: center;">   ING. JULIO LLERENA <small>TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES</small> </div>	ENSAYO DE TRACCIÓN	N° 4	REALIZADO POR	KLEBER OMAR GUSÑAY LONDO	TEMA DE TESIS	SÍNTESIS DE UN BIOPOLÍMERO A PARTIR DEL ALMIDÓN DE SALVADO DE AVENA (AVENA SATIVA) PARA EL EMBALAJE DE ALIMENTOS	TIPO DE MATERIAL	PLÁSTICO - ALMIDÓN DE SALVADO DE AVENA	MATERIAL	PLÁSTICO	TRATAMIENTO	4	CARACTERÍSTICA DE COLOR	LÁMINA COLOR AMARILLO OPACO	FECHA DE FABRICACIÓN	2021 - 02 - 03	ESPESOR (mm)	0,2	ANCHURA (mm)	15,00	LONGITUD INICIAL (mm)	30,00	SECCIÓN TRANSVERSAL (mm ²)	0,030	CARGA MÁXIMA (N)	2,9	ESFUERZO TENSIÓN (MPa)	0,97	MÓDULO TENSIÓN (MPa)	0,40	ESFUERZO FLEXIÓN (MPa)	0,24	MÓDULO FLEXIÓN (MPa)	1,11	PORCENTAJE DE ELONGACIÓN	50,0	<p>NOTAS:</p> <p>c. Ensayo de tracción 3 d. Ensayo de tracción 4</p>
ENSAYO DE TRACCIÓN	N° 3																																																																									
REALIZADO POR	KLEBER OMAR GUSÑAY LONDO																																																																									
TEMA DE TESIS	SÍNTESIS DE UN BIOPOLÍMERO A PARTIR DEL ALMIDÓN DE SALVADO DE AVENA (AVENA SATIVA) PARA EL EMBALAJE DE ALIMENTOS																																																																									
TIPO DE MATERIAL	PLÁSTICO - ALMIDÓN DE SALVADO DE AVENA																																																																									
MATERIAL	PLÁSTICO																																																																									
TRATAMIENTO	3																																																																									
CARACTERÍSTICA DE COLOR	LÁMINA COLOR AMARILLO OPACO																																																																									
FECHA DE FABRICACIÓN	2021 - 02 - 03																																																																									
ESPESOR (mm)	0,2																																																																									
ANCHURA (mm)	15,00																																																																									
LONGITUD INICIAL (mm)	30,00																																																																									
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm ²)	0,030																																																																									
CARGA MÁXIMA (N)	2,9																																																																									
ESFUERZO TENSIÓN (MPa)	0,97																																																																									
MÓDULO TENSIÓN (MPa)	1,39																																																																									
ESFUERZO FLEXIÓN (MPa)	0,58																																																																									
MÓDULO FLEXIÓN (MPa)	0,67																																																																									
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN	143,3																																																																									
ENSAYO DE TRACCIÓN	N° 4																																																																									
REALIZADO POR	KLEBER OMAR GUSÑAY LONDO																																																																									
TEMA DE TESIS	SÍNTESIS DE UN BIOPOLÍMERO A PARTIR DEL ALMIDÓN DE SALVADO DE AVENA (AVENA SATIVA) PARA EL EMBALAJE DE ALIMENTOS																																																																									
TIPO DE MATERIAL	PLÁSTICO - ALMIDÓN DE SALVADO DE AVENA																																																																									
MATERIAL	PLÁSTICO																																																																									
TRATAMIENTO	4																																																																									
CARACTERÍSTICA DE COLOR	LÁMINA COLOR AMARILLO OPACO																																																																									
FECHA DE FABRICACIÓN	2021 - 02 - 03																																																																									
ESPESOR (mm)	0,2																																																																									
ANCHURA (mm)	15,00																																																																									
LONGITUD INICIAL (mm)	30,00																																																																									
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm ²)	0,030																																																																									
CARGA MÁXIMA (N)	2,9																																																																									
ESFUERZO TENSIÓN (MPa)	0,97																																																																									
MÓDULO TENSIÓN (MPa)	0,40																																																																									
ESFUERZO FLEXIÓN (MPa)	0,24																																																																									
MÓDULO FLEXIÓN (MPa)	1,11																																																																									
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN	50,0																																																																									
<p>CATEGORIA DEL DIAGRAMA:</p> <table style="width: 100%;"> <tr> <td><input type="checkbox"/> Aprobado</td> <td><input type="checkbox"/> Preliminar</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Certificado</td> <td><input type="checkbox"/> Por aprobar</td> </tr> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> Información</td> <td><input type="checkbox"/> Por calificar</td> </tr> </table>	<input type="checkbox"/> Aprobado	<input type="checkbox"/> Preliminar	<input type="checkbox"/> Certificado	<input type="checkbox"/> Por aprobar	<input checked="" type="checkbox"/> Información	<input type="checkbox"/> Por calificar	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA</p> <p>REALIZADO POR: Kleber Gusñay</p>	<p>PROPIEDADES DE TRACCIÓN DE LOS BIOFILMS DE SALVADO DE AVENA Y UN PLÁSTICO SINTETICO</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>LAMINA</th> <th>ESCALA</th> <th>FECHA</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">1:1</td> <td style="text-align: center;">06/01/2021</td> </tr> </table>	LAMINA	ESCALA	FECHA	3	1:1	06/01/2021																																																												
<input type="checkbox"/> Aprobado	<input type="checkbox"/> Preliminar																																																																									
<input type="checkbox"/> Certificado	<input type="checkbox"/> Por aprobar																																																																									
<input checked="" type="checkbox"/> Información	<input type="checkbox"/> Por calificar																																																																									
LAMINA	ESCALA	FECHA																																																																								
3	1:1	06/01/2021																																																																								

Continuación-ANEXO B

e)

LDPF
LABORATORIO DE PRUEBAS FÍSICAS

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	Plástico común
REALIZADO POR	KLEBER OMAR GUSÑAY LONDO
TEMA DE TESIS	SÍNTESIS DE UN BIOPOLÍMERO A PARTIR DEL ALMIDÓN DE SALVADO DE AVENA (<i>Avena sativa</i>) PARA EL EMBALAJE DE ALIMENTOS
TIPO DE MATERIAL	FUNDA PLÁSTICA
MATERIAL	PLÁSTICO
TRATAMIENTO	1
CARACTERÍSTICA DE COLOR	LÁMINA COLOR BLANCO
FECHA DE FABRICACIÓN	2021 - 02 - 03
ESPESOR (mm)	0.01
ANCHURA (mm)	15.00
LONGITUD INICIAL (mm)	30.00
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm ²)	0.045
CARGA MÁXIMA (N)	3.9
ESFUERZO TENSIÓN (MPa)	1.33
MÓDULO TENSIÓN (MPa)	0.97
ESFUERZO FLEXIÓN (MPa)	0.30
MÓDULO FLEXIÓN (MPa)	2.67
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN	30.0

Aprobado por

ING. JULIO LLERENA
TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES

NOTAS:

e. Ensayo de tracción, Plástico común

CATEGORIA DEL DIAGRAMA:

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

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE
CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA

REALIZADO POR:
Kleber Gusñay

PROPIEDADES DE TRACCION DE LOS
BIOFILMS DE SALVADO DE AVENA
Y UN PLASTICO SINTETICO

LAMINA	ESCALA	FECHA
4	1:1	06/01/2021

ANEXO C: ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DEL SALVADO DE AVENA

a)

SAQMIC
Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos

RESULTADO DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DE MUESTRA DE ALMIDÓN

NOMBRE: Gusñay Londo Kleber Omar			
TIPO DE MUESTRA: Almidón del Salvado de avena (<i>Avena sativa</i>)			
FECHA DE ENTREGA DE MUESTRA: 2021-02-10			
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS: 2021-02-25			

Examen Físico

COLOR: Blanco hueso.
OLOR: Inoloro.
ASPECTO: Polvo.

Examen Microbiológico

Determinaciones	Almidón de Salvado de Avena Unidades	*Valores de referencia	Resultados
Coliformes Totales	UFC/g	<10	Ausencia
Coliformes Fecales (<i>Escherichia coli</i>)	UFC/g	<10	Ausencia
Mohos y levaduras	UFC/g	1000-5000	100

Valores de Referencia tomados de Guía Técnica para Producción y Análisis de Almidón de Yuca (FAO).

Atentamente


Dra. Gina Alvarez Reyes
 RESPONSABLE TÉCNICO


SERVICIO DE ANÁLISIS QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS
Dra. Gina Alvarez
 Tel. 2 924 322 11 Cel. 0998380374

Contactanos: 0998380374 - 012924322
Av. 11 de noviembre y Milton Reyes Eschamala - Ecuador

NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA	ANALISIS MICROBIOLÓGICOS DEL SALVADO DE AVENA		
a. Análisis microbiológicos del salvado de avena	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Certificado <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar	REALIZADO POR: Kleber Gusñay	LAMINA	ESCALA	FECHA
			5	1:1	06/01/2021

ANEXO D. EXTRACCION DEL ALMIDÓN DEL SALVADO DE AVENA



a)



b)



c)



d)



e)

NOTAS: a. Pesaje de la materia prima b. Proceso de licuefacción c. Proceso de filtrado d. Proceso de sedimentación e. Proceso de decantación	CATEGORIA DEL DIAGRAMA: <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar		ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA REALIZADO POR: Kleber Gusñay		EXTRACCION DEL ALMIDÓN DE SALVADO DE AVENA		
				LÁMINA	ESCALA	FECHA	
			1	1:1	04/01/2021		

Continuación - ANEXO D



f)



g)



h)



i)

NOTAS:

- f. Proceso de secado
- g. Proceso de trituración
- h. Proceso de tamizado
- i. Almidón obtenido

CATEGORIA DEL DIAGRAMA:

- Aprobado
- Certificado
- Información
- Preliminar
- Por aprobar
- Por calificar

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE
CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA

REALIZADO POR:
Kleber Gushay

EXTRACCION DEL ALMIDÓN DE
SALVADO DE AVENA

LAMINA	ESCALA	FECHA
2	1:1	06/01/2021

ANEXO E. CARACTERIZACION FÍSICOQUÍMICA DEL ALMIDON OBTENIDO



a)



b)



c)



d)

NOTAS:

- a. Solubilidad del almidón
- b. Determinación del pH del almidón
- c. Determinación de la humedad
- d. Prueba de ceniza

CATEGORIA DEL DIAGRAMA:

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

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE
CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA

REALIZADO POR:
Kleber Gusfay

CARACTERIZACION
FÍSICOQUÍMICA DEL ALMIDON
OBTENIDO

LÁMINA	ESCALA	FECHA
1	1:1	12/01/2021

Continuación -ANEXO E



e)



f)

NOTAS: e. Densidad aparente f. Viscosidad del almidón	CATEGORIA DEL DIAGRAMA: <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA REALIZADO POR: Kleber Gusfay	CARACTERIZACION FÍSICOQUÍMICA DEL ALMIDON OBTENIDO		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	12/01/2021

ANEXO F. CARACTERIZACIÓN DE LOS BIOPLÁSTICOS OBTENIDOS



a)



b)



c)



d)

NOTAS:

- a. Bioplasticos obtenidos
- b. Determinación de espesor
- c. Prueba de Permeabilidad
- d. Prueba de solubilidad

CATEGORIA DEL DIAGRAMA:

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

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE
CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA

REALIZADO POR:
Kleber Gusñay

CARACTERIZACIÓN DE LOS BIOPLÁSTICOS OBTENIDOS

LÁMINA	ESCALA	FECHA
1	1:1	17/02/2021

Continuación - ANEXO F



a)



b)

NOTAS: a. Prueba de tracción b. Prueba de degradabilidad	CATEGORIA DEL DIAGRAMA: <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Certificado <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA REALIZADO POR: Kleber Gushay	CARACTERIZACIÓN DE LOS BIOPLÁSTICOS OBTENIDOS		
			LÁMINA 1	ESCALA 1:1	FECHA 24/02/2021



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

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

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 30 / 09 / 2021

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: <i>Kleber Omar Gushay Londo</i>
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: <i>Ciencias</i>
Carrera: <i>Ingeniería Química</i>
Título a optar: <i>Ingeniero Químico</i>
f. Analista de Biblioteca responsable: <i>Ing. Leonardo Medina Ñuste MSc.</i>

**LEONARDO
FABIO MEDINA
NUSTE**

Firmado digitalmente
por LEONARDO FABIO
MEDINA NUSTE
Fecha: 2021.09.30
07:36:33 -05'00'



1617-DBRA-UTP-2021