



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**“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”**

Trabajo de Titulación:

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA QUÍMICA

AUTOR: JOSELYNE BRIGGITTE PARRA PÉREZ

DIRECTOR: ING. MARCO RAÚL CHUIZA ROJAS

Riobamba - Ecuador

2019

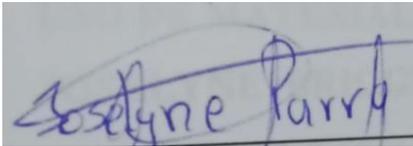
©2019, Joselyne Brigitte Parra Pérez

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, Joselyne Brigitte Parra Pérez, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

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

Riobamba, 18 de diciembre de 2019



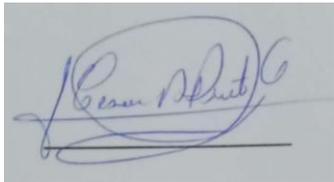
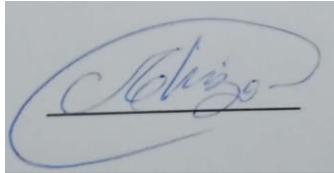
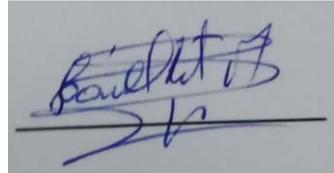
Joselyne Brigitte Parra Pérez
070679825-3

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo Investigación , **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** realizado por la señorita: **JOSELYNE BRIGGITTE PARRA PÉREZ** , ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, El mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. César Arturo Puente Guijarro PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2019 – 12 – 18
Ing. Marco Raúl Chuiza Rojas DIRECTOR/A DEL TRABAJO DE TITULACION		2019 – 12 - 18
Ing. Hanníbal Lorenzo Brito Moína Ph.D. MIEMBRO DE TRIBUNAL		2019 – 12 - 18

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado principalmente a mi amada madre María Teresa Pérez por ser mi guía, aquella persona que me ha dado fuerza en cada momento de mi vida, por depositar en mí toda su confianza, haberme inculcado grandes valores y el ejemplo constante de superación, perseverancia y dedicación. A mi hermana Andrea Parra y mi sobrino Yuren Paladines por no dejarme desfallecer, siempre dibujar una sonrisa en mi rostro y el apoyo incondicional. También va dedicado en memoria de mi querido padre Freddy Parra (+) por sembrado en mí grandes enseñanzas para formarme como persona.

Joselyne P.

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE GRAFICAS.....	xi
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xii
INDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÒN.....	1
CAPÍTULO I	
1. MARCO TEORICO REFERENCIAL.....	2
1.1 Identificación del Problema.....	2
1.2 Justificación de la Investigación.....	2
1.3 Objetivos de la Investigación.....	3
1.3.1 <i>General</i>	3
1.3.2 <i>Específicos</i>	3
CAPÍTULO II	
2. MARCO METODOLÓGICO.....	5
2.1 Antecedentes de la Investigación.....	5
2.2 Marco Conceptual o Glosario.....	7
2.3 Planteamiento de las Hipótesis.....	16
2.3.1 <i>Hipótesis General</i>	16
2.3.2 <i>Hipótesis Específicas</i>	16
2.4 Identificación de Variables.....	17
2.5 Operacionalización de Variables.....	18
2.6 Matriz de Consistencia.....	19
2.7 Tipo y Diseño de Investigación.....	21
2.8 Unidad de Análisis.....	21

2.9	Población de Estudio	21
2.10	Tamaño de Muestra	21
2.11	Selección de Muestra	23
2.12	Técnicas de Recolección de Datos	24
2.12.1	<i>Extracción de Almidones</i>	24
2.12.1.1	<i>Técnicas de extracción del Almidón de zanahoria blanca (Arracacia xanthorrhiza) y de camote (Ipomoea batatas)</i>	24
2.12.1.2	<i>Análisis para realizar la caracterización de los almidones extraídos</i>	27
2.12.2	<i>Caracterización de los biofilms</i>	32
CAPÍTULO III		
3.	MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	35
3.1	<i>Datos obtenidos de los ensayos realizados</i>	35
3.1.1	<i>Ensayos preliminares para la determinación del método de extracción de almidó</i> 36	
3.1.1.1	<i>Datos obtenidos del proceso de extracción de almidón por vía seca</i>	36
3.1.1.2	<i>Datos obtenidos del proceso de extracción de almidón por vía húmeda</i>	37
3.1.3	<i>Pruebas preliminares para la elaboración de los biofilms</i>	40
3.1.4	<i>Datos para determinar las propiedades mecánicas, físicas y biodegradables para los biofilms de zanahoria blanca y de camote</i>	44
3.2	<i>Cálculos</i>	48
3.2.1	<i>Cálculo del porcentaje de rendimiento del almidón de zanahoria blanca y de camote</i>	48
3.2.2	<i>Cálculos para los ensayos realizados a los biofilms de almidón de zanahoria blanca y de camote</i>	49
3.3	Resultados	50
3.3.1	<i>Resultados del rendimiento de extracción de almidón por vía seca y por vía húmeda</i>	50
3.3.2	<i>Resultados del ensayo de espesor de los biofilms de Zanahoria Blanca y de Camote</i>	50
3.3.3	<i>Resultados del ensayo de humedad de los biofilms de zanahoria blanca y de camote</i>	51

3.3.4	<i>Resultados del ensayo de solubilidad de los biofilms de zanahoria blanca y de camote</i>	51
3.3.5	<i>Resultados del ensayo de permeabilidad de vapor de agua para los biofilms del almidón de zanahoria blanca y del camote</i>	52
3.3.6	<i>Resultados del ensayo de tracción realizados a los biofilms en base a la norma INEN 2635-2012</i>	53
3.4	Prueba de Hipótesis	54
3.4.1	<i>Hipótesis 1</i>	54
3.4.2	<i>Hipótesis 2</i>	55
3.4.3	<i>Hipótesis 3</i>	55
3.4.4	<i>Hipótesis 4</i>	55
3.4.5	<i>Hipótesis 5</i>	56
3.5	Discusión	57
	CONCLUSIONES	59
	RECOMENDACIONES	61
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Estudios realizados sobre la obtención y estudio de películas biodegradables como antecedentes para la investigación	6
Tabla 2-2:	Taxonomía de la zanahoria blanca (<i>Arracacia xanthorrhiza</i>)	8
Tabla 3-2:	Composición química de la zanahoria blanca (<i>Arracacia xanthorrhiza</i>)	9
Tabla 4-2:	Taxonomía del camote (<i>Ipomoea batatas</i>).....	11
Tabla 5-2:	Composición química del Camote	11
Tabla 6-2:	Identificación de variables	17
Tabla 7-2:	Operacionalidad de Variables	18
Tabla 8-2:	Matriz de Consistencia.....	19
Tabla 9-2:	Secado de Almidón.....	22
Tabla 10-2:	Muestreo de la obtención de biofilm a temperatura constante a partir del almidón de la zanahoria blanca	22
Tabla 11-2:	Muestreo de la obtención de biofilm a temperatura constante a partir del almidón del camote	22
Tabla 12-2:	Técnicas de extracción de almidón de Zanahoria Blanca y de Camote	24
Tabla 13-2 :	Ensayos para realizar la caracterización de los almidones	27
Tabla 14-2:	Proceso para la obtención de los biofilms	30
Tabla 15-2:	Ensayos para realizar la caracterización de los biofilms	32
Tabla 1-3:	Datos de los análisis físicos realizados a la materia prima	35
Tabla 2-3:	Datos del proceso de extracción de almidón por vía seca	36
Tabla 3-3:	Datos del proceso de extracción de almidón por vía húmeda.....	38
Tabla 4-3:	Parámetros analizados de los almidones como materia prima.....	40
Tabla 5-3:	Porcentaje de Amilosa y Amilopectina en los almidones.....	40
Tabla 6-3:	Ensayos preliminares para la elaboración de los biofilm de almidón de Zanahoria blanca	40
Tabla 7-3:	Ensayos preliminares para la elaboración de los biofilm de almidón de Camote .	41
Tabla 8-3:	Determinación del tiempo de secado para la realización de biofilms a partir de Zanahoria blanca	41
Tabla 9-3:	Determinación del tiempo de secado para la realización de biofilms a partir de Camote	41
Tabla 10-3:	Ensayos preliminares para determinar la concentración de plastificante para realizar biofilms de Zanahoria blanca.....	42

Tabla 11-3: Ensayos preliminares para determinar la concentración de plastificante para realizar biofilms de Camote.....	43
Tabla 12-3 : Nomenclatura y concentración de los biofilms generados a partir del diseño	43
Tabla 13-3: Datos de espesor para los biofilms de almidón de zanahoria blanca	44
Tabla 14-3: Datos de humedad para los biofilms de almidón de Zanahoria Blanca y Camote	45
Tabla 15-3: Datos de solubilidad para los biofilms de almidón de Zanahoria Blanca	45
Tabla 16-3: Datos de permeabilidad de vapor para los biofilms de Almidón de Zanahoria Blanca	46
Tabla 17-3: Datos de permeabilidad de vapor para los biofilms de almidón de Camote	46
Tabla 18-3: Datos obtenidos a partir del ensayo de biodegradabilidad para los biofilms de almidón de zanahoria blanca	47
Tabla 19-3: Datos obtenidos a partir del ensayo de biodegradabilidad para los biofilms de almidón de camote	48
Tabla 20-3: Resultados del rendimiento de extracción de almidón por vía seca y por vía húmeda.....	50
Tabla 21-3: Resultados de espesor de los biofilms de Zanahoria Blanca y de Camote	50
Tabla 22-3: Resultados de humedad de los biofilms de Zanahoria Blanca y de Camote	51
Tabla 23-3: Resultados de solubilidad de los biofilms de Zanahoria Blanca.....	51
Tabla 24-3: Resultados de solubilidad de los biofilms de Camote	52
Tabla 25-3: Resultados de TVS de los biofilms de Zanahoria Blanca y de Camote	52
Tabla 26-3: Datos bibliográficos de las propiedades de tracción de investigaciones relacionadas.....	53
Tabla 27-3: Resultados de las propiedades de tracción de los biofilms de Zanahoria Blanca..	53
Tabla 28-3: Resultados de las propiedades de tracción de los biofilms de Camote	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2: Zanahoria blanca	7
Figura 2-2: Camote	10
Figura 3-2: Estructura molecular de la amilosa	13
Figura 4-2: Estructura molecular de la amilopectina.....	14
Figura 5-2: Estructura molecular de ácido acético	14
Figura 6-2: Estructura molecular del agua	14
Figura 1-3: Muestreo de la materia prima	35

ÍNDICE DE GRAFICAS

Gráfico 1-2:	Diagrama de flujo de extracción de almidón por vía húmeda	26
Gráfico 2-2:	Diagrama de flujo de extracción de almidón por vía seca.....	26
Gráfico 3-2:	Diagrama de flujo del proceso para la obtención de biofilm	31
Gráfico 1-3:	Curva de secado del almidón de Zanahoria Blanca -Vía Seca	37
Gráfico 2-3:	Curva de secado del almidón de Camote - Vía Seca	37
Gráfico 3-3:	Curva de secado del almidón de Zanahoria Blanca – Vía Húmeda.....	39
Gráfico 4-3:	Curva de secado del almidón de Camote – Vía Húmeda	39
Gráfico 5-3:	Representación de TVS de los biofilms de Zanahoria Blanca.....	53
Gráfico 6-3:	Representación de TVS de los biofilms de Camote	53
Gráfico 7-3:	Diagrama de métodos de extracción de almidones	54
Gráfico 8-3:	Propiedades de Tracción de los biofilms de Zanahoria Blanca y de Camote	56

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1-2:	Porcentaje de ceniza.....	29
Ecuación 2-2:	Porcentaje de Humedad.....	32
Ecuación 3-2:	Porcentaje de solubilidad	33
Ecuación 4-2:	Grado de transmisión de vapor.....	33
Ecuación 5-2:	Rendimiento del proceso de degradación	34
Ecuación 1-3:	Porcentaje de rendimiento de extracción de almidón	48

INDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** PORCENTAJE DE AMILOSA DEL ALMIDÓN DE ZANAHORIA BLANCA Y DE CAMOTE
- ANEXO B:** PROPIEDADES DE TRACCIÓN DE LOS BIOFILMS DE ZANAHORIA BLANCA
- ANEXO C:** PROPIEDADES DE TRACCIÓN DE BIOFILMS DE CAMOTE
- ANEXO D:** MÉTODO DE EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN POR VÍA SECA
- ANEXO E:** MÉTODO DE ALMIDÓN POR VÍA HÚMEDA
- ANEXO F:** ENSAYOS REALIZADOS A LOS ALMIDONES
- ANEXO G:** BIOFILMS DE ALMIDÓN DE ZANAHORIA BLANCA Y DE CAMOTE A ENSAYAR
- ANEXO H:** ENSAYOS FÍSICOS REALIZADOS A LOS BIOFILMS

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo extraer biofilms a partir de zanahoria blanca y de camote para usar como recubrimiento para alimentos. Se extrajo almidón por vía húmeda obteniendo un rendimiento de 10,6% para almidón de zanahoria blanca y de 14,8% para el almidón de camote, se realizaron ensayos a los almidones en base a la norma INEN 1456, se obtuvieron resultados favorables los cuales están dentro de la norma establecida. Se realizó ensayos preliminares para determinar las condiciones adecuadas para elaborar biofilms y son: tiempo de secado 3 horas a 60°C, se necesita del 20 -40% de almidón y entre 12-16 % de plastificante, para la formación de biofilms de zanahoria blanca y del 10–30% de almidón y 8–12% de plastificante para la formación de biofilms de camote. También se realizaron pruebas físicas y mecánicas a los biofilms, se obtuvo un espesor promedio de 0,2mm, solubilidad obteniendo 68% y 61% de esta para biofilms de zanahoria blanca y de camote respectivamente, biodegradabilidad se necesita un periodo de 25-30 días para que los biofilms se degraden esto los convierte en plásticos compostables según lo establecido en la norma INEN 2643. Finalmente se realizaron pruebas de permeabilidad de vapor en base a la norma ASTM D1653-93 de esto se escogió los tres con menor permeabilidad para determinar de estas las propiedades de tracción INEN 2635, las concentraciones con mejores propiedades fueron **C3A** para camote y **Z1C** para el de zanahoria blanca. **C3A** tiene un módulo de elasticidad de 5,985MPa , esfuerzo máximo 1,89Mpa y **Z1C** con módulo de elasticidad de 5,820MPa , esfuerzo máximo 0,54Mpa estos resultados son menores a resultados obtenidos en otras investigaciones debido al porcentaje de amilosa presente en los almidones para mejorar estas propiedades se deben modificar mediante métodos físicos y químicos.

Palabras clave: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <BIOFILM>, <ALMIDON>, < ZANAHORIA BLANCA (*Arracacia Xanthorrhiza*)>, < CAMOTE (*Ipomoea Batatas*) >, <AMILOSA>, <AMILOPECTINA>, <PROPIEDADES DE TRACCIÓN>.



ABSTRACT

The research had as objective to extract biofilms from white carrot and sweet potato to use them as a food coating. Wet starch was extracted obtaining a yield of 10.6% for white carrot starch and 14.8% for sweet potato starch, starch tests were performed based on the INEN 1456 standard, favorable results were obtained, which are within the established norm. Preliminary tests were carried out to determine the appropriate conditions for making biofilms and they are: drying time 3 hours at 60 ° C, 20-40% of starch and between 12-16% of plasticizer is needed for the formation of sweet potato biofilms. Physical and mechanical tests were also carried out on the biofilms where an average thickness of 0.2mm was obtained, solubility obtaining 68% and 61% of it for white carrot and sweet potato biofilms, respectively, biodegradability is required for a period of 25-30 days so that the biofilms are degraded and this converts them into compostable plastics according to what is established in the INEN 2643 standard. Finally, steam permeability tests were performed based on the ASTM D1653-93 standard, of which the three with the lowest permeability were chosen to determine these traction properties INEN 2635, the concentrations with better properties were C3A for sweet potato and Z1C for white carrot. C3A has a modulus of elasticity of 5.985MPa, maximum effort 1.89MPa and Z1C with modulus of elasticity of 5.820MPa, maximum effort 0.54MPa these results are lower than results obtained in other investigations due to the percentage of amylose present in starches for improving these properties must be modified by physical and chemical methods.

Key words: <TECHNOLOGY AND SCIENCES OF THE ENGINEERING>, <BIOFILM>, <STARCH>, <WHITE CARROT (Arracacia Xanthorrhiza)>, <SWEET POTATO (Ipomoea Batatas)>, <AMILOSA>, <AMILOPECTINA>, <TRACTION PROPERTIES>.



INTRODUCCIÓN

La industria del plástico data a mediados del siglo XX y desde entonces el desarrollo de la esta industria ha sido evidente, se ha producido una gran gama de plásticos sintéticos que tiene buenas características y bajos costos. Por lo que estos han reemplazado artículos elaborados con otros materiales tanto a nivel doméstico como industrial, por ello su incremento ha sido exorbitante y es que al momento de desecharlo se genera una gran problemática ya que representa costos y más aún efectos adversos al ambiente.

La polución causada por películas de plástico en ecosistemas terrestres y marinos se reduciría si estos fueran biodegradables. En los últimos años muchos países se han puesto en la tarea de buscar alternativas que reemplacen materiales plásticos, como es el caso de Estados Unidos que ha firmado convenios para producir plásticos a partir de cultivos agrícolas, estos representan un costo menor que a los obtenidos de derivados de petróleo.

Ecuador es un país eminentemente agrícola con tierra muy productiva gracias a la ubicación geográfica que influye directamente en los pisos climáticos resultando por ello en una variedad infinita de productos.

El sector agrícola necesita ideas novedosas de producción que aproveche cada uno de los recursos que nuestro país ofrece.

En la región interandina el uso de las raíces y los tubérculos constituye una fuente fundamental en la alimentación y en la industria, esta ocupa el segundo lugar en área sembrada y volumen de producción mundialmente con 47 523 000 ha y 556 676 000 toneladas. (Meza et al. 2015)

Los Andes es una zona de agricultura tradicional que puede ser considerada como un MACROCENTRO de conservación de la biodiversidad de cultivos andinos especialmente raíces y tubérculos.

Una de las aplicaciones es realizar un estudio para el proceso de plastificado de estos almidones como producto alternativo para reemplazar el uso del plástico derivado del petróleo. Además, industrialmente se busca generar un valor agregado a la zanahoria blanca y al camote (Obtención del colorante natural del camote, 2018) y mejorar las condiciones de vida de pequeños agricultores.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEORICO REFERENCIAL

1.1 Identificación del Problema

En la actualidad el plástico representa uno de los mayores problemas de contaminación ambiental, debido a que su tiempo de degradación es mayor a 3 00 años y pese múltiples programas de concientización en el tema de reciclaje no se ven resultados prometedores para minimizar este problema.

El volumen total de todo el plástico producido en el mundo es de 3000 millones de toneladas, 6.3 millones de toneladas de estas son residuos, y el 79% de ellos se encuentran en vertedero o esparcidos en la naturaleza.

En la capital del Ecuador se producen 2227.36 toneladas de desechos sólidos de los cuales 233.35 toneladas corresponde a plásticos. (Medina, 2018)

1.2 Justificación de la Investigación

Ecuador es un país eminentemente agrícola con tierra muy productiva gracias a la ubicación geográfica que influye directamente en los pisos climáticos resultando por ello en una variedad infinita de productos.

El sector agrícola necesita ideas novedosas de producción que aproveche cada uno de los recursos que nuestro país ofrece.

En la región interandina el uso de las raíces y los tubérculos constituye una fuente fundamental en la alimentación y en la industria, esta ocupa el segundo lugar en área sembrada y volumen de producción mundialmente con 47 523 000 ha y 556 676 000 toneladas. (Meza et al. 2015)

Los Andes es una zona de agricultura tradicional que puede ser considerada como un MACROCENTRO de conservación de la biodiversidad de cultivos andinos especialmente raíces y tubérculos. (Meza et al. 2015)

Las condiciones ecológicas en los Andes, como temperatura o precipitaciones, son factores que han favorecido la evolución de ciertas especies como lo son las raíces y tubérculos.

Es conveniente utilizar la zanahoria blanca y el camote como materia prima ya que por falta de conocimiento de estos no son aprovechados, también beneficiará a pequeños agricultores, se incrementará la producción agrícola de estos y por ende habrá más plazas de trabajo.

La contaminación causada por materiales plásticos derivados del petróleo en los últimos años se ha incrementado en gran medida por ello es que debemos buscar soluciones para reducir este problema que no solo afecta a nuestro país sino también al mundo. Por ello en este proyecto se plantea como alternativa la utilización de tubérculos como base orgánica para la elaboración de biofilms que ayudará a reducir la contaminación ambiental, también beneficiará al sector agrícola y así al desarrollo de nuestro país.

Debido al problema expuesto anteriormente se propone la obtención de biofilms a partir del almidón de zanahoria blanca (*Arracacia Xanthorrhiza*) y de camote (*Ipomoea Batatas*) como una alternativa más amigable con el ambiente ya que proviene de materia orgánica su tiempo de degradación será considerablemente menor a la de un plástico proveniente del petróleo.

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 General

- Obtener biofilms a partir del almidón de zanahoria blanca (*Arracacia Xanthorrhiza*) y de camote (*Ipomoea Batatas*)

1.3.2 Específicos

- Obtener el almidón de la zanahoria blanca (*Arracacia Xanthorrhiza*) y de camote (*Ipomoea Batatas*).
- Evaluar el porcentaje de rendimiento de los almidones extraídos.
- Realizar la caracterización fisicoquímica del almidón de la zanahoria blanca y de camote en base a la norma INEN 1456 (Reactivos para análisis. Almidón soluble. Métodos de ensayo).
- Obtener los biofilms a nivel de laboratorio a partir del almidón de la zanahoria blanca y de camote

- Validar los biofilms obtenidos mediante su caracterización en base a las normas INEN 2635 (Método de Ensayo para las propiedades de Tracción de Láminas Plásticas Delgadas) ASTM D1653-93(Método de prueba estándar para la transmisión de vapor de agua de películas de revestimiento orgánicas).

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1 Antecedentes de la Investigación

La industria del plástico data a mediados del siglo XX y desde entonces el desarrollo de la esta industria ha sido evidente, se ha producido una gran gama de plásticos sintéticos que tiene buenas características y bajos costos. Por lo que estos han reemplazado artículos elaborados con otros materiales tanto a nivel doméstico como industrial, por ello su incremento ha sido exorbitante y es que al momento de desecharlo se genera una gran problemática ya que representa costos y más aún efectos adversos al ambiente.

La polución causada por películas de plástico en ecosistemas terrestres y marinos se reduciría si estos fueran biodegradables. En los últimos años muchos países se han puesto en la tarea de buscar alternativas que reemplacen materiales plásticos, como es el caso de Estados Unidos que ha firmado convenios para producir plásticos a partir de cultivos agrícolas, estos representan un costo menor que a los obtenidos de derivados de petróleo.

La implementación de material orgánico como base para la obtención de biopelículas es reciente. El primer biopolímero polihidroxialcanoatos (PHA) fue descubierto en 1925 y este fue sintetizado intracelularmente por algunos microorganismos como reserva de carbono y energía que, una vez extraídos de la célula, presentan propiedades físicas similares a plásticos derivados del petróleo. (Gonzales, 2018)

Se han realizados varios estudios como los mencionados anteriormente relacionados a la obtención de biopelículas a partir de almidón que presenten característica iguales o similares a sus homólogos sintéticos algunos de ellos se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 1-2: Estudios realizados sobre la obtención y estudio de películas biodegradables como antecedentes para la investigación

Nº	Año	Tipo	Nombre de la Investigación	Autor (es)	Lugar
1	2003	Libro	Raíces y Tubérculos Andinos: Alternativas para la conservación y uso sostenible en el Ecuador	Víctor H. Barrera, Cesar G. Tapia, Álvaro R. Monteros	Ecuador
2	2008	Artículo científico	Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México	Marilyn Hernández Medina; Juan Gabriel Torruco Uco; Luis Chel Guerrero; David Betancur Ancona	México
3	2011	Tesis	Desarrollo de un material para empaques de alimentos a partir de harina de yuca y fibra de fique	Diana Paola Navia Porras	Colombia
4	2012	Artículo Científico	Composición y procesamiento de películas biodegradables basadas en almidón	Mario Enríquez C., Reinaldo Velasco M., Vicente Ortiz G.	Colombia
5	2013	Tesis	Estudio comparativo en la elaboración de biofilm a partir de almidón de maíz (<i>Zea Mays</i>) y proteína de leche con adición de glicerina como agente plastificante	Moreno García, Alan Jymm	Perú
6	2015	Tesis	Obtención de plástico biodegradable a partir de almidón de patata	Mónica Margarita Charro Espinosa	Quito - Ecuador
7	2015	Tesis	Caracterización de bioplástico de almidón elaborado por el método de casting reforzado con albedo de maracuyá (<i>Passiflora edulis</i> spp.)	Jimmy Alcides Chariguamán Chanatasig	Honduras
8	2016	Tesis	Elaboración de bioplástico a partir de almidón residual obtenido de peladoras de papa y determinación de su biodegradabilidad a nivel de laboratorio	Meza Ramos Paola Nathali	Perú

Adaptado Por: PARRA, Joselyne.2019.

La gran parte de las investigaciones de la tabla anterior concluyen que la obtención de películas biodegradables a partir de almidón presenta un gran rendimiento, la amilasa presente en el almidón genera fuerzas polares que mejoran las propiedades mecánicas y de barrera de las películas biodegradables. La utilización de estas nuevas alternativas biodegradables a partir de materia orgánica va a reducir considerablemente la contaminación del planeta.

2.2 Marco Conceptual o Glosario

2.2.1 Tubérculos

2.2.1.1 Zanahoria Blanca (*Arracacia xanthorrhiza*)

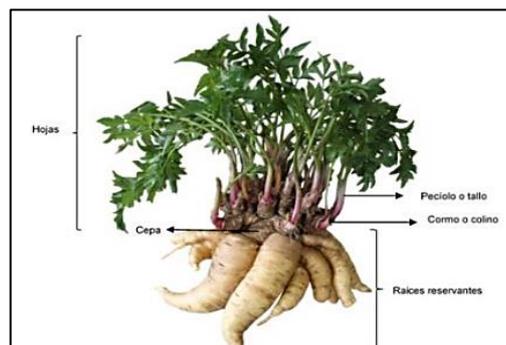


Figura 1-2: Zanahoria blanca

Fuente: (Parra,2018, p. 7)

Es una planta que se cultiva en las regiones Andinas, en las Antillas, en América Central, África y en Brasil. Históricamente es uno de los cultivos más antiguos y cuya domesticación precedió a la de la papa. Forma parte del grupo de los llamados tubérculos andinos como son también el camote (*Ipomoea batatas*), la mashua (*Tropaleum tuberosum*), el melloco (*Ullucus tuberosus*) y la oca (*Oxalis tuberosa*) que han formado gran parte de una dieta tradicional. (Rea, 1992)

Los cultivos de *A. xanthorrhiza* se encuentran entre 1500 y 3000 m de altura, bajo condiciones de temperaturas óptimas entre 15°C y 25 °C. Las estadísticas permiten estimar la producción ecuatoriana entre 12.000 y 24.000 toneladas anuales la producción se localiza principalmente en la a región de San José de Minas, provincia de Pichincha, Baños Tungurahua. (Espinoza, 1999).

2.2.1.1.1 Morfología de la planta

La zanahoria blanca es una planta herbácea caulescente, puede tener una altura entre 0,50 y 1,50m. Es una planta anual o bianual en relación a la producción de tubérculos. La cosecha se realiza de 10 a 12 meses antes de la floración.

- *Hojas*

Las hojas presentan fiolos laterales de 3 a 4 opuestos y uno terminal, pueden medir hasta 50cm. La coloración de las hojas varía de verde a rojo.

- *Tallo*

Es un tronco vertical, corto y rizomatoso puede llegar a alcanzar 10 cm de altura y se divide en la parte superior. Entre las raíces y el tallo se encuentra una estructura llamada corona y así se divide a la planta en dos partes en una aérea y a las raíces tuberosas. En la parte superior aparecen ramificaciones llamados hijuelos, hijos o brotes, un número de 10 a 30 y de donde nacen hojas.

- *Parte Tuberosa*

Está constituida principalmente por raíces, en número que varía de 4 a 10 salen de la parte inferior de la corona. Las raíces con cónicas, con una longitud de 5 a 25 cm y un diámetro entre 3 a 8 cm. La coloración amarilla de los tubérculos muestra que la planta tiene una mayor resistencia a adversidades climáticas y tiene un ciclo vegetativo más largo.

2.2.1.1.2 Taxonomía

Tabla 2-2: Taxonomía de la zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*)

No.	Reino	<i>Plantae</i>
1	División	<i>Spermatophyta</i>
2	Subdivisión	<i>Magnoliophyta (Angiospermae)</i>
3	Clase	<i>Magnoliatae (Dicotiledònea).</i>
4	Subclase	<i>Rosidae</i>
5	Orden	<i>Umbelales (Ariales)</i>
6	Familia	<i>Umbelliferae (Apiaceae).</i>
7	Subfamilia	<i>Apioideae</i>
8	Genero	<i>Arracacia</i>
9	Especie	<i>A. Xanthorrhiza</i>
10	Nombre Científico	<i>Arracacia Xanthorrhiza</i>
11	Nombre Común	Arracacha, racacha apio criollo, zanahoria blanca

Fuente: (Barrera, et al., 2003, p. 6)

Realizado por: PARRA, Joselyne.2019.

2.2.1.1.3 Suelo

En Ecuador, es común la producción de zanahoria blanca en altitudes desde 1500 a 3300msnm en suelos fértiles, con abundante materia orgánica, buen drenado y con un pH entre 5 y 6.

2.2.1.1.4 Clima

Requiere un clima templado, en el que no haya presencia de heladas, por lo cual su cultivo se lo realiza en la parte baja de las zonas agroecológicas. La temperatura óptima de cultivo es de 14 a 21 °C, debido a que temperaturas más bajas retrasan la maduración de los tubérculos y temperaturas más altas disminuyen su tamaño y afecta el crecimiento del follaje.

2.2.1.1.5 Características Físico-Química

Tabla 3-2: Composición química de la zanahoria blanca
(Arracacia xanthorrhiza)

Nº	CARACTERÍSTICA	ZABAHORIA BLANCA
1	Humedad (%)	81,19
2	Ceniza (%)	5,18
3	Proteína (%)	5,43
4	Fibra (%)	3,91
5	Carbohidrato Total (%)	84,33
6	Ca (%)	0,15
7	P (%)	0,17
8	Mg (%)	0,0065
9	Na (%)	0,018
10	K(%)	1,30
11	Cu(ppm)	8,30
12	Fe(ppm)	139,5
13	Mn(ppm)	9,50
14	Zn(ppm)	9,10
15	I(ppm)	0,21
16	Azúcar Total (%)	6,91
17	Azúcares Reductores (%)	4,81
18	Energía (kcal/100g)	389,0
19	Vitamina C(mg/100 g mf)	13,94

Fuente: (Barrera, et al., 2003, p. 6)

Realizado por: PARRA, Joselyne.2019.

2.2.1.2 Camote (*Ipomoea batatas*).



Figura 2-2: Camote

Fuente: (De los Santos ,2018, p. 7)

El camote (*Ipomoea batatas L.*) es un tubérculo que se cultiva alrededor del mundo con una producción mundial de 150 millones de toneladas. (Basurto et al., 2015)

Son plantas perennes y se desarrollan por medio de fragmentos de guía con una longitud de 30 – 40 cm, de los cuales se planta 2/3 partes y se extiende horizontalmente sobre el suelo formando un follaje bajo. (Conabio, 2009)

El camote es nativo de nuestra región y tiene una diversidad de usos desde alimenticios, así como para fines industriales como en la producción de alcohol, chifles, harinas, almidón, etc.

2.2.1.2.1 Morfología de la planta

- *Hojas*

Son simples de intersección aislada sobre el tallo, su forma generalmente puede ser ovalada, pueden llegar a tener una longitud de 4 a 20 cm. Presentan una coloración semejante al tallo.

- *Tallo*

Existen una gran variedad de tallos pueden ser como guías o tallos muy cortos, de tipo arbustivo erecto, la longitud en cultivos enanos puede ser de 10 a 30 cm y cultivos comunes hasta 6m. tiene un grosor entre 4 y 6mm, tiene poca ramificación, presenta una coloración verde generalmente pero también se pueden encontrar rojizos o combinación de colores.

- *Parte Tuberosa*

Los camotes se originan en los nudos del tallo que se encuentran bajo tierra, se desarrollan hasta adquirir una longitud de 30cm y un diámetro de 20cm. Las batatas presentan una forma esferoidal,

elipsoide, ovoidea más o menos irregular, su coloración se debe a la variedad a la que pertenecen puede ser blanco, bronceado, rosado, rojo, morado o combinación de colores.

2.2.1.2.2 Taxonomía

Tabla 4-2: Taxonomía del camote (*Ipomoea batatas*)

Nº	Reino	<i>Plantae</i>
1	Subreino	<i>Tracheobionta</i>
2	División	<i>Maganoliophyta</i>
3	Clase	<i>Magnoliopsida</i>
4	Subclase	<i>Asteridae</i>
5	Orden	<i>Solanales</i>
6	Familia	<i>Convolvulaceae</i>
7	Subfamilia	<i>Ipomoeae</i>
8	Genero	<i>Ipomoea</i>
9	Especie	<i>I.batatas</i>
10	Nombre Científico	<i>Ipomoea batatas</i>
11	Nombre Común	Camote, papa dulce, moniato, batata

Fuente: (Folquer, et al., 1985, p. 22)

Realizado por: PARRA, Joselyne.2019.

2.2.1.2.3 Suelo

Crece y se produce en cualquier tipo de suelo, en suelos arenosos se cosechan camotes de mejor calidad hasta los arcillosos en los cuales se producen tubérculos con superficies rugosas y malformaciones, es una planta que puede tolerar variaciones de acides que puede estar entre un pH de 4,5 a 7,5, si bien los niveles óptimos están entre 5,6 y 6,5.

2.2.1.2.4 Clima

Es una planta de origen tropical es sensible a temperaturas por debajo a 0°C. Y durante su crecimiento requiere temperaturas por encima de 22°C. Necesita gran luminosidad, fotoperiodo largo y altas temperaturas

Tabla 5-2: Composición química del Camote

Nº	CARACTERÍSTICA	CAMOTE (Unidad/100g)
1	Materia seca	31,07 – 33,76 g
2	Cenizas	2,13 – 2,54g

Continua

Continúa

3	Fibra cruda	2,33 – 2,65g
4	Proteína	4,29 – 5,08g
5	Na	19 – 55mg
6	K	200 – 385mg
7	P	47 – 55 mg
8	Ca	7 – 34mg
9	Mg	18 – 25mg
10	Fe	0,61 -1mg
11	Cu	0,151mg

Fuente: (Vidal, et al., 2018, p. 8)

Realizado por: PARRA, Joselyne.2019.

2.2.2 Biofilm o Biopelícula

Son películas plásticas usadas como un sustituto a los plásticos derivados del petróleo, su tiempo de degradación es considerablemente menor a los que conocemos o a los que usamos diariamente. Están compuestos por sustancias orgánicas como almidones con la ayuda de plastificantes los cuales interactúan para dar un aspecto similar a los plásticos comerciales. Son biopelículas o biofilms debido a que tienen un espesor menor a 1mm y se pueden utilizar para el recubrimiento de alimento o de medicamentos.

2.2.3 Polisacáridos

Son utilizados en la producción de alimentos como estabilizante, gelificante, espesante y como formadores de películas destinadas a consumo. Los polisacáridos se obtienen a partir de vegetales entre ellos están la celulosa y almidón; de los polisacáridos obtenidos de algas están los alginatos, las carrageninas y el agar; y de los macroorganismos incluyen el dextrano y la goma, entre otros.

2.2.3.1 Almidón

El almidón es la reserva de carbohidratos más abundante en las plantas y se encuentra en las hojas, flores, frutos, semillas, diferentes tipos de tallos y raíces. El almidón es utilizado por las plantas como fuente de carbono y energía (Smith, 2001). El almidón se almacena y se moviliza cíclicamente durante la germinación de las semillas, la maduración de los frutos y el brote de los

tubérculos (Ellis et al., 1998). Las principales fuentes de almidón son los cereales (40 a 90%), las raíces (30 a 70%), los tubérculos (65 a 85%), las legumbres (25 a 50%) y algunas frutas inmaduras como los plátanos o los mangos, que contienen aproximadamente el 70% de Almidón por peso seco. (Santana y Meireles, 2014).

El almidón es la segunda biomasa más grande producida en la tierra. El almidón se compone principalmente de Amilosa y Amilopectina. El almidón con alto contenido de amilosa produce películas fuertes y es adecuado para la fabricación de plásticos biodegradables, y el almidón de gránulos pequeños es un relleno de película de polietileno adecuado. (Jane, 1995)

2.2.3.1.1 *Amilosa*

“Polímero de unidades de D-glucosa, unidas por enlaces α -1,4 glucosídicos, esencialmente lineal, aunque muchas moléculas muestran unas pocas ramificaciones α -1,6 (0,3 – 0,5 %). Las ramificaciones son o muy cortas o muy largas y están separadas por grandes distancias, permitiendo a la molécula actuar como un polímero lineal”. (Charro, 2015).

Los almidones ricos en amilosa mantienen su forma cuando se moldea; gelifican mientras los almidones sin amilosa espesan, pero no gelifican. La amilosa puede formar una cuarta parte del granulo de almidón.

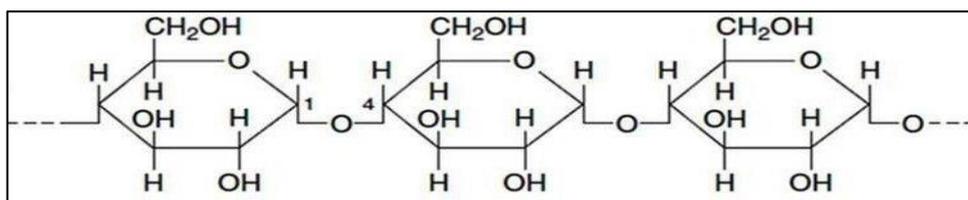


Figura 3-2: Estructura molecular de la amilosa

Fuente: (Moreira, 2014, p. 16)

2.2.3.1.2 *Amilopectina*

La amilopectina constituye generalmente el 80% de los almidones, está formado por cadenas de glucosa unidas por enlaces α (1,4) glucosídicos. A diferencia de la amilosa, en la amilopectina tiene ramificaciones que le dan una apariencia parecida a la de un árbol, estas ramificaciones están localizadas cada 25 – 30 unidades de glucosa por enlaces α -D- (1,6). Las ramificaciones hacen que la Amilopectina sea menos soluble en agua que la amilosa y que tengan un peso molecular alto de hasta 200 millones de dáltones. (Moreira, 2014)

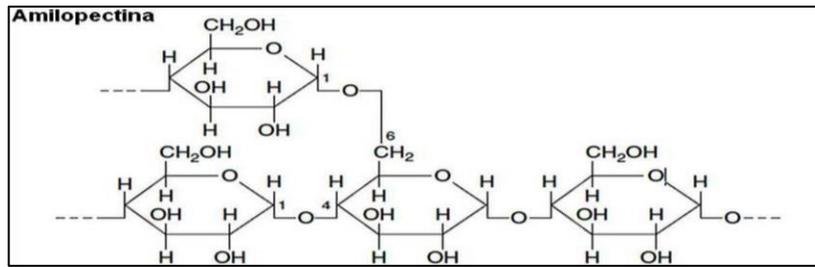


Figura 4-2: Estructura molecular de la amilopectina

Fuente: (Moreira, 2014, p. 16)

2.2.4 *Ácido Acético (C₂H₄O₂)*

El ácido acético es un ácido carboxílico y ha sido conocido durante muchos años por la humanidad. Se descubrió como vinagre debido a que el vino se echó a perder. Hoy en día el ácido acético no se usa solamente como vinagre para acompañado de ensaladas. También se utiliza como agente antimicrobiano, antifúngicas y conservante natural, utilizado en tecnología de conservación.

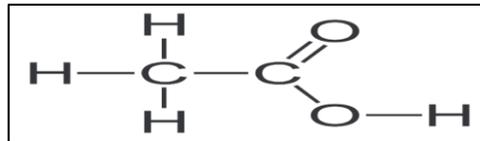


Figura 5-2: Estructura molecular de ácido acético

Fuente: (Moreira, 2014, p. 16)

2.2.5 *Agua destilada*

Es agua que por medio de una destilación se libera de iones e impurezas, obtendremos un agua sin cloruros, calcio, magnesio y fluoruros. Debido a que está libre de contaminantes se utiliza en varias industrias como son: alimenticia, cosméticos, de aseo, también en hospitales y en laboratorios.

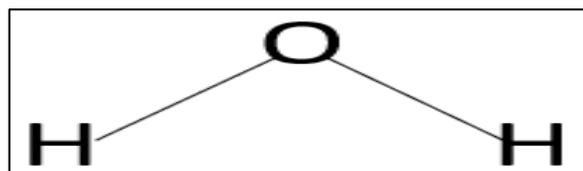


Figura 6-2: Estructura molecular del agua

Fuente: (Moreira, 2014, p. 16)

2.2.6 *Plastificante*

Un plastificante es una sustancia inodora, de volatilidad baja e incolora se utilizan en la obtención de plásticos para ayudar a aumentar su flexibilidad y alargamiento. Cuando se añade a otro tipo de sustancia altera sus propiedades físicas/ mecánicas. 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 más eficaz el glicerol, facilita la movilidad de cadenas del almidón poliméricas como acción lubricante. Estos evitan que las láminas se dañen durante la manipulación o su almacenamiento, pero estos pueden afectar a la permeabilidad de vapor.

2.2.6.1 *Glicerol*

Es un trihidroxialcohol 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.

2.2.7 *Método Casting*

Esta técnica se utiliza a nivel de laboratorio es también conocida como técnica de vaciado en placas o gelatinización térmica, esta se usa para formar películas a partir de un polímero formador en solución. Por ello se realiza un calentamiento con exceso de agua, la solución obtenida se vierte en placas o soportes para posteriormente secar a determinadas condiciones, y para que finalmente se saque la película de la placa.

2.3 Planteamiento de las Hipótesis

2.3.1 Hipótesis General

- Los biofilms obtenidos a partir del almidón de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) y de camote (*Ipomoea batatas*) pueden utilizarse como sustituyentes de materiales plásticos derivados del petróleo utilizado en la vida diaria y constituirá una opción más amigable con el ambiente.

2.3.2 Hipótesis Específicas

- Es posible extraer almidón de la zanahoria blanca (*Arracacia Xanthorrhiza*) y de camote (*Ipomoea Batatas*) por medio del proceso de extracción por vía húmeda.
- La evaluación del porcentaje de rendimiento del proceso de extracción de los almidones nos muestra que la materia prima es aceptable para obtener almidón y para su posterior aplicación en la obtención de biofilm.
- Los almidones obtenidos presentan propiedades de calidad dentro de los parámetros establecidos para su posterior uso como materia prima en la obtención de biofilm.
- Mediante el método de casting es posible determinar concentraciones óptimas de los reactivos para obtener biofilm de calidad, así como también nos permitirá establecer las condiciones adecuadas en las que se da el proceso.
- Los biofilms obtenidos presentan propiedades de calidad tanto cualitativas como cuantitativas que son verificadas en las normas INEN 2635 (Método de Ensayo para las propiedades de Tracción de Láminas Plásticas Delgadas) y ASTM D1653-93(Método de prueba estándar para la transmisión de vapor)

2.4 Identificación de Variables

Tabla 6-2: Identificación de variables

Nº	Proceso	Variables Independientes	Variables dependientes
1	Extracción del Almidón	Peso materia prima	Volumen de agua destilada Concentración de reactivos
2	Secado	Temperatura	Humedad Tiempo de Secado Velocidad de Secado Rendimiento de Secado
3	Tamizado	Rendimiento	Contenido de Amilasa Rendimiento del secado pH Solubilidad Ceniza Humedad Temperatura de Gelatinización Densidad aparente
4	Obtención de biofilms	Temperatura	Tiempo de secado Concentración de reactivos Solubilidad Absorción de humedad Resistencia Elongación

Realizado por: PARRA, Joselyne.2019.

2.5 Operacionalización de Variables

Tabla 7-2: Operacionalidad de Variables

CATEGORÍA	CONCEPTO	DIMENSIONES	VARIABLES	INDICADORES	ÍNDICE
Obtener biofilms a partir del almidón de zanahoria blanca (<i>Arracacia Xanthorrhiza</i>) y de camote (<i>Ipomoea Batatas</i>)	Biofilm se denominan a películas plásticas procedentes de materia prima orgánica y de fácil biodegradación	Obtener el almidón de la zanahoria blanca (<i>Arracacia Xanthorrhiza</i>) y de camote (<i>Ipomoea Batatas</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura • Tiempo de secado • Humedad 	°K s %	
		Determinar el porcentaje de rendimiento de los almidones extraídos	<ul style="list-style-type: none"> • Peso del almidón obtenido • Rendimiento de Amilosa 	g %	Continua
		Realizar la caracterización fisicoquímica del almidón de la zanahoria blanca y de camote.	<ul style="list-style-type: none"> • pH • Solubilidad • Ceniza • Humedad • Temperatura de Gelatinización • Densidad aparente 	% % % °K Kg/L	<ul style="list-style-type: none"> • INEN 1456 • Métodos físicos
		Obtener los biofilms a nivel de laboratorio a partir del almidón de la zanahoria blanca y de camote.	<ul style="list-style-type: none"> • Composición de los reactivos • Temperatura • Tiempo de secado 	Kg °K s	
		Validar los biofilms mediante su caracterización en base a normativa establecida.	<ul style="list-style-type: none"> • Espesor • Propiedades de tracción • Permeabilidad al vapor • Humedad y solubilidad en agua • Biodegradabilidad 	Kg/ cm ² Kg %	<ul style="list-style-type: none"> • NTE INEN 2635 • ASTM D882 • ASTM D1653-93 • Métodos físicos

Realizado por: PARRA, Joselyne.2019.

2.6 Matriz de Consistencia

Tabla 8-2: Matriz de Consistencia				
ASPECTOS GENERALES				
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS		
La utilización de plásticos en general provenientes del petróleo generan uno de los mayores índices de contaminación por lo que es necesario reemplazarlos por opciones que no representen una amenaza al ambiente	Obtener biofilms a partir del almidón de zanahoria blanca (<i>Arracacia Xanthorrhiza</i>) y de camote (<i>Ipomoea Batatas</i>)	Los biofilms obtenidos a partir del almidón de zanahoria blanca (<i>Arracacia Xanthorrhiza</i>) y de camote (<i>Ipomoea Batatas</i>) pueden utilizarse como sustituyentes de materiales plásticos derivados del petróleo utilizado en la vida diaria y constituirá una opción más amigable con el ambiente.		
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Variables	Técnicas
Se desconoce el método para la extracción de almidón a partir de la materia prima seleccionada	Obtener el almidón de la zanahoria blanca (<i>Arracacia Xanthorrhiza</i>) y de camote (<i>Ipomoea Batatas</i>).	Es posible extraer almidón de la zanahoria blanca (<i>Arracacia Xanthorrhiza</i>) y de camote (<i>Ipomoea Batatas</i>) por medio del proceso de extracción por vía húmeda.	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura • Tiempo • Humedad 	<ul style="list-style-type: none"> • Elaboración de curva de secado • Medición del tiempo de secado • Cálculo del rendimiento del secado
Se desconoce si los tubérculos seleccionados para el estudio tienen un porcentaje significativo de almidón	Evaluar el porcentaje de rendimiento de los almidones extraídos.	La evaluación del porcentaje de rendimiento del proceso de extracción de los almidones nos muestra que la materia prima es aceptable para obtener almidón y para su posterior aplicación en la obtención de biofilm.	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad de almidón extraído • Contenido de Amilosa 	<ul style="list-style-type: none"> • Extracción de almidón por vía húmeda y seca • Cálculo del rendimiento del proceso • Espectrofotometría

Continua

<p>¿El almidón cumple con los parámetros establecidos en la norma?</p>	<p>Realizar la caracterización fisicoquímica del almidón de la zanahoria blanca y de camote.</p>	<p>Los almidones obtenidos presentan propiedades de calidad dentro de los parámetros establecidos para su posterior uso como materia prima en la obtención de biofilm.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • pH • Solubilidad • Ceniza • Humedad • Temperatura de Gelatinización • Densidad aparente 	<ul style="list-style-type: none"> • NTE INEN 1456 • Métodos físicos
<p>¿Qué condiciones de operación son las adecuadas para la obtención de biofilms?</p>	<p>Obtener los biofilms a nivel de laboratorio a partir de la zanahoria blanca y de camote</p>	<p>Mediante el método de casting es posible determinar concentraciones óptimas de los reactivos para obtener biofilm de calidad, así como también nos permitirá establecer las condiciones adecuadas en las que se da el proceso.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Composición de los reactivos • Temperatura • Tiempo de secado 	<ul style="list-style-type: none"> • Variación de la composición • Temperatura determinada • Variación del tiempo de secado
<p>¿Los biofilms obtenidos presenten características de calidad para su uso?</p>	<p>Validar los biofilms obtenidos mediante su caracterización en base a las normas ASTM D882 y ASTM D1653-93</p>	<p>Los biofilms obtenidos presentan propiedades de calidad tanto cualitativas como cuantitativas en base a la norma ASTM D882 y ASTM D1653-93 que satisfacen los requerimientos necesarios para sus posteriores usos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Propiedades de tracción • Permeabilidad al vapor • Humedad y solubilidad en agua 	<ul style="list-style-type: none"> • ASTM D882 • NTE INEN 2635 • ASTM D1653-93 • Métodos físicos

Realizado por: PARRA, Joselyne.2019.

2.7 Tipo y Diseño de Investigación

La presente investigación es de tipo experimental, para lograr determinar la composición adecuada para la obtención de biofilms a partir del almidón de la zanahoria blanca y del camote, además de identificar las características de cáldida para ello se estudiaron las diferentes investigaciones existentes para analizar los métodos descritos en cada una de ellas y guiarnos en la realización de este proyecto de tesis.

El presente estudio es de tipo cualitativo y cuantitativo ya que realizarán análisis de laboratorio y ensayos para la obtención de biofilms los cuales nos brindarán resultados que permitirán establecer variables de procesamiento en el presente estudio.

2.8 Unidad de Análisis

El objetivo de estudio es la obtención de biofilms a partir del almidón de zanahoria blanca (*Arracacia Xanthorrhiza*) y de camote (*Ipomoea Batatas*) para lo cual se realizaran tres diferentes composiciones en las que se variaran las condiciones de operación como son la temperatura y composición de secado dándonos como producto por cada composición tres biofilms, mediante una evaluación preliminar se seleccionara los biofilms con mejores características , a estos se realizaran pruebas para determinar las propiedades de tracción en base a la norma NTE INEN 2635 y posteriormente se realizaran pruebas de biodegradabilidad por medio de métodos físicos.

2.9 Población de Estudio

La población de estudio corresponde a muestreos de la zanahoria blanca (*Arracacia Xanthorrhiza*) y de camote (*Ipomoea Batatas*); se realiza en lugares comunes como: zonas de gran altitud de la ciudad de Baños de Agua Santa; se efectuará un muestreo para seleccionar a los mejores ejemplares, siendo su principal característica el grado de madurez en el que se encuentran, libre de manchas de descomposición.

2.10 Tamaño de Muestra

Se realizará la extracción del almidón de zanahoria blanca y de camote por vía húmeda y por vía seca se tomará datos de la muestra inicial y se determinará el rendimiento.

Tabla 9-2: Secado de Almidón

Almidón Proceso	Zanahoria Blanca	Camote
Secado	1	1

Realizado Por: PARRA, Joselyne.2019.

Del proceso de secado se obtendrán 1 curva de secado por cada materia prima

Tabla 10-2: Muestreo de la obtención de biofilm a temperatura constante partir del almidón de la zanahoria blanca

a

Nº	Composición	Concentración de Plastificante	Zanahoria Blanca
1	Z1	G1	1
2		G2	2
3		G3	3
4	Z2	G1	1
5		G2	2
6		G3	3
7	Z3	G1	1
8		G2	2
9		G3	3

Realizado Por: PARRA, Joselyne.2019.

Tabla 11-2: Muestreo de la obtención de biofilm a temperatura constante del almidón del camote.

Nº	Composición	Concentración de Plastificante	Zanahoria Blanca
1	C1	G1	1
2		G2	2
3		G3	3
4	C2	G1	1
5		G2	2
6		G3	3
7	C3	G1	1
8		G2	2
9		G3	3

Realizado Por: PARRA, Joselyne.2019.

En el proceso de obtención de biofilms se tomará como base una solución de almidón y se variará la concentración de plastificante y el tiempo a una temperatura determinada hasta encontrar los resultados más favorables.

2.11 Selección de Muestra

La selección de muestra de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) y de camote (*Ipomoea batatas*) se realizará en la región sierra tomando en cuenta la producción agrícola en el mercado mayorista de la ciudad de Baños de Agua Santa.

Las principales características que tomaremos en cuenta para la selección de la materia prima serán las siguientes:

- Madurez
- Libre de manchas
- Tamaño de mediano a grande
-

Las muestras con las que se obtendrá biofilms son extraídas a partir de diferentes composiciones en las que se variaran las condiciones de operación como son la temperatura, y composición, dándonos como producto por cada composición tres tipos de biofilms y de las tres composiciones obtendremos nueve biofilms, estos se evaluarán por medio de la determinación de porcentaje de humedad, la elongación y la flexión, eligiendo de cada composición uno con el mejor rendimiento, y para encontrar el más adecuado se procederá a realizar pruebas de biodegradación.

2.12 Técnicas de Recolección de Datos

2.12.1 Extracción de Almidones

2.12.1.1 Técnicas de extracción del Almidón de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) y de camote (*Ipomoea batatas*)

Tabla 12-2: Técnicas de extracción de almidón de Zanahoria Blanca y de Camote

Nº	Método	Materiales y Equipos	Reactivo	Procedimiento	Método de Ensayo
1	<i>Vía Húmeda</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Licuadora industrial • Cuchillos • Balanza • Probetas • Espátula • Vidrio de reloj • Cronómetro • Recipiente de vidrio • Recipientes de plástico • Tela filtrante • Secador de bandejas eléctrico tipo armario • Papel aluminio • Guantes aislantes • Fundas ziploc • Mortero y pistilo 	<ul style="list-style-type: none"> • Agua • Zanahoria blanca • Camote • Metabisulfito de sodio (Na₂S₂O₅) • Agua destilada 	<ul style="list-style-type: none"> • Lavar, pelar, y trocear los tubérculos. • Sumergirlos en solución al 0,5% de agua destilada y metabisulfito de sodio por aproximadamente 15min. • Retirar los trozos de materia prima de la solución y procedemos a licuar junto con agua destilada, por cada 0,5Kg de materia prima 1L de agua destilada. • Filtrar para separar los residuos de la materia prima y así obtener una suspensión. • Dejar reposar 8 horas para que se forme un sedimento. • Se retira el exceso de agua. • Pesar el sedimento (almidón húmedo) obtenido. • Con los residuos separados del paso 4 se repite dos veces el proceso de filtrado. • Secar el sedimento a una temperatura de 60°C, se distribuye en las bandejas procurando que sea de forma homogénea, utilizar el número de bandejas necesarias 	(Charro,2015)

Continua

Continúa

				<ul style="list-style-type: none"> • Pesar las muestras cada 30 min hasta que alcance un peso constante. • Moler la muestra con un mortero y pistilo hasta reducir hasta una granulometría de 106 µm • 2Finalmente se almacena en recipientes herméticos y se mantiene a una temperatura de 22°C. (Brito, 2019) 	
2	<i>Vía Seca</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Rallador • Molino De Bolas • Secador Tipo Armario • Torre De Tamices • Guantes aislantes • Recipientes • Cuchillos • Balanza • Papel aluminio • Cronómetro 	<ul style="list-style-type: none"> • Agua • Zanahoria blanca • Camote • Metabisulfito de sodio (Na₂S₂O₅) • Agua destilada 	<ul style="list-style-type: none"> • Lavar, pelar y pesar los tubérculos. • Rayar cada uno de los tubérculos para liberar los gránulos de almidón. • Se realiza un pre – deshidratado a una temperatura de 45°C hasta eliminar un 45% de humedad. • Se realiza un pre – molienda la cual consiste en moler el producto húmedo en un molino de bolas con el fin de facilitar la separación de los granos de almidón, se realiza por 10 min. • Luego se realiza un secado al producto a 60°C hasta obtener pesos constantes, • Se realiza molienda y tamiza hasta una luz de malla de 106 µm para separar la fibra del almidón, y se almacena el producto en envases herméticos a temperatura ambiente. 	(Cobana,2013)

Realizado Por: PARRA, Joselyne.2019.

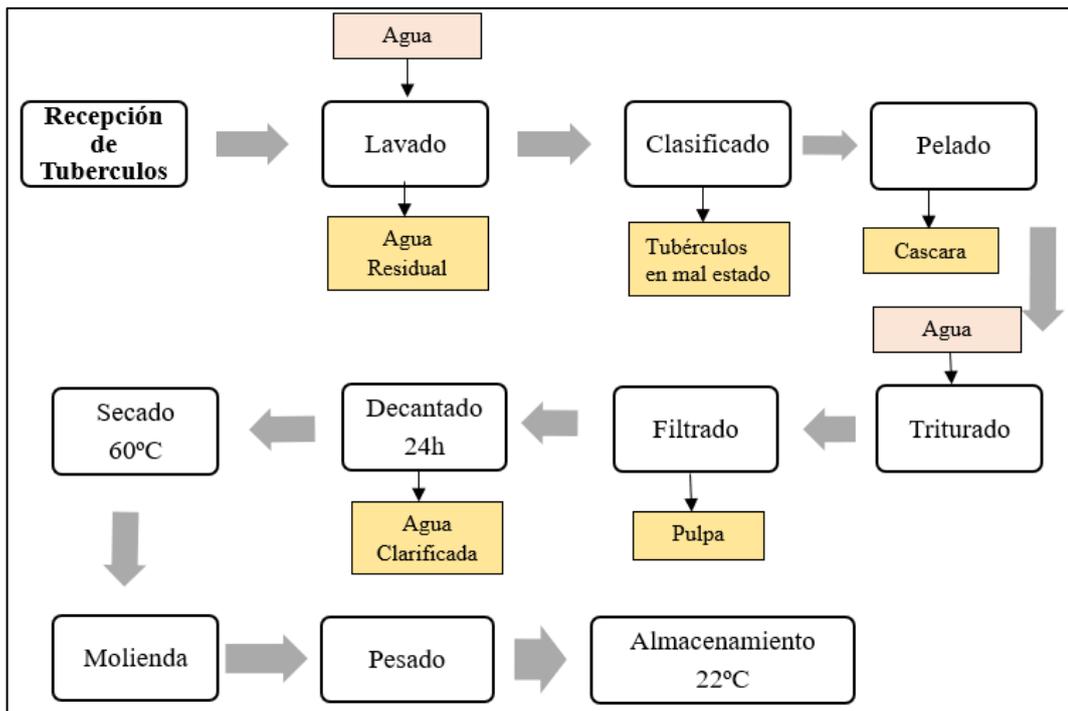


Gráfico 1-2: Diagrama de flujo de extracción de almidón por vía húmeda

Realizado Por: PARRA, Joselyne.2019.

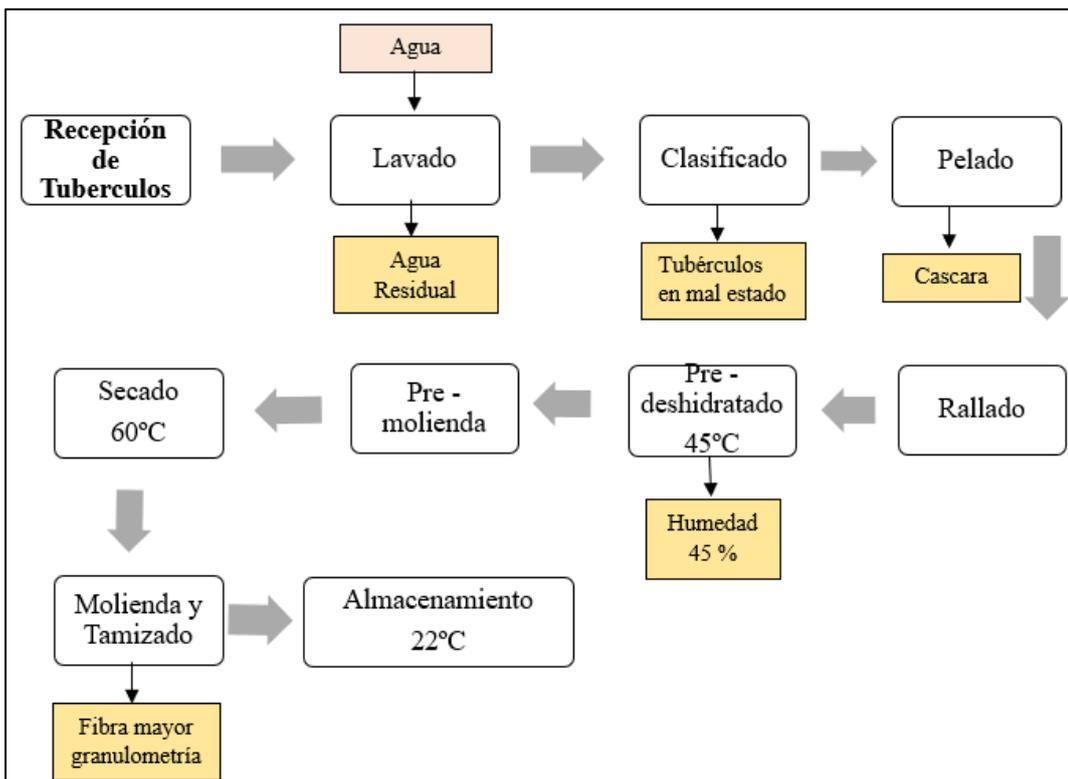


Gráfico 2-2: Diagrama de flujo de extracción de almidón por vía seca

Realizado Por: PARRA, Joselyne.2019.

2.12.1.2 *Análisis para realizar la caracterización de los almidones extraídos*

Tabla 13-2 : Ensayos para realizar la caracterización de los almidones

Nº	Análisis	Materiales y Equipos	Reactivo	Procedimiento	Fórmula para el Cálculo	Método de Ensayo
1	<i>Solubilidad</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Vaso de precipitación • Reverbero • Varilla de agitación 	<ul style="list-style-type: none"> • Agua destilada • Almidón de zanahoria blanca • Almidón de camote 	<ul style="list-style-type: none"> • Hacer una suspensión en un vaso de precipitación de 25 mL compuesta por 2g de almidón y 5 mL de agua fría y agitar. • Transferir la suspensión sobre 100ml de agua hirviendo contenidos en un vaso de 200mL y continuar la ebullición por 2 minutos. 	Medición cualitativa	INEN 1456
2	<i>pH</i>	<ul style="list-style-type: none"> • pH-metro normalizado a 25°C • vaso de precipitación • termómetro 	<ul style="list-style-type: none"> • Solución del ensayo de solubilidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Sumergir los electrodos en solución tampón pH7, 0 y ajustar el control a 25°C. • Lavar los electrodos con agua destilada y secar con papel suave absorbente. • Sumergir el electrodo en la solución realizada anteriormente debe estar a 25°C. 	Medición directa	INEN 1456

Continua

Continúa

<p>3</p>	<p><i>Temperatura de Gelatinización</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica • Vaso de precipitación • Reverbero • Varilla de agitación 	<ul style="list-style-type: none"> • Almidón de zanahoria blanca • Almidón de camote • Agua destilada 	<ul style="list-style-type: none"> • Pesar 10 g de almidón y colocar agua destilada, disolver y completar hasta 100mL. • Tomar 50mL de esta suspensión y colocarlo a baño maría con una temperatura de 85°C • Agitar constantemente hasta que se forme una pasta • Leer directamente la temperatura de gelatinización del termómetro. 	<p>Medición directa</p>	<p>Grace(2007)</p>
<p>4</p>	<p><i>Viscosidad de Brookfield.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Vaso de precipitación • Varilla de agitación • Reverbero • viscosímetro de Brookfield. 	<ul style="list-style-type: none"> • Almidón de zanahoria blanca • almidón de camote • Agua destilada 	<ul style="list-style-type: none"> • Pesar 25g de almidón, disolver en agua destilada hasta completar 500mL. • colocar la suspensión en un vaso de precipitación de 1000mL hasta ebullición por aproximadamente 15 min • finalmente enfriar el gel hasta los 25°C y • Leer directamente la viscosidad de un viscosímetro de Brookfield. 	<p>Medición directa</p>	<p>ISI 17-1 del International Starch Institute (2002)</p>

Continúa

<p>5</p>	<p><i>Contenido de Ceniza</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Crisoles • Balanza analítica • Mufla • Desecador 	<ul style="list-style-type: none"> • Almidón de zanahoria blanca • Almidón de camote 	<ul style="list-style-type: none"> • Pesar 1g de almidón en un crisol de porcelana previamente tarado, • colocar el crisol con la muestra en la mufla a 550°C durante tres horas y media, enfriar el crisol y las cenizas en un desecador, • pesar el crisol que contiene la ceniza y calcular la cantidad de ceniza, • expresar el resultado como porcentaje de cenizas totales 	<p>$\% \text{Cenizas} = \frac{P_c}{P_i} \times 100$</p> <p>Ecuación 1-2: Porcentaje de ceniza</p> <p>Donde:</p> <p>P1 = Peso de las cenizas (g)</p> <p>P2 = Peso de la muestra inicial (g)</p>	<p>AOAC (Association of Official Analytical Chemists) 942.05 (2000)</p>
----------	-----------------------------------	---	--	--	---	---

Realizado Por: PARRA, Joselyne.2019.

2.12 Técnica de obtención de biofilms

Tabla 14-2: Proceso para la obtención de los biofilms

Método	Materiales y Equipos	Reactivo	Procedimiento	Método de Ensayo
<i>Obtención de los biofilms</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Secador de bandejas eléctrico tipo armario • Reverbero • Vasos de precipitación de 250 mL • Varilla de agitación • Probetas de 250mL y 50mL • Balanza analítica • Papel aluminio • Espátula • Moldes de acrílico 	<ul style="list-style-type: none"> • Agua (H₂O) • Glicerol (C₃H₈O₃) • Ácido Acético (CH₃-COOH) • Almidón de zanahoria blanca • Almidón de camote 	<ul style="list-style-type: none"> • En un vaso de precipitación preparar una solución de agua destilada – almidón. • Colocar la solución sobre un reverbero protegido con una malla metálica. • Agitar la solución de forma constante y moderada hasta que alcance su temperatura de gelatinización. • Agregar el plastificante (glicerol) y el conservante (Ácido acético) agitar hasta homogenizar la mezcla y dejar enfriar. • Verter esta mezcla sobre un molde de acrílico, colocar la muestra en un secador de bandejas tipo armario a 60°C por un tiempo determinado hasta obtener las propiedades cualitativas deseadas. 	(Charro,2015)

Realizado Por: PARRA, Joselyne.2019.

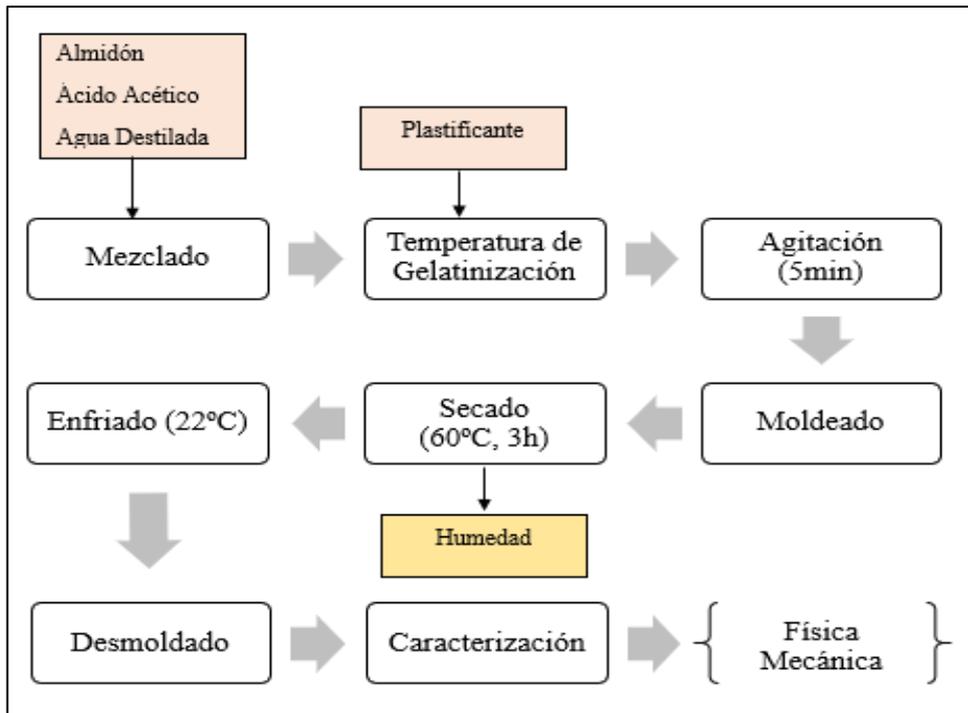


Gráfico 3-2: Diagrama de flujo del proceso para la obtención de biofilm

Realizado Por: PARRA, Joselyne.2019.

2.12.2 Caracterización de los biofilms

Tabla 15-2: Ensayos para realizar la caracterización de los biofilms

N°	Análisis	Materiales y Equipos	Reactivo	Procedimiento	Fórmula para el Cálculo	Método de Ensayo
1	<i>Espesor</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Pie de rey • Láminas de biofilms • Cúter 	<ul style="list-style-type: none"> • Biofilms a ensayar 	<ul style="list-style-type: none"> • Medir con un pie de rey, en cual debe tener una resolución de 0,002 cm • Recortar 10 películas con medidas de 2,5 cm x 2,5 cm de cada una de las muestras y el resultado del espesor • Realizar el promedio de las mediciones dadas. 	Medición directa	LABORATORIO TECNOLÓGICO DE URUGUAY No 4-2009-INN TEC – 33
2	<i>Humedad</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica • Estufa • Biofilms de zanahoria blanca y de camote 	<ul style="list-style-type: none"> • Biofilms a ensayar 	<ul style="list-style-type: none"> • Tomar el peso inicial de las muestras • Colocar en la estufa a 105°C durante 24 horas, se toman los pesos finales (reservar estas muestras). • Se realizaron dos ensayos por cada muestra. 	$\% \text{Humedad} = \frac{P1 - P2}{P1} \times 100$ <p>Ecuación 2-2: Porcentaje de Humedad</p> <p>Donde: P1 = Peso inicial del biofilm (g) P2 = Peso final seco del biofilm (g)</p>	Método gravimétrico

Continúa

Continua

	<i>Solubilidad en agua</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Vaso de precipitación • Probetas • Papel filtro • Balanza analítica 	<ul style="list-style-type: none"> • Agua destilada • Biofilms a ensayar 	<ul style="list-style-type: none"> • Las películas previamente secadas se colocaron en un vaso de precipitación de 100 mL con 80 mL de agua destilada • Se lleva a agitación de 100 rpm durante 1 hora. • Filtrar y se procede a colocar en una estufa a 40°C hasta que no queden residuos de agua 	$\%Solubilidad = \frac{P1 - P2}{P1} \times 100$ <p>Ecuación 3-2: Porcentaje de solubilidad</p> <p>Donde: P1 = Peso inicial seco de la película (g) P2 = Peso final seco de la película (g)</p>	<p>LABORATORIO TECNOLÓGICO DE URUGUAY No 4-2009-INN TEC – 33</p>
4	<i>Grado de transmisión de vapor de Agua</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Vaso de precipitación • Biofilm a ensayar • Balanza analítica 	<ul style="list-style-type: none"> • Agua destilada • Silicon 	<ul style="list-style-type: none"> • Llenar con agua destilada hasta 6mm del borde superior del vaso. • Colocar la el biofilm previamente pesado sobre el embudo se sella muy bien con silicona. • Las copas se colocan en una habitación con temperatura controlada (22 ± 0,6°C) hasta tener pesos constantes, el cambio de peso se controla en intervalo de 2 días. 	$TVA_{\varepsilon} = \frac{\Delta m}{t \times A} \times \varepsilon$ <p>Ecuación 4-2: Grado de transmisión de vapor</p> <p>Donde: TVA_ε = TVA específico ($\frac{mm\ g}{m^2\ h}$) Δm = cambio de masa (g) t = Tiempo entre lecturas (h) A = área de las muestras de ensayo (m²) ε = espesores de los films (mm)</p>	<p>ASTM D1653-93: Métodos de prueba estándar para la transmisión de vapor de agua de una película de recubrimiento orgánico.</p>

Continua

Continúa

5	<i>Propiedades mecánicas biofilms</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Maquina universal de pruebas de tracción 	<ul style="list-style-type: none"> • Biofilms a ensayar 	El equipo descrito por la norma es una máquina de prueba del tipo velocidad constante de movimiento de cruceta que comprende una parte fija que lleva una mordaza y una parte móvil que lleva una segunda mordaza.	Prueba realizada en el laboratorio LenMav	INEN 2635: Método de Ensayo para las propiedades de Tracción de Laminas Plásticas Delgadas
6	<i>Biodegradabilidad.</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Recipientes herméticos • Biofilms a ensayar 	<ul style="list-style-type: none"> • Tierra orgánica • Biofilms a ensayar 	<ul style="list-style-type: none"> • Recortar el biofilm en láminas de 2cm x 2cm • Colocarlas en tierra orgánica a unos 12 cm de la superficie y mantener en un ambiente húmedo • Revisar cada 7 días para verificar la presencia de las láminas hasta que se completen 12 semanas 	$\%P_{\text{peso}} = \frac{P_1 - P_2}{P_1} \times 100$ <p>Ecuación 5-2: Rendimiento del proceso de degradación</p> <p>Donde: P_{peso} = pérdida de peso P₁ = Peso inicial seco de la película (g) P₂ = Peso final seco de la película (g)</p>	INEN2643: Especificaciones para Plásticos Compostables

Realizado Por: PARRA, Joselyne.2019

CAPÍTULO III

3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

3.1 Datos obtenidos de los ensayos realizados

En la Tabla 1-5. Se muestran los resultados de los análisis físicos los tubérculos como materia prima, se tomó una población de 5 de cada una de los tubérculos usados en este estudio y se procedió a tomar los datos de cada uno para determinar una media de las mediciones realizadas

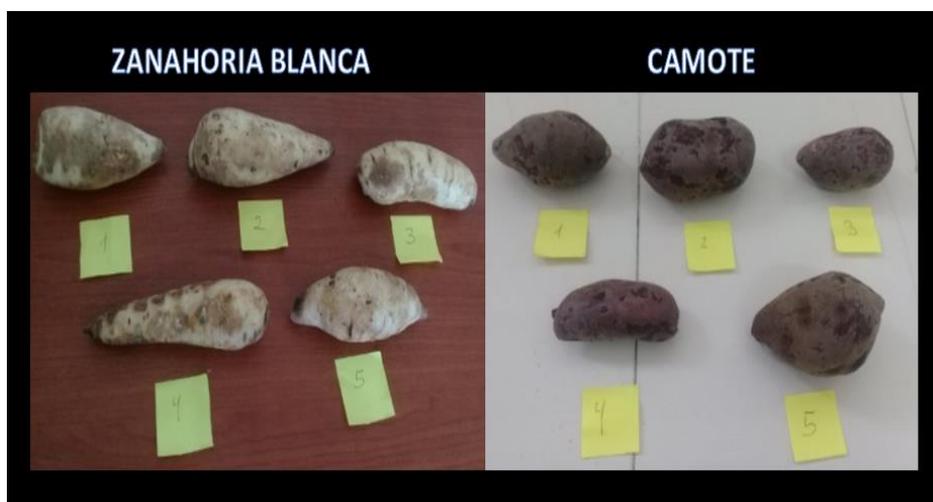


Figura 7-3: Muestreo de la materia prima

Realizado Por: PARRA, Joselyne.

Tabla 16-3: Datos de los análisis físicos realizados a la materia prima

N°	Zanahoria blanca			Camote		
	Peso (g)	Longitud (cm)	Espesor (cm)	Peso (g)	Longitud (cm)	Espesor (cm)
1	103,825	9,8	4,8	98,7158	98,7158	8,88
2	126,048	12,57	4,6	140,5619	140,5619	8,66
3	102,376	14,44	3,9	83,2427	83,2427	8,21
4	93,9026	12,865	3,4	69,5776	69,5776	8,43
5	91,0967	11,7	4,18	174,25	174,25	8,83
TM	103,44966	12,275	4,176	113,2696	8,602	4,824

Realizado Por: PARRA, Joselyne.2019.

3.1.1 Ensayos preliminares para la determinación del método de extracción de almidón

Para determinar que método usar para extraer el almidón de los tubérculos se ensayaron dos métodos; por vía húmeda y por vía seca

3.1.1.1 Datos obtenidos del proceso de extracción de almidón por vía seca

En esta prueba se tomaron datos en intervalos de 30 min se realizaron 3 repeticiones para cada tubérculo para posteriormente sacar una media y así determinar el porcentaje de rendimiento de manera más precisa.

Tabla 17-3: Datos del proceso de extracción de almidón por vía seca

Nº	Tiempo (h)	Zanahoria Blanca			Camote		
		Repetición 1 (Kg)	Repetición 2 (Kg)	Repetición 3 (Kg)	Repetición 1 (Kg)	Repetición 2 (Kg)	Repetición 3 (Kg)
		Peso Inicial	1,000	1,050	1,034	1,220	1,107
1	0,0	0,208	0,223	0,211	0,273	0,252	0,276
2	0,5	0,197	0,214	0,205	0,264	0,244	0,269
3	1,0	0,189	0,196	0,199	0,252	0,239	0,261
4	1,5	0,183	0,188	0,192	0,241	0,231	0,248
5	2,0	0,175	0,171	0,176	0,236	0,224	0,235
6	2,5	0,167	0,163	0,169	0,222	0,211	0,224
7	3,0	0,159	0,152	0,156	0,214	0,195	0,212
8	3,5	0,147	0,146	0,145	0,199	0,183	0,197
9	4,0	0,135	0,133	0,137	0,193	0,177	0,190
10	4,5	0,123	0,128	0,125	0,182	0,170	0,182
11	5,0	0,115	0,116	0,112	0,175	0,162	0,174
12	5,5	0,106	0,097	0,099	0,163	0,154	0,168
13	6,0	0,094	0,092	0,095	0,156	0,148	0,163
14	6,5	0,087	0,085	0,083	0,148	0,141	0,160
15	7,0	0,076	0,078	0,079	0,145	0,134	0,157
16	7,5	0,073	0,076	0,075	0,142	0,130	0,152
17	8,0	0,069	0,073	0,072	0,139	0,128	0,150
18	8,5	0,067	0,071	0,069	0,138	0,127	0,146
19	9,0	0,066	0,071	0,069	0,138	0,127	0,145

Realizado Por: PARRA, Joselyne.2019.

En la **Grafica 1-5** y **Grafica 2-5** se muestra la curva del proceso de secado del almidón luego del proceso de extracción por vía seca. En la cual se puede evidenciar que el proceso fue controlado cada media hora hasta obtener pesos constantes o en tal caso hasta que la curva este en equilibrio.

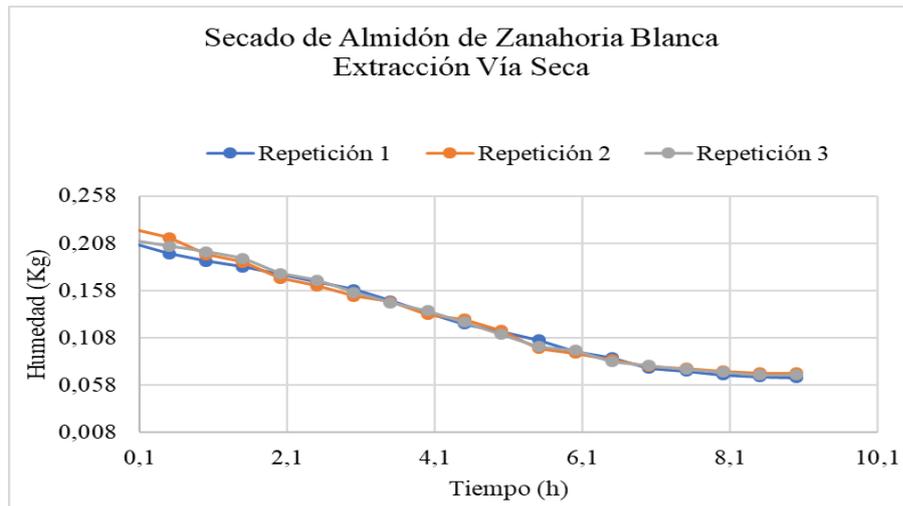


Gráfico 4-3: Curva de secado del almidón de Zanahoria Blanca -Vía Seca

Realizado Por: PARRA, Joselyne.2019.

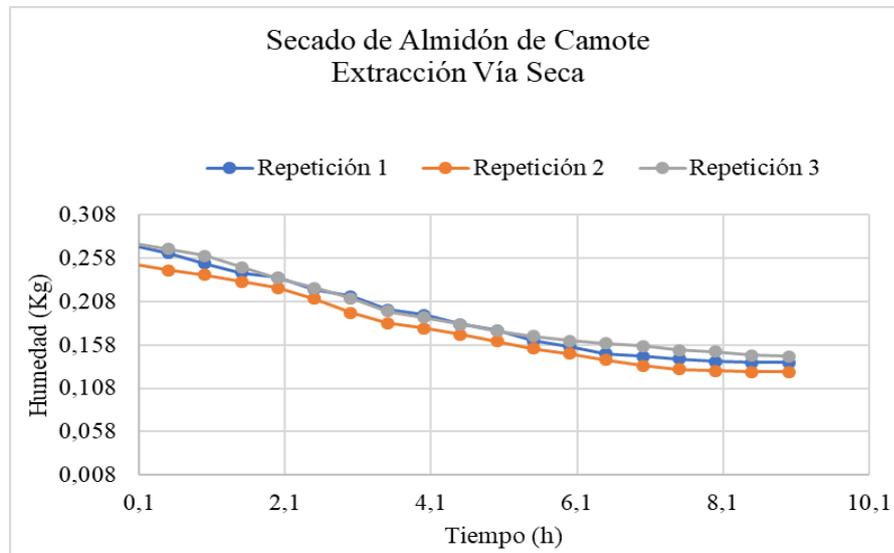


Gráfico 5-3: Curva de secado del almidón de Camote - Vía Seca

Realizado Por: PARRA, Joselyne.2019.

3.1.1.2 Datos obtenidos del proceso de extracción de almidón por vía húmeda

En esta prueba se tomaron datos en intervalos de 30 min se realizaron 3 repeticiones para cada tubérculo para posteriormente sacar una media y así determinar el porcentaje de rendimiento de manera más precisa.

Tabla 18-3: Datos del proceso de extracción de almidón por vía húmeda

Nº	Tiempo (h)	Zanahoria Blanca			Camote		
		Repetición 1 (Kg)	Repetición 2 (Kg)	Repetición 3 (Kg)	Repetición 1 (Kg)	Repetición 2 (Kg)	Repetición 3 (Kg)
	Peso Inicial	5,7	4	4	4	3	4
1	0,0	1,266	1,166	1,014	0,901	0,975	0,924
2	0,5	1,247	1,081	0,858	0,887	0,889	0,858
3	1,0	1,192	1,029	0,768	0,879	0,833	0,842
4	1,5	1,145	0,945	0,719	0,853	0,754	0,775
5	2,0	1,083	0,850	0,706	0,822	0,711	0,738
6	2,5	1,048	0,802	0,689	0,796	0,667	0,703
7	3,0	0,999	0,775	0,659	0,762	0,622	0,684
8	3,5	0,961	0,721	0,627	0,738	0,600	0,669
9	4,0	0,928	0,699	0,596	0,711	0,583	0,651
10	4,5	0,893	0,689	0,565	0,685	0,560	0,636
11	5,0	0,856	0,662	0,545	0,677	0,546	0,625
12	5,5	0,822	0,646	0,511	0,648	0,530	0,608
13	6,0	0,797	0,628	0,481	0,625	0,501	0,592
14	6,5	0,775	0,619	0,463	0,594	0,495	0,583
15	7,0	0,742	0,588	0,442	0,562	0,486	0,525
16	7,5	0,714	0,559	0,440	0,517	0,485	0,521
17	8,0	0,685	0,551	0,428	0,502	0,482	0,512
18	8,5	0,677	0,541	0,417	0,488	0,475	0,505
19	9,0	0,649	0,524	0,403	0,484	0,470	0,492
20	9,5	0,626	0,512	0,398	0,482	0,466	0,463
21	10,0	0,589	0,507	0,394	0,481	0,464	0,457
22	10,5	0,578	0,495	0,391	0,473	0,460	0,455
23	11,0	0,571	0,483	0,388	0,466	0,457	0,450
24	11,5	0,545	0,480	0,386	0,438	0,456	0,443
25	12,0	0,526	0,480	0,386	0,438	0,456	0,442
26	12,5	0,516	-	-	-	-	-
27	13,0	0,512	-	-	-	-	-
28	13,5	0,508	-	-	-	-	-

Realizado Por: PARRA, Joselyne.2019.

En el **Gráfico 3-3** y en el **Gráfico 4-3** se muestran los datos obtenidos en el proceso de secado del almidón de zanahoria blanca y de camote la cual se realizó cada 30 minutos hasta obtener valores constantes o en tal caso hasta que la curva siga constante. Se observa una disminución

en el peso de cada una de las muestra debido a la pérdida de humedad que esta va teniendo hasta que la curva lleva a un punto constante.

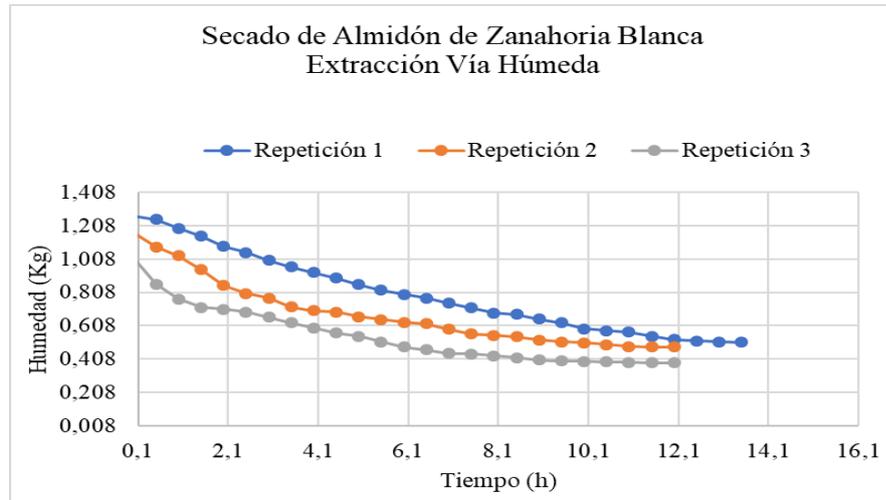


Gráfico 6-3: Curva de secado del almidón de Zanahoria Blanca – Vía Húmeda

Realizado Por: PARRA, Joselyne.2019.

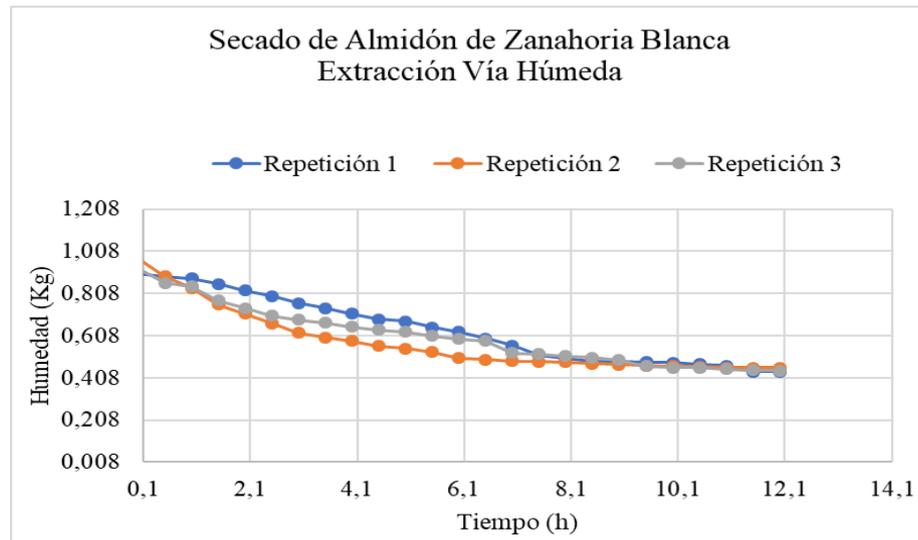


Gráfico 7-3: Curva de secado del almidón de Camote – Vía Húmeda

Realizado Por: PARRA, Joselyne.2019.

3.1.2 Ensayos físicoquímicos para el almidón

Para cada uno de estos ensayos se realizaron 2 repeticiones arrojándonos como resultados los siguientes valores.

Tabla 19-3: Parámetros analizados de los almidones como materia prima

Nº	ENSAYOS	Almidón de zanahoria blanca	Almidón Camote	Estándar	Norma/ Institución
1	Ceniza	0,1225%	0,1134%	≤ 0,12%	AOAC (Association of Official Analytical Chemists) 942.05
2	Solubilidad	√	√	Ligera opalencia	INEN 1456
3	pH	6,07	6,43	6,00 – 7,00	INEN 1456
4	Viscosidad	1417,77 SP	1473,50 SP	840-1500 SP	ISI 17-1 del Internatinal Starch Institute
5	Temperatura de gelatinización	61,125 °C	66,3 °C	-	INEN 1456

Realizado Por: PARRA, Joselyne.2019.

Tabla 20-3: Porcentaje de Amilosa y Amilopectina en los almidones

Nº	Ensayo	Almidón de Zanahoria Blanca	Almidón de Camote	Institución
1	Amilosa	10,94 %	21,20 %	CINIAP
2	Amilopectina	89,06 %	78,8 %	CINIAP

Realizado Por: PARRA, Joselyne.2019.

3.1.3 Pruebas preliminares para la elaboración de los biofilms.

3.1.3.1 Determinación de la concentración de almidón.

Se realizaron pruebas macroscópicas para determinar el porcentaje de almidón a utilizar en la elaboración de biofilms .

Tabla 21-3: Ensayos preliminares para la elaboración de los biofilm de almidón de Zanahoria blanca

Nº	% Almidón	Facilidad de moldeo	Forma películas	Transparencia	Estabilidad
1	10	No	No	Si	No
2	20	Si	Si	Si	Si
3	30	Si	Si	Si	Si
4	40	Si	Si	Si	Si
5	50	No	IR	Si	No

Realizado Por: PARRA, Joselyne.2019

Tabla 22-3: Ensayos preliminares para la elaboración de los biofilm de almidón de Camote

Nº	% Almidón	Facilidad de moldeo	Forma películas	Transparencia	Estabilidad
1	5	No	No	Si	No
2	10	Si	Si	Si	Si
3	20	Si	Si	Si	Si
4	30	Si	Si	Si	Si
5	40	No	Si	Si	No

Realizado Por: PARRA, Joselyne.2019.

Tabla 23-3: Determinación del tiempo de secado para la realización de biofilms a partir de Zanahoria blanca

N.º	% Almidón	% Glicerina	Temperatura (°C)	Tiempo (h)	Facilidad de moldeo	Forma películas	Transparencia	Estabilidad
1	20	15	60	1	Si	No	-	
2				Si	Si	Si	No	
3				Si	Si	Si	Si	
4				Si	Si	Si	Quebradizo	
5				Si	Si	Si	Quebradizo	
6	30	15	60	1	Si	No	-	
7				Si	Si	Si	No	
8				Si	Si	Si	Si	
9				Si	Si	Si	Quebradizo	
10				Si	Si	Si	Quebradizo	
11	40	15	60	1	Si	No	-	
12				Si	Si	Si	No	
13				Si	Si	Si	Si	
14				Si	Si	Si	Quebradizo	
15				Si	Si	Si	Quebradizo	

Realizado Por: PARRA, Joselyne.2019.

Tabla 24-3: Determinación del tiempo de secado para la realización de biofilms a partir de Camote

N.º	% Almidón	% Glicerina	Temperatura (°C)	Tiempo (h)	Facilidad de moldeo	Forma películas	Transparencia	Estabilidad
1	10	12	60	1	Si	No	-	-
2				Si	Si	Si	No	
3				Si	Si	Si	Si	
4				Si	Si	Si	Quebradizo	
5				Si	Si	Si	Quebradizo	

Continua

Continua

6	20	12	60	1	Si	No	-	-
7				2	Si	Si	Si	No
8				3	Si	Si	Si	Si
9				4	Si	Si	Si	Quebradizo
10				5	Si	Si	Si	Quebradizo
11	30	12	60	1	Si	No	-	-
12				2	Si	Si	Si	No
13				3	Si	Si	Si	Si
14				4	Si	Si	Si	Quebradizo
15				5	Si	Si	Si	Quebradizo

Realizado Por: PARRA, Joselyne.2019.

3.1.3.2 Determinación de la concentración plastificante.

Tomando en cuenta los datos obtenidos de ensayos previos se realizaron varios ensayos variando el porcentaje de plastificante y usando 5% de Ac. Acético para alargar la vida útil del biofilm.

Tabla 25-3: Ensayos preliminares para determinar la concentración de plastificante para realizar biofilms de Zanahoria blanca

Nº	% Almidón	% Glicerina	Facilidad de moldeo	Forma películas	Resistentes al tacto	Estabilidad
1	20	10	Si	Si	Si	Si
		12	Si	Si	Si	Si
		14	Si	Si	Si	Si
		16	Si	Si	No	-
		18	No	No	-	-
2	30	10	Si	Si	Si	Si
		12	Si	Si	Si	Si
		14	Si	Si	Si	Si
		16	Si	Si	No	-
		18	No	No	-	-
3	40	10	Si	Si	Si	Si
		12	Si	Si	Si	Si
		14	Si	Si	Si	Si
		16	Si	Si	No	-
		18	No	No	-	-

Realizado Por: PARRA, Joselyne.2019.

Tabla 26-3 : Ensayos preliminares para determinar la concentración de plastificante para realizar biofilms de Camote

Nº	% Almidón	% Glicerina	Facilidad de moldeo	Forma películas	Maleable	Estabilidad
1	10	8	Si	Si	Si	Si
		10	Si	Si	Si	Si
		12	Si	Si	Si	Si
		14	No	No	-	-
2	20	6	No	No	-	-
		8	Si	Si	Si	Si
		10	Si	Si	Si	Si
		12	Si	Si	Si	Si
		14	No	No	-	-
3	30	6	No	No	-	-
		8	Si	Si	Si	Si
		10	Si	Si	Si	Si
		12	Si	Si	Si	Si
		14	No	No	-	-

Realizado Por: PARRA, Joselyne.2019.

Luego del análisis de las variables pudimos seleccionar aquellas concentraciones que nos dieron resultados favorables para posteriormente realizar análisis respectivos y así determinar la mejor variación.

Tabla 27-3 : Nomenclatura y concentración de los biofilms generados a partir del diseño

ZANAHORIA BLANCA				CAMOTE			
N	Nomenclatura	% Almidón	% Glicerina	N	Nomenclatura	% Almidón	% Glicerina
1	Z1A	20	12	1	C1D	10	8
2	Z1B	20	14	2	C1E	10	10
3	Z1C	20	16	3	C1F	10	12
4	Z2A	30	12	4	C2D	20	8
5	Z2B	30	14	5	C2E	20	10
6	Z2C	30	16	6	C2F	20	12
7	Z3A	40	12	7	C3D	30	8
8	Z3B	40	14	8	C3E	30	10
9	Z3C	40	16	9	C3F	30	12

Realizado Por: PARRA, Joselyne.2019.

3.1.4 Datos para determinar las propiedades mecánicas, físicas y biodegradables para los biofilms de zanahoria blanca y de camote

3.1.4.1 Datos de espesor para los biofilms de almidón de zanahoria blanca y de camote

Se tomaron diez mediciones de cada uno de los biofilms que se elaboraron en mm, utilizando un calibrador manual.

Tabla 28-3: Datos de espesor para los biofilms de almidón de zanahoria blanca

Nº	Muestra	Espesor 1 (mm)	Espesor 2 (mm)	Espesor 3 (mm)	Espesor 4 (mm)	Espesor 5 (mm)	Espesor 6 (mm)	Espesor 7 (mm)	Espesor 8 (mm)	Espesor 9 (mm)	Espesor 10 (mm)
1	Z1A	0,15	0,10	0,20	0,20	0,20	0,15	0,20	0,20	0,15	0,10
2	Z1B	0,20	0,20	0,15	0,15	0,30	0,25	0,25	0,10	0,15	0,15
3	Z1C	0,15	0,20	0,25	0,15	0,15	0,20	0,15	0,20	0,10	0,15
4	Z2A	0,25	0,20	0,20	0,20	0,15	0,20	0,25	0,30	0,10	0,15
5	Z2B	0,15	0,10	0,20	0,20	0,20	0,15	0,15	0,10	0,15	0,20
6	Z2C	0,20	0,20	0,20	0,15	0,10	0,10	0,15	0,20	0,20	0,20
7	Z3A	0,10	0,10	0,15	0,20	0,25	0,15	0,15	0,20	0,20	0,20
8	Z3B	0,15	0,20	0,20	0,20	0,15	0,10	0,10	0,10	0,15	0,25
9	Z3C	0,15	0,20	0,15	0,20	0,25	0,25	0,20	0,15	0,15	0,15
10	C1A	0,30	0,25	0,30	0,40	0,25	0,35	0,30	0,20	0,15	0,15
11	C1B	0,15	0,25	0,10	0,30	0,20	0,20	0,20	0,25	0,20	0,15
12	C1C	0,15	0,10	0,20	0,20	0,15	0,15	0,10	0,15	0,15	0,20
13	C2A	0,20	0,15	0,10	0,35	0,30	0,30	0,40	0,15	0,30	0,15
14	C2B	0,25	0,30	0,25	0,10	0,20	0,30	0,15	0,25	0,20	0,15
15	C2C	0,30	0,20	0,15	0,20	0,20	0,15	0,20	0,15	0,25	0,25
16	C3A	0,40	0,40	0,35	0,35	0,25	0,25	0,30	0,40	0,25	0,25
17	C3B	0,25	0,20	0,35	0,40	0,25	0,30	0,15	0,10	0,10	0,25
18	C3C	0,30	0,15	0,20	0,15	0,30	0,15	0,35	0,25	0,20	0,30

Realizado Por: PARRA, Joselyne.2019.

3.1.4.2 *Datos de obtenidos a partir del ensayo de humedad realizado a los biofilms de almidón de zanahoria blanca y de camote*

Se realizaron dos repeticiones de cada una durante un periodo de 24 horas a una temperatura de 105 °C en una estufa en el laboratorio de Bromatología de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Tabla 29-3: Datos de humedad para los biofilms de almidón de Zanahoria Blanca y Camote

Nº	Muestra	Peso Húmedo (Kg)	Peso Seco (Kg)	Agua presente (Kg)	Muestra	Peso Húmedo (Kg)	Peso Seco (Kg)	Agua presente (Kg)
1	Z1A	0,0971	0,0844	0,0127	C1A	0,1270	0,1030	0,0240
2		0,1014	0,0833	0,0182		0,0950	0,0690	0,0260
3	Z1B	0,0965	0,0732	0,0234	C1B	0,1430	0,1130	0,0300
4		0,0967	0,0724	0,0242		0,0970	0,0650	0,0320
5	Z1C	0,0739	0,0572	0,0167	C1C	0,1320	0,0760	0,0560
6		0,0833	0,0657	0,0176		0,1140	0,0760	0,0380
7	Z2A	0,1113	0,0868	0,0245	C2A	0,1640	0,1220	0,0420
8		0,0895	0,0697	0,0198		0,1320	0,0870	0,0450
9	Z2B	0,1140	0,0848	0,0292	C2B	0,1380	0,1060	0,0320
10		0,0990	0,0739	0,0251		0,1140	0,0880	0,0260
11	Z2C	0,1260	0,0874	0,0386	C2C	0,1860	0,1320	0,0540
12		0,1185	0,0812	0,0373		0,1770	0,1260	0,0510
13	Z3A	0,1519	0,1271	0,0248	C3A	0,4200	0,3740	0,0460
14		0,1549	0,1301	0,0248		0,3580	0,2700	0,0880
15	Z3B	0,1306	0,1037	0,0269	C3B	0,1340	0,0970	0,0370
16		0,1437	0,1135	0,0303		0,4600	0,3530	0,1070
17	Z3C	0,1436	0,1063	0,0373	C3C	0,1890	0,1410	0,0480
18		0,1296	0,0962	0,0334		0,0950	0,0690	0,0260

Realizado Por: PARRA, Joselyne.2019.

3.1.4.3 *Datos de obtenidos a partir del ensayo de solubilidad realizado a los biofilms de almidón de zanahoria blanca y de camote*

Este ensayo se realizó a tomando las muestras del ensayo anterior se procedió a colocar en 80mL de agua destilada en vasos de precipitación de 100mL a 100rpm durante 1 hora luego se colocó en una estufa a 105°C hasta obtener peso constante.

Tabla 30-3: Datos de solubilidad para los biofilms de almidón de Zanahoria Blanca

Nº	Muestra	Peso Inicial Seco (Kg)	Peso Final Seco (Kg)	Muestra	Peso Inicial Seco (Kg)	Peso Final Seco (Kg)
1	Z1A	0,0844	0,0200	C1A	0,1030	0,0365
2		0,0833	0,0150		0,0690	0,0210
3	Z1B	0,0732	0,0210	C1B	0,1130	0,0480
4		0,0724	0,0210		0,0650	0,0320

Continúa

Continúa

	Z1C	0,0572	0,0213	C1C	0,0760	0,0370
6		0,0657	0,0189		0,0760	0,0350
7	Z2A	0,0868	0,0287	C2A	0,1220	0,0420
8		0,0697	0,0156		0,0870	0,0430
9	Z2B	0,0848	0,0285	C2B	0,1060	0,0350
10		0,0739	0,0244		0,0880	0,0430
11	Z2C	0,0874	0,0335	C2C	0,1320	0,0530
12		0,0812	0,0290		0,1260	0,0490
13	Z3A	0,1271	0,0382	C3A	0,3740	0,0940
14		0,1301	0,0548		0,2700	0,0810
15	Z3B	0,1037	0,0361	C3B	0,0970	0,0490
16		0,1135	0,0400		0,3530	0,0880
17	Z3C	0,1063	0,0380	C3C	0,1410	0,0530
18		0,0962	0,0291		0,0690	0,0240

Realizado Por: PARRA, Joselyne.2019.

3.1.4.4 Datos de obtenidos a partir del ensayo de permeabilidad de vapor realizado a los biofilms de almidón de zanahoria blanca y de camote

El ensayo se realizó en condiciones de humedad de 60 %; 22 °C se pesó cada lámina cada 2 días, hasta que se obtuvo pesos constantes.

Tabla 31-3: Datos de permeabilidad de vapor para los biofilms de Almidón de Zanahoria Blanca

Nº	Muestra	Peso Inicial (Kg)	Día 2 (Kg)	Día 4 (Kg)	Día 6 (Kg)	Día 8 (Kg)	Día 10 (Kg)	Día 11 (Kg)	Día 12 (Kg)
1	Z1A	1,1351	1,4318	1,4533	1,4710	1,4937	1,5103	1,5391	1,5398
2	Z1B	1,3247	1,6901	1,6380	1,6853	1,7280	1,7523	1,7692	1,7698
3	Z1C	1,4214	1,6419	1,6732	1,7090	1,7492	1,7808	1,7977	1,7986
4	Z2A	1,4892	1,7767	1,6292	1,6622	1,6882	1,8027	1,8148	1,8196
5	Z2B	1,2833	1,4855	1,5129	1,5864	1,6390	1,6792	1,6903	1,6949
6	Z2C	1,5320	1,7134	1,7305	1,7893	1,8220	1,8372	1,8511	1,8537
7	Z3A	1,3645	1,5210	1,5488	1,5720	1,5906	1,6422	1,6592	1,6604
8	Z3B	1,4118	1,6033	1,6614	1,7170	1,7602	1,7982	1,8082	1,8120
9	Z3C	1,3927	1,5981	1,5316	1,5828	1,6382	1,6782	1,6835	1,6878

Realizado Por: PARRA, Joselyne.2019.

Tabla 32-3: Datos de permeabilidad de vapor para los biofilms de almidón de Camote

Nº	Muestra	Peso Inicial (Kg)	Día 2 (Kg)	Día 4 (Kg)	Día 6 (Kg)	Día 8 (Kg)	Día 10 (Kg)	Día 11 (Kg)
1	C1A	1,2742	1,4188	1,4435	1,5630	1,6452	1,6734	1,6782
2	C1B	0,9983	1,1297	1,1596	1,2617	1,2827	1,3200	1,3263
3	C1C	1,4257	1,6258	1,6779	1,7744	1,7716	1,7792	1,7803
4	C2A	1,5593	1,7762	1,8285	1,9328	1,9844	2,1160	2,1179

Continúa

Continúa

5	C2B	1,5942	1,8278	1,8466	1,9520	1,9787	1,9973	1,9992
6	C2C	1,5182	1,7755	1,7767	1,8798	1,9375	1,9845	1,9863
7	C3A	1,2764	2,6041	2,6276	2,7134	2,7580	2,7868	2,7899
8	C3B	2,3184	2,6517	2,6938	2,7581	2,7909	2,8364	2,8386
9	C3C	2,2242	2,5974	2,6297	2,7917	2,8634	2,8942	2,8974

Realizado Por: PARRA, Joselyne.2019.

3.1.4.5 Datos de obtenidos a partir del ensayo de biodegradabilidad de vapor realizado a los biofilms de almidón de zanahoria blanca y de camote

Se realizó este ensayo en 2 repeticiones, con láminas de 2cm x 2cm bajo suelo rico orgánicamente a una profundidad de 12 cm de la superficie se realizaron observaciones cada semana para verificar la presencia de los biofilms se muestran en las **Tabla 18-5** y **Tabla 19-5**

Tabla 33-3: Datos obtenidos a partir del ensayo de biodegradabilidad para los biofilms de almidón de zanahoria blanca

Nº	Muestra	Peso Inicial (Kg)	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
1	Z1A	0,3388	√	√	√	—
		0,1103	√	√	√	—
2	Z1B	0,1393	√	√	√	—
		0,1598	√	√	√	—
3	Z1C	0,1152	√	√	√	—
		0,1438	√	√	√	—
4	Z2A	0,3088	√	√	√	—
		0,3357	√	√	√	—
5	Z2B	0,1263	√	√	√	—
		0,1763	√	√	√	—
6	Z2C	0,1276	√	√	√	—
		0,1395	√	√	√	—
7	Z3A	0,3584	√	√	√	—
		0,1476	√	√	√	—
8	Z3B	0,3012	√	√	√	—
		0,1161	√	√	√	—
9	Z3C	0,095	√	√	—	—
		0,1349	√	√	√	—

Realizado Por: PARRA, Joselyne.2019.

Tabla 34-3: Datos obtenidos a partir del ensayo de biodegradabilidad para los biofilms de almidón de camote

Nº	Muestra	Peso Inicial (Kg)	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
1	C1A	0,2706	√	√	√	—
		0,2452	√	√	√	—
2	C1B	0,2339	√	√	√	—
		0,2095	√	√	√	—
3	C1C	0,3134	√	√	√	—
		0,2631	√	√	√	—
4	C2A	0,1885	√	√	√	—
		0,2893	√	√	√	—
5	C2B	0,1824	√	√	√	—
		60,229	√	√	√	—
6	C2C	0,1763	√	√	√	—
		0,1325	√	√	√	—
7	C3A	0,3221	√	√	√	—
		0,2501	√	√	√	—
8	C3B	0,1541	√	√	√	—
		0,2452	√	√	√	—
9	C3C	0,1622	√	√	√	—
		0,0976	√	√	√	—

Realizado Por: PARRA, Joselyne.2019.

3.2 Cálculos

3.2.1 Cálculo del porcentaje de rendimiento del almidón de zanahoria blanca y de camote

Se realizaron 3 repeticiones del ensayo por lo que se procedió a realizar el porcentaje de rendimiento por cada repetición luego se calculó de media, este proceso se realizó para cada uno de los tubérculos.

3.2.1.1 Cálculo del porcentaje de rendimiento de extracción de almidón por vía seca

Zanahoria Blanca

$$\% \text{Rendimiento} = \frac{\text{Peso de almidon obtenido}}{\text{Peso inicial de los tuberculos}} \times 100$$

Ecuación 6-3: Porcentaje de rendimiento de extracción de almidón

$$\% \text{Rendimiento 1} = \frac{0,066\text{kg}}{1 \text{ kg}} \times 100$$

$$\% \text{Rendimiento 1} = 6,6 \%$$

5.2.1.2 Cálculo del porcentaje de rendimiento de extracción de almidón por vía húmeda

Camote

$$\% \text{Rendimiento} = \frac{\text{Peso de almidon obtenido}}{\text{Peso inicial de los tuberculos}} \times 100$$

$$\% \text{Rendimiento 1} = \frac{0,438 \text{ kg}}{3 \text{ kg}} \times 100$$

$$\% \text{Rendimiento 1} = 14,6 \%$$

3.2.2 Cálculos para los ensayos realizados a los biofilms de almidón de zanahoria blanca y de camote

3.2.2.1 Cálculo del porcentaje humedad

Debido que se tomaron por duplicado los ensayos se procedió a realizar el promedio para cada una de las composiciones se realizaron los mismos cálculos para los biofilm de zanahoria blanca y para los de camote.

A continuación, se realizó el cálculo para los biofilms Z1A y C1A como modelos:

$$\%H = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final seco}}{\text{Peso inicial}} \times 100$$

Z1A

$$\%H 1 = \frac{0,0917 - 0,0844}{0,0917} \times 100$$

$$\%H 1 = 13,091 \%$$

3.2.2.2 Cálculo del porcentaje de solubilidad

Se realizaron 2 repeticiones del ensayo para cada una de las variaciones por lo que se procedió a realizar el promedio de ellas como respondiente para cada composición.

A continuación, se realizó el cálculo para el biofilm Z1A Y C1A como modelo para las siguientes determinaciones:

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

Z1A

$$\%H 1 = \frac{0,0844 - 0,0200}{0,0844} \times 100$$

$$\%H 1 = 76,297 \%$$

3.2.2.3 Cálculo del grado de transmisión de vapor de Agua (TVA)

$$TVA_{\varepsilon} = \frac{\Delta m}{t \times A} \times \varepsilon$$

Z1A

$$TVA_{\varepsilon} = \frac{\Delta m}{t \times A} \times \varepsilon$$

$$TVA_{\varepsilon} = \frac{(1,5398 - 1,1351)g}{48 h \times 0,01 m^2} \times 0,17mm$$

$$TVA_{\varepsilon} = 0,13912 \frac{mm \cdot g}{m^2 \cdot h}$$

3.3 Resultados

3.3.1 Resultados del rendimiento de extracción de almidón por vía seca y por vía húmeda

Tabla 35-3: Resultados del rendimiento de extracción de almidón por vía seca y por vía húmeda

Nº	Almidón	Vía Seca (%)	Vía Húmeda
1	Zanahoria Blanca	6,7	10,6 %
2	Camote	11,3	14,8 %

Realizado Por: PARRA, Joselyne.2019.

3.3.2 Resultados del ensayo de espesor de los biofilms de Zanahoria Blanca y de Camote

Tabla 36-3: Resultados de espesor de los biofilms de Zanahoria Blanca y de Camote

Nº	Muestra	Promedio (mm)	Promedio (m)	Muestra	Promedio (mm)	Promedio (m)
1	Z1A	0,17	0,0002	C1A	0,24	0,0002
2	Z1B	0,19	0,0002	C1B	0,20	0,0002
3	Z1C	0,17	0,0002	C1C	0,16	0,0002
4	Z2A	0,20	0,0002	C2A	0,24	0,0002
5	Z2B	0,16	0,0002	C2B	0,22	0,0002
6	Z2C	0,17	0,0002	C2C	0,21	0,0002
7	Z3A	0,17	0,0002	C3A	0,24	0,0002
8	Z3B	0,16	0,0002	C3B	0,24	0,0002
9	Z3C	0,19	0,0002	C3C	0,24	0,0002

Realizado Por: PARRA, Joselyne.2019.

En la **Tabla 21-5** se muestran los resultados de los espesores de los biofilms, se puede evidenciar que los biofilms de zanahoria blanca y de camote tiene una media de 0,0002 m de espesor. Este

espesor se encuentra dentro de los límites de la norma INEN 2635 que establece un máximo de 0,001m de espesor.

3.3.3 Resultados del ensayo de humedad de los biofilms de zanahoria blanca y de camote

Tabla 37-3: Resultados de humedad de los biofilms de Zanahoria Blanca y de Camote

Nº	Muestra	Humedad 1(%)	Humedad 2(%)	Humedad promedio (%)	Muestra	Humedad 1(%)	Humedad 2(%)	Humedad promedio (%)
1	Z1A	13,091	17,904	15,497	C1A	18,898	27,368	23,133
2	Z1B	24,218	25,072	24,645	C1B	20,979	32,990	26,984
3	Z1C	22,618	21,141	21,879	C1C	42,424	33,333	37,879
4	Z2A	22,033	22,151	22,092	C2A	25,610	34,091	29,850
5	Z2B	25,585	25,323	25,454	C2B	23,188	22,807	22,998
6	Z2C	30,664	31,502	31,083	C2C	29,032	28,814	28,923
7	Z3A	16,334	16,023	16,179	C3A	10,952	24,581	17,767
8	Z3B	20,573	21,060	20,817	C3B	27,612	23,261	25,436
9	Z3C	25,991	25,771	25,881	C3C	25,397	27,368	26,383

Realizado Por: PARRA, Joselyne.2019.

3.3.4 Resultados del ensayo de solubilidad de los biofilms de zanahoria blanca y de camote

Tabla 38-3: Resultados de solubilidad de los biofilms de Zanahoria Blanca

Nº	Muestras	Solubilidad 1(%)	Solubilidad 2(%)	Solubilidad Promedio (%)
1	Z1A	76,2977	81,9863	79,1420
2	Z1B	71,2958	71,0105	71,1531
3	Z1C	62,7427	71,2110	66,9768
4	Z2A	66,9241	77,6152	72,2696
5	Z2B	66,4074	66,9958	66,7016
6	Z2C	61,6573	64,2725	62,9649
7	Z3A	69,9402	57,8721	63,9061
8	Z3B	65,1880	64,7453	64,9667
9	Z3C	64,2420	69,7600	67,0010

Realizado Por: PARRA, Joselyne.2019.

Los resultados nos dan una media para la solubilidad de 68% para los biofilms de zanahoria blanca y de 61% para los de camote, según Trujillo 2014 en su estudio “Obtención de películas biodegradables a partir de almidón de yuca” dice que porcentajes menores del 70 % son utilizados en empaques de alimentos, porcentajes mayores son utilizados como recubrimientos solubles de capsulas en el área de medicina.

Tabla 39-3: Resultados de solubilidad de los biofilms de Camote

Nº	Muestras	Solubilidad 1 (%)	Solubilidad 2 (%)	Solubilidad Promedio (%)
1	C1A	64,5631	69,5652	67,0642
2	C1B	57,5221	50,7692	54,1457
3	C1C	51,3158	53,9474	52,6316
4	C2A	65,5738	50,5747	58,0742
5	C2B	66,9811	51,1364	59,0587
6	C2C	59,8485	61,1111	60,4798
7	C3A	74,8663	70,0000	72,4332
8	C3B	49,4845	75,0708	62,2777
9	C3C	62,4113	65,2174	63,8144

Realizado Por: PARRA, Joselyne.2019.

3.3.5 Resultados del ensayo de permeabilidad de vapor de agua para los biofilms del almidón de zanahoria blanca y del camote

Tabla 40-3: Resultados de TVS de los biofilms de Zanahoria Blanca y de Camote

Nº	Muestra	TVS ($\frac{mm\ g}{m^2\ h}$)	Muestra	TVS ($\frac{mm\ g}{m^2\ h}$)
1	Z1A	0,13912	C1A	0,2020
2	Z1B	0,17619	C1B	0,2568
3	Z1C	0,11359	C1C	0,1145
4	Z2A	0,13767	C2A	0,2793
5	Z2B	0,13720	C2B	0,1814
6	Z2C	0,11394	C2C	0,1999
7	Z3A	0,10480	C3A	0,1367
8	Z3B	0,13340	C3B	0,2547
9	Z3C	0,11374	C3C	0,3296

Realizado Por: PARRA, Joselyne.2019.

Los valores de permeabilidad al vapor de agua obtenidos son ligeramente mayores en comparación a los resultados presentados en el estudio de Charro, 2015, esto se debe al poder hidrofílico del plastificante, por lo que deja espacios intermoleculares los cuales son ocupados por las moléculas de agua, los biofilms óptimos son los que presentan valores de TVA menores. A continuación, se muestran el **Gráfico 5-5** y **Gráfico 6-5** en los que se evidencia los valores mayores y menores de TVS para los biofilms de Zanahoria Blanca y para los de Camote.

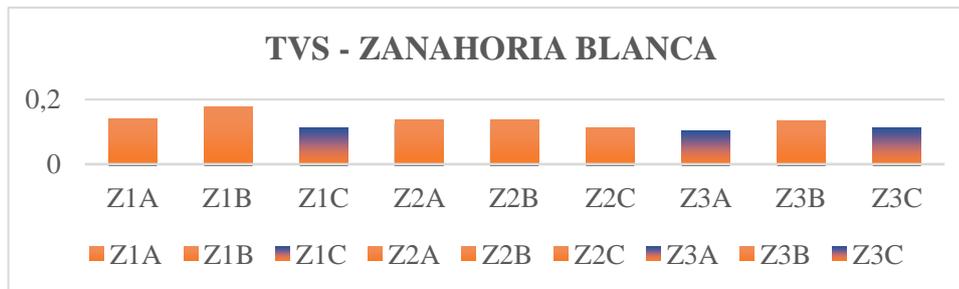


Gráfico 8-3: Representación de TVS de los biofilms de Zanahoria Blanca

Realizado Por: PARRA, Joselyne.2019.

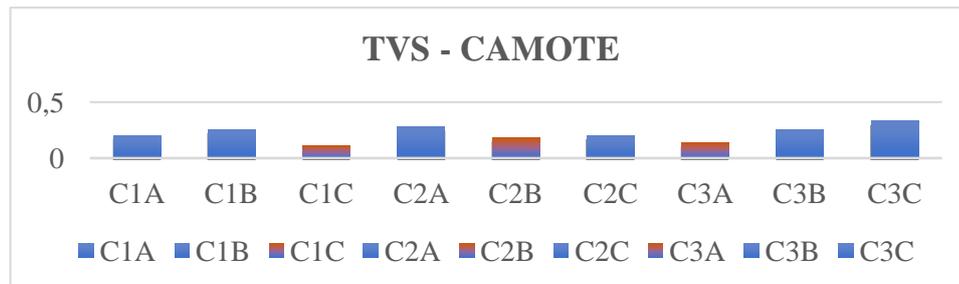


Gráfico 9-3: Representación de TVS de los biofilms de Camote

Realizado Por: PARRA, Joselyne.2019.

3.3.6 Resultados del ensayo de tracción realizados a los biofilms en base a la norma INEN 2635-2012

Tabla 41-3: Datos bibliográficos de las propiedades de tracción de investigaciones relacionadas

Estudio	Módulo de elasticidad (MPa)	Esfuerzo Máximo (MPa)	Esfuerzo de fluencia (MPa)
“Obtención de biopelículas a partir de almidón de papa” (Charro,2015)	7,6	3,09	-

Realizado Por: PARRA, Joselyne.2019.

Tabla 42-3: Resultados de las propiedades de tracción de los biofilms de Zanahoria Blanca

Nº	Muestra	Módulo de elasticidad (Mpa)	Esfuerzo Máximo (MPa)	Esfuerzo de fluencia (MPa)
1	C1C	8,217.E+00	1,25	1,11
2	C2B	1,651.E+01	1,13	0,98
3	C3A	5,985.E+00	1,89	1,69

Realizado Por: PARRA, Joselyne.2019.

Tabla 43-3: Resultados de las propiedades de tracción de los biofilms de Camote

Nº	Muestra	Módulo de elasticidad (Mpa)	Esfuerzo Máximo (MPa)	Esfuerzo de fluencia (MPa)
1	Z1C	5,820.E+00	0,54	0,52
2	Z3A	1,005.E+00	0,66	0,63
3	Z3C	2,092.E+00	0,72	0,19

Realizado Por: PARRA, Joselyne.2019.

Al analizar los resultados podemos identificar aquellos biofilms que presentaron los mayores valores de propiedades de tracción son el Z1C y C3A con un valor de 5.820.E+00 y 5.989.E+00 para el módulo de elasticidad respectivamente, al realizar la comparación con Charro,2015 en su estudio “Obtención de biopelículas a partir de almidón de papa “obtuvo los siguientes resultados para el módulo de elasticidad 7,6 MPa y de resistencia de 3,09 MPa , mientras mayor sea el módulo de elasticidad menor será su resistencia, nuestros resultados fueron menores debido al porcentaje de amilosa presente en los almidones los cuales son 10,94 % para el almidón de Zanahoria blanca y 21,20% para el almidón de Camote y 23,52 % para el almidón de papa. Siendo así los biofilms de zanahoria blanca los menos resistentes.

3.4 Prueba de Hipótesis

3.4.1 Hipótesis 1

Es posible extraer almidón de la zanahoria blanca (Arracacia Xanthorrhiza) y de camote (Ipomoea Batatas) por medio del proceso de extracción por vía húmeda.

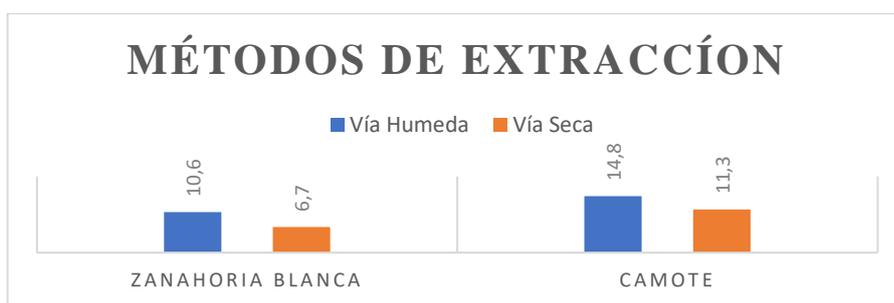


Gráfico 10-3: Diagrama de métodos de extracción de almidones

Realizado Por: PARRA, Joselyne.2019.

Como se muestra en el **Gráfico 5-5** que el mejor método de extracción de almidón tanto para la Zanahoria blanca como para el Camote es la obtención por vía húmeda diferenciándose de la extracción por vía seca debido a que presenta mayor porcentaje de rendimiento

3.4.2 Hipótesis 2

La evaluación del porcentaje de rendimiento del proceso de extracción de los almidones nos muestra que la materia prima es aceptable para obtener almidón y para su posterior aplicación en la obtención de biofilm.

Presentan un porcentaje considerable de almidón el camote tiene 14,8% de almidón y la zanahoria es de 11,3% esto nos muestra que se pueden realizar los biofilms con esta materia prima, también el porcentaje de amilasa presente en cada uno de los almidones nos indica la afinidad de estos para formar biofilm ya que este es el componente que propicia su formación.

3.4.3 Hipótesis 3

Los almidones obtenidos presentan propiedades de calidad dentro de los parámetros establecidos para su posterior uso como materia prima en la obtención de biofilm.

Luego de determinar el mejor método para la extracción del almidón se procedió a realizar pruebas de calidad establecidas en la norma INEN 1456, se realizaron ensayos de ceniza, Ph, solubilidad, temperatura de gelatinización mostrados en la **Tabla 4-5** pruebas que se realizaron en el laboratorio de procesos industriales obteniendo resultados favorables ya que todos los análisis están dentro de los parámetros establecidos.

3.4.4 Hipótesis 4

Mediante el método de casting es posible determinar concentraciones óptimas de los reactivos para obtener biofilm de calidad, así como también nos permitirá establecer las condiciones adecuadas en las que se da el proceso.

Luego de realizar los ensayos preliminares mediante el método casting, de moldeo o vaciado en placa, se pudo establecer las condiciones adecuadas las cuales fueron, a 60°C durante tres horas se realizaron tres repeticiones para cada una de las variables, para la zanahoria blanca se utilizaron composiciones 20,30 y 40% de almidón y para el camote de 10,20 y 30%, también se realizaron ensayos para identificar los rangos de plastificante en los que se forman los biofilms y estos fueron para la zanahoria blanca de 12,14 y 16% y para el camote de 8,10 y 12% resultando así mejor el almidón de camote como materia prima, estas variaciones se deben a los valores de amilosa que estos poseen se muestra en la **Tabla 5-5** se realizaron en el CINIAP (ISNTITUTO NACIONAL AUTONOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS), a mayor porcentaje de amilosa menor concentración de almidón se utilizara.

3.4.5 Hipótesis 5

Los biofilms obtenidos presentan propiedades de calidad tanto cualitativas como cuantitativas en base a la norma INEN 2635 y ASTM D1653-93 que satisfacen los requerimientos necesarios para sus posteriores usos.

Al analizar los **Gráfico 5-5** y **Gráfico 6-5** se descarta aquellos que tiene un grado de permeabilidad mayores debido a que esto va a intervenir en el proceso de conservación de los alimentos, y se escogen a los tres con un TVS menor los cuales fueron **Z1C, Z3A y Z3C** de los biofilms de zanahoria blanca y **C1C, C2B y C3A** para los de camote. Al realizarse las pruebas de tracción a las composiciones mencionadas anteriormente se mostraron los siguientes resultados

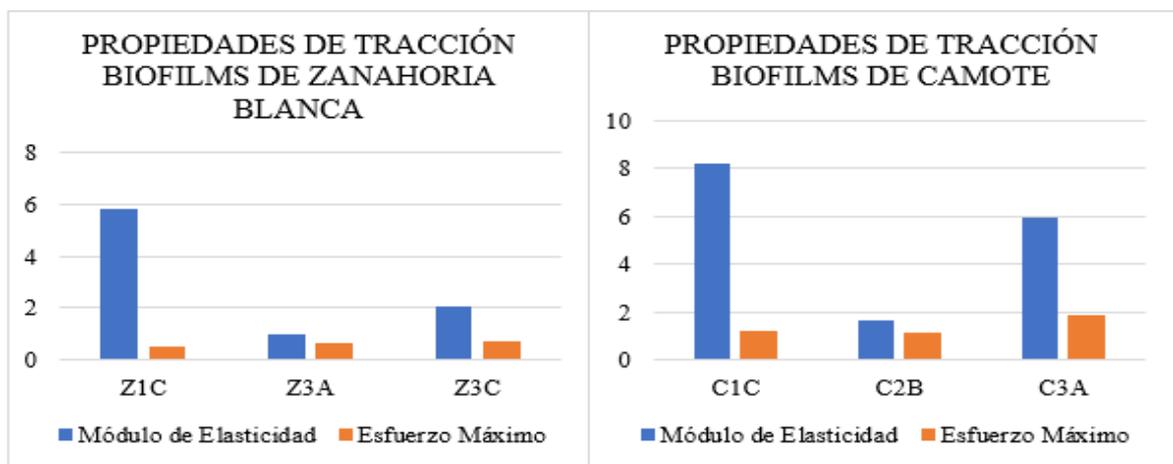


Gráfico 11-3: Propiedades de Tracción de los biofilms de Zanahoria Blanca y de Camote

Realizado Por: PARRA, Joselyne.2019.

Las concentraciones con mejores propiedades de tracción fueron **C3A** para camote y **Z1C** para el de zanahoria blanca. **C3A** tiene un módulo de elasticidad de 5,985 MPa, de esfuerzo máximo 1,89 Mpa y **Z1C** el cual tiene un módulo de elasticidad de 5,820 MPa, de esfuerzo máximo 0,54 Mpa al realizar un análisis con el estudio realizado por Mónica Charro en el 2015 llamado “Obtención de Plástico Biodegradable a partir de Almidón de Papa” sus resultados fueron, para el módulo de elasticidad 7,6 MPa y de resistencia de 3,09 MPa. Podemos deducir que al tratarse de la misma gama de material biodegradable nuestros resultados son favorables y los valores menores de esfuerzo máximo se debe a que el almidón de zanahoria blanca y del camote tienen un menor porcentaje de amilosa que la papa. Entre los dos tipos de almidones ensayados el que tiene mejores resultados es el de Camote ya que se requiere menor porcentaje del mismo para realizar los biofilms y tienen mejores propiedades de tracción.

3.5 Discusión

Para la elaboración de los biofilms se necesita obtener materia prima de calidad para lo cual se escogió al camote y a la zanahoria blanca en la obtención de almidón para identificar el mejor método de extracción se realizaron ensayos de extracción por vía húmeda y por vía seca siendo el de mayor rendimiento la extracción por vía húmeda con un porcentaje de 10,6% para el almidón de camote y un rendimiento de 14,8% para el almidón de zanahoria blanca. Siendo el almidón de camote el cual da mejores resultados de rendimiento. Se realizaron ensayos preliminares para determinar las condiciones y las concentraciones en las cuales se forman los biofilms se usó el método casting, de moldeo o vaciado en placa, las condiciones son; 60°C durante tres horas se realizaron tres repeticiones con cada una de las variables, para la zanahoria blanca se utilizaron composiciones 20,30 y 40% de almidón y para el camote de 10,20 y 30, también se realizaron ensayos con el fin de identificar los rangos de plastificante en los que se forman los biofilms y estos fueron para la zanahoria blanca de 12,14 y 16% y para el camote de 8,10 y 12% resultando mejor el almidón de camote como materia prima, estas variaciones se deben a los valores de amilosa que estos poseen se muestra en la **Tabla 5-3** se realizaron en el CINIAP (INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS), a mayor porcentaje de amilosa menor concentración de almidón se utilizara. Según Trujillo, 2014 el grado de permeabilidad de vapor deben ser menores debido a que van a interferir en el proceso de conservación de los alimentos por ello se analizaron los resultados obtenidos expuestos en los **Gráfico 5-3** y **Gráfico 6-3** se descartaron aquellos que tiene un grado de permeabilidad mayores, y se escogen a los tres con un TVS menor los cuales fueron **Z1C, Z3A y Z3C** de los biofilms de zanahoria blanca y **C1C, C2B y C3A** para los de camote. Los resultados obtenidos de ensayos de biodegradabilidad se muestran que a más de biodegradables son compostables acorde a lo mencionado en la norma INEN 2643 (Especificaciones para Plásticos Compostables) debido a que tienen una velocidad de degradación comparable a otros materiales compostables como son madera, hojas, etc. Estos resultados se dieron debido al uso de glicerina como plastificante debido a que tiene una propiedad hidrofílica que hace que su tiempo de degradación sea menor, se utilizó debido a que presenta un valor económico menor para mejorar el tiempo de vida del plástico se deberían hacer pruebas con otro plastificante siempre que los biofilms obtenidos presenten propiedades de biodegradabilidad.

Las concentraciones con mejores propiedades de tracción fueron **C3A** para camote y **Z1C** para el de zanahoria blanca. **C3A** tiene un módulo de elasticidad de 5,985 MPa, de esfuerzo máximo 1,89 Mpa y **Z1C** el cual tiene un módulo de elasticidad de 5,820 MPa, de esfuerzo máximo 0,54 Mpa estos ensayos se realizaron en base a lo establecido en la norma INEN 2635 (Método de Ensayo para las propiedades de Tracción de Láminas Plásticas Delgadas) y al realizar un análisis con el estudio realizado por Mónica Charro en el 2015 llamado "Obtención de Plástico

Biodegradable a partir de Almidón de Papa” sus resultados fueron, para el módulo de elasticidad 7,6 MPa y de resistencia de 3,09 MPa. Se pudo deducir que al tratarse de la misma gama de material biodegradable nuestros resultados son favorables y los valores menores de esfuerzo máximo se debe a que el almidón de zanahoria blanca y del camote tienen un menor porcentaje de amilosa que la papa. Entre los dos tipos de almidones ensayados el que tiene mejores resultados es el de Camote ya que se requiere menor porcentaje del mismo para realizar los biofilms y tienen mejores propiedades de tracción.

CONCLUSIONES

- El porcentaje de rendimiento del almidón extraído en la zanahoria blanca por vía seca es de 6,7% y camote 11,3%.
- Por vía húmeda el porcentaje de rendimiento del almidón extraído de zanahoria blanca es de 10,6% y para el camote 14,8%.
- Los almidones extraídos de la zanahoria blanca y del camote están dentro de los parámetros establecidos en la norma INEN 1456 (Reactivos para análisis. Almidón soluble. Métodos de ensayo) se obtuvieron los siguientes resultados para el almidón de zanahoria blanca y de camote respectivamente, los valores determinados de pH fueron 6,07 y de 6,43, los valores de viscosidad obtenidos fueron de 1417,77 SP y de 1473,50 SP, ceniza se obtuvo un 0,1225% y 0,1134%, las temperaturas de gelatinización corresponden a 61,125°C y 66,3°C y finalmente para el ensayo de solubilidad se obtuvo una ligera opacidad para cada uno de los almidones.
- La cantidad de almidón necesario para la formación de los biofilms está en relación directa al porcentaje de amilosa que contiene; por tanto, se necesitara menor cantidad de almidón de camote (21,20 % amilosa) que de almidón de zanahoria blanca (10.94 % amilosa).
- Las mejores composiciones obtenidas del ensayo de permeabilidad de vapor en base a la norma ASTM D1653-93(Método de prueba estándar para la transmisión de vapor de agua de películas de revestimiento orgánicas) fueron para los biofilms de zanahoria blanca Z1C - $0,11359 \frac{mm\ g}{m^2\ h}$; Z3A-0,10480 $\frac{mm\ g}{m^2\ h}$; Z3C-0,11374 $\frac{mm\ g}{m^2\ h}$ y para los biofilms de camote C1C- $0,1145 \frac{mm\ g}{m^2\ h}$; C2B-0,1814 $\frac{mm\ g}{m^2\ h}$; C3A-0,1367. $\frac{mm\ g}{m^2\ h}$.
- El porcentaje de solubilidad fueron para los biofilms de zanahoria blanca Z1C 66,97 % ; Z3A63, 91 % ; Z3C 67% y para los biofilms de camote C1C 52,63%; C2B59% ; C3A72,43%.
- El ensayo realizado a los biofilms para determinar su biodegradabilidad según norma INEN 2643(Especificaciones para Plásticos Compostables), los biofilms se degradan en un periodo de 3 a 4 semanas.
- A través de la evaluación de cada una de las composiciones mencionadas en la conclusión anterior mediante ensayo de tracción descrito en la norma INEN 2635 (Método de Ensayo para las propiedades de Tracción de Láminas Plásticas Delgadas) se identificó los biofilms que presentaron mejores propiedades de tracción y fueron Z1C el cual tiene un módulo de elasticidad de 5,820 MPa , de esfuerzo máximo 0,54 MPa ,esfuerzo de fluencia 0,52MPa y

de los biofilms de camote el mejor con propiedades de tracción fue el C3A tiene un módulo de elasticidad de 5,985 MPa , de esfuerzo máximo 1,89 MPa ,esfuerzo de fluencia 1,69MPa.

RECOMENDACIONES

- Durante la extracción de biofilms se obtuvo como desecho la fibra y cáscara de los tubérculos para lo cual se recomienda un posterior estudio para el aprovechamiento del mismo ya que se puede utilizar la pulpa para obtener harinas libres de gluten y la cáscara se puede utilizar como compost.
- Se recomienda utilizar un agitador automatizado con la finalidad de que la mezcla sea homogénea, evitando la formación de sólidos poco solubles.
- Luego del proceso de filtrado para la obtención de almidón se recomienda llevar a molienda para homogenizar el tamaño del gránulo y evitar así irregularidades en los biofilms.
- Para mejorar la propiedad de permeabilidad al vapor de agua y aumentar el tiempo de vida de los biofilms es necesario ensayar otros tipos de plastificantes siempre que los biofilms presenten propiedades de biodegradabilidad.
- Se recomienda aplicar un proceso de modificación a los almidones alterando sus propiedades como relación de sólido/viscosidad, temperatura de formación, aumentar o disminuir su carácter hidrofílico y así mejorar las propiedades mecánicas de los biofilms.

BIBLIOGRAFÍA

ALCÁZAR-ALAY, Sylvia Carolina, Y MEIRELES ALMEIDA, María Ángela. Propiedades fisicoquímicas, modificaciones y aplicaciones de almidones de diferentes fuentes botánicas. Ciencia y tecnología de los alimentos. E pub abril, 2015 consulta: [03 mayo 2019]. Disponible en:<https://dx.doi.org/10.1590/1678-457X.6749>

ALEMÁN HUERTA, María Elizabeth; GALÁN WONG, Luis J: MORALES RAMOS Lilia H.; ARÉVALO NIÑO Katiushka. Estudio de las propiedades y biodegradabilidad de PLÁSTICOS (CAST-FILMS) Elaborados a partir de cáscara de naranja, pectina y alcohol polivinílico (PVOH), 2015. [consulta: 16 abril 2019]. Disponible en: <https://onedrive.live.com/?cid=DADD9394A872DAED&id=DADD9394A872DAED%212120&parId=DADD9394A872DAED%212056&o=OneUp>

ASTM D1653-93(1999): Métodos de prueba estándar para la transmisión de vapor de agua de una película de recubrimiento orgánico.

BABIC, J. Acetic Acid in the Food Industry. ResearchGate. Junio2013 [consulta: 28 agosto 2019]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/268277985_Acetic_Acid_in_the_Food_Industry

BARRERA Víctor, TAPIA Cesar y MONTEROS Álvaro. Conservación y uso de la biodiversidad de raíces y tubérculos andinos: Una década de investigación para el desarrollo. 2004 [consulta: 16 mayo 2019]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=wu-b2_m8WVYC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

BASURTO, F., D. MARTÍNEZ., T. RODRÍGUEZ., V. EVANGELISTA., M. MENDOZA., D. CASTRO., J. C. GONZÁLES Y V. VAYLÓN. Conocimiento actual del cultivo de Camote (Ipomoea batata (L.) Lam) en México. Agro Productividad, 2015

BRITO, Hannibal y et al. 2018 Obtención del colorante natural del camote.. 3.2, Riobamba : s.n., 2018, Vol. 3.

BRITO, Hannibal. 2019, La ciencia al Servicio de la Salud y la Nutrición, pág. 209.

BURGOS Homero, CHÀVEZ Carlos, JULCA José, AMAYA Julio “Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente”.2006 [consulta: 16 julio 2019]. Disponible en:

<http://www.agrolalibertad.gob.pe/sites/default/files/MANUAL%20DE%20ARRACACHA%2002-12-2009.pdf>

CHARRO ESPINOSA, Mónica Margarita. Obtención de plástico biodegradable a partir de almidón de patata. Tesis de Grado para la obtención del Título de Ingeniera Química. Carrera de Ingeniería Química. Quito: UCE. 91p, 2015

CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 2009. [consulta: 21 mayo 2019]. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/convolvulaceae/ipomoea-batatas/fichas/ficha.htm>. Consultado el 20 de septiembre del 2018.

ELLIS, R. P., COCHRANE, M. P., DALE, M. F. B., DUFFUS, C. M., LYNN, A., MORRISON, I. M., PRENTICE, R. D. M., SWANSTON, J. S., & TILLER, S. A. Starch production and industrial use. Journal of the Science of Food and Agriculture, 1998 [consulta: 28 abril 2019] .Obtenido de. [http://dx.doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(199807\)77:3<289::AID-JSFA38>3.0.CO;2-D](http://dx.doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(199807)77:3<289::AID-JSFA38>3.0.CO;2-D).

ESPINOZA, P. “Caracterización de la zona de San José de Minas, Ecuador, y descripción de la situación del cultivo de arracacha”. CONDESAN-CIP. Quito, Ecuador, 1999

FOLQUER, F. La batata (Camote), Estudio de la planta y su producción comercial. Costa Rica, INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS,1978,

GONZALES Yolanda, MEZA Juan, GONZALES Ofirt y CÓRDOVA Jesus. 2011. SÍNTESIS Y BIODEGRADACIÓN DE POLIHIDROXIALCANOATOS:. Guadalajara : Universidad de Guadalajara , diciembre de 2011.

HALLEY, P., MCGLASHAN, S. and GRALTON, J. Biodegradable Polymer. US7094817. U.S. PTO. 2006.

HERNÁNDEZ-MEDINA, Marilyn, Torruco-Uco, Juan Gabriel, CHEL-GUERRERO, Luis, y BETANCUR-ANCONA, David. Caracterización fisicoquímica de almidones de

tubérculos cultivados en Yucatán, México. *Ciencia y tecnología de los alimentos*, 28 (3), 718-726.,2008

J. JANE. Propiedades, modificaciones y aplicaciones del almidón, *Journal of Macromolecular Science, Parte A*, 1995

MAZÓN, N., CASTILLO T., R., Hermann, m., y ESPINOSA a., P. La arracacha o zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) en Ecuador. Quito, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Departamento Nacional de Recursos Fitogenéticos y Biotecnología, 1996

MEDINA, Andrea. Quito desecha 277 toneladas de plástico al día. *El Comercio*, 2018. [consulta: 21 mayo 2019]. Disponible en: <https://www.elcomercio.com/actualidad/desecho-diario-plastico-basura-quito.html>

MOREIRA, R. Movilización de almacenamiento durante la germinación y establecimiento de plántulas de *Macrolobium acaciifolium* Benth. (Leguminosae) y su papel en la adaptación a los pulsos de inundación en la Amazonía.2014. [consulta: 21 mayo 2019]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/317057865_Storage_mobilization_during_germination_and_seedling_establishment_of_Macrolobium_acaciifolium_Benth_Leguminosae_and_its_role_on_the_adaptation_to_the_inundation_pulses_in_the_Amazon NTE INEN 2635(2012): Método de Ensayo para las propiedades de Tracción de Laminas Plásticas Delgadas.

PARRA, J.” VARIABILIDAD GENÉTICA DE SIETE CULTIVARES DE ARRACACHA (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) PRODUCIDOS EN LOS MUNICIPIOS DE BOYACÁ Y TURMEQUÉ (BOYACÁ) UTILIZANDO MARCADORES MICROSATÉLITES.2018 [consulta: 19 julio 2019]. Disponible en:<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/18146/ParraFuentesMadeleyne2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

PÉREZ, S., & BERTOFT, E. The molecular structures of starch components and their contribution to the architecture of starch granules: a comprehensive review. *Stich/Staerke*, 2010 [consulta: 28 abril 2019]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1002/star.201000013>.
REA, J. “Cultivos Andinos- La Agricultura Andina”. FAO. Bolivia, 1992

SANTANA, A. L., & MEIRELES, M. A. A. (2014). New starches are the trend for industry applications: a review. *Food and Public Health*, 4(5), 229-241.

SMITH, A. M. The biosynthesis of starch granules. *Biomacromolecules*, 2001 □ consulta: 16 abril 2019 □. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1021/bm000133c>. PMID: 11749190.

VIDAL, A; ZAUCEDO, A; RAMOS, Margarita. Propiedades nutrimentales del camote (*Ipomoea batatas* L.) y sus beneficios en la salud humana *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, vol. 19, núm. 2, 2018. [consulta: 19 julio 2019]. Disponible en: <https://hortintl.cals.ncsu.edu/sites/default/files/documents/81357541001.pdf>

ANEXOS

ANEXO A: PORCENTAJE DE AMILOSA DEL ALMIDÓN DE ZANAHORIA BLANCA Y DE CAMOTE



INIAP

INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
 ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA
 DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y CALIDAD
 LABORATORIO DE SERVICIO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN EN ALIMENTOS
 Paracurimana Sur Km. 1, Conchagua Tls. 2660691-3667134, Fax 3007134
 Calle postal 17-01-349



LSAIA

INFORME DE ENSAYO No: 19-175

NOMBRE PETICIONARIO: Sra. Jocelyne Parra
DIRECCION: Rocamba
FECHA DE EMISION: 11 de noviembre de 2019
FECHA DE ANALISIS: Del 30 de octubre al 11 de noviembre de 2019

Particular
 Sra. Jocelyne Parra
 29/10/2019
 13H40
 Amilosa

ANÁLISIS	HUMEDAD	AMILOSA [®]	IDENTIFICACIÓN
METODO	MO-LSAIA-01-01	MO-LSAIA-04	
METODO REF.	U. FLOREDA 1976	Marrón y Langreth 1963	
UNIDAD	%	%	
19-1252	9,77	10,94	Amidón de zanahoria blanca
19-1253	7,39	21,20	Amidón de camote

INSTITUCION:
ATENCIÓN:
FECHA DE RECEPCION:
HORA DE RECEPCION:
ANÁLISIS SOLICITADO

Particular
 Sra. Jocelyne Parra
 29/10/2019
 13H40
 Amilosa

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



Dr. Ivan Samaniego
RESPONSABLE TECNICO



RESPONSABLES DEL INFORME



Ing. Vladimir Ortiz
RESPONSABLE CALIDAD

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
 Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo.
 NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, esta dirigida únicamente al propietario de la muestra y solo podrá ser usada por esta. Si el lector de esta como abogado o no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de esta se encuentra totalmente prohibida. Si usted ha recibido esta informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por esta misma medio y elimine la información.

ANEXO B: Propiedades de tracción de los biofilms de Zanahoria blanca



Ing. J. Anibal Viñán B. MsC.

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
Nº 12	
SOLICITADO POR:	Joselyne Parra
PROYECTO DE TESIS:	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
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	PLÁSTICO BIODEGRADABLE
MATERIAL:	LAMINA DE PLASTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2019 -10
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635.012
FECHA DE ENSAYO:	10-oct-19
EQUIPO UTILIZADO: MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B	
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD	
SERIE: 7136	CERTIFICADO: LNM-F-2016500064D
CÓD IDENT: M2	
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	Z1C
CARACTERÍSTICA	LAMINA
ESPEJOR [mm]	0.93
ANCHURA [mm]	13.60
LONGITUD INICIAL [mm]	50.00
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	12.65
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	5.820.E+00
CARGA DE FLUENCIA [N]	6.58
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	0.52
CARGA MAXIMA [N]	6.87
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	0.54
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	10.77
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:

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

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

1/1

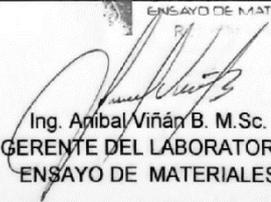
Dir: Calle Roma N°7 y Padua, Cda Politécnica

Tel: 032924420 - Cel: 0987260955

email: jvinan54@lenmav.com
Riobamba - Ecuador

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
Nº 16	
SOLICITADO POR:	Joselyne Parra
PROYECTO DE TESIS:	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
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUIMICA
TIPO DE MATERIAL:	PLÁSTICO BIODEGRADABLE
MATERIAL:	LÁMINA DE PLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2019 -10
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635-012
FECHA DE ENSAYO:	10-oct-19
EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B	
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD	
SERIE: 7136	CERTIFICADO: LNM-F-2016500064D
CÓD IDENT: M2	
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	Z3A
CARACTERÍSTICA	LÁMINA
ESPESOR [mm]	1.03
ANCHURA [mm]	20.20
LONGITUD INICIAL [mm]	50.00
SECCION TRANSVERSAL [mm²]	20.81
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	1.005.E+01
CARGA DE FLUENCIA [N]	13.11
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	0.63
CARGA MAXIMA [N]	13.73
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	0.66
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	15.54
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:



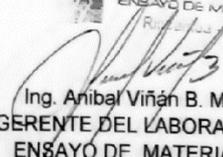
Ing. Anibal Viñan B. MsC.
GERENTE DEL LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

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

1/1

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
N° 12	
SOLICITADO POR:	Joselyne Parra
PROYECTO DE TESIS:	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
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	PLÁSTICO BIODEGRADABLE
MATERIAL:	LÁMINA DE PLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2019 -10
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635 012
FECHA DE ENSAYO:	10-oct-19
EQUIPO UTILIZADO: MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B	
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO. LTD	
SERIE: 7136	CERTIFICADO: LNM-F-2016500064D
CÓD IDENT: M2	
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL.	Z1C
CARACTERÍSTICA	LÁMINA
ESPESOR [mm]	0.93
ANCHURA [mm]	13.60
LONGITUD INICIAL [mm]	50.00
SECCION TRANSVERSAL [mm²]	12.65
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	5.820.E+00
CARGA DE FLUENCIA [N]	6.58
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	0.52
CARGA MAXIMA [N]	6.87
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	0.54
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	10.77
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:



LenMaV
LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

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

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

1/1

ANEXO C: Propiedades de tracción de biofilms de Camote



Ing. J. Anibal Viñán B. MSc.

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
N° 05	
SOLICITADO POR:	Joselyne Parra
PROYECTO DE TESIS:	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
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	PLÁSTICO BIODEGRADABLE
MATERIAL:	LÁMINA DE PLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2019 -10
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635-012
FECHA DE ENSAYO:	10-oct-19
EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B	
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD	
SERIE: 7136	CERTIFICADO: LNM-F-2016500064D
CÓD IDENT: M2	
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	C2B
CARACTERÍSTICA	LÁMINA
ESPESOR [mm]	1.38
ANCHURA [mm]	9.40
LONGITUD INICIAL [mm]	50.00
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	12.97
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	1.651.E+01
CARGA DE FLUENCIA [N]	12.71
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	0.98
CARGA MAXIMA [N]	14.72
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	1.13
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	2.55
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:



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

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

1/1

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

Tel: 032924420 - Cel: 0987260955

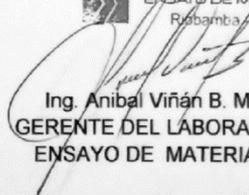
email: jvinan54@lenmav.com
Riobamba - Ecuador

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
N° 07	
SOLICITADO POR:	Joselyne Parra
PROYECTO DE TESIS:	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
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	PLÁSTICO BIODEGRADABLE
MATERIAL:	LAMINA DE PLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2019 -10
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635-012
FECHA DE ENSAYO:	10-oct-19
EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B	
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD	
SERIE: 7136	CERTIFICADO: LNM-F-2016500064D
CÓD IDENT: M2	
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	C3A
CARACTERÍSTICA	LÁMINA
ESPESOR [mm]	1.36
ANCHURA [mm]	17.20
LONGITUD INICIAL [mm]	50.00
SECCION TRANSVERSAL [mm²]	23.39
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	5.985 E+00
CARGA DE FLUENCIA [N]	39.53
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	1.69
CARGA MAXIMA [N]	44.15
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	1.89
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	14.73
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:



LenMaV
LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES
Riobamba, Ecuador



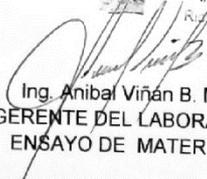
Ing. Anibal Viñan B. M.Sc.
GERENTE DEL LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

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

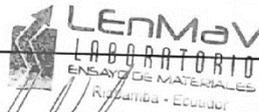
1/1

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
N° 03	
SOLICITADO POR:	Joselyne Parra
PROYECTO DE TESIS:	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
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUIMICA
TIPO DE MATERIAL:	PLÁSTICO BIODEGRADABLE
MATERIAL:	LAMINA DE PLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2019-10
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635 012
FECHA DE ENSAYO:	10-oct-19
EQUIPO UTILIZADO: MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B	
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD	
SERIE: 7136	CERTIFICADO: LNM-F-2016500064D
CÓD IDENT: M2	
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	C1C
CARACTERÍSTICA	LÁMINA
ESPESOR [mm]	1
ANCHURA [mm]	14.10
LONGITUD INICIAL [mm]	50.00
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	14.10
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	8.217.E+00
CARGA DE FLUENCIA [N]	15.65
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	1.11
CARGA MAXIMA [N]	17.66
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	1.25
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	15.24
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:



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



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

1/1

ANEXO D: Método de extracción de almidón por vía seca



a)



b)



c)



d)



e)

- a) Materia prima usada
- b) Camote rayado
- c) Zanahoria blanca rayada
- d) Materia seca
- e) Molienda

ANEXO E: Método de almidón por vía húmeda



a)



b)



c)



d)



e)

- a) Pelado y lavado de la materia prima
- b) Pesaje de la materia prima
- c) Reposo en solución con metabisulfito de sodio
- d) Desintegración
- e) Filtración

Continuación – ANEXO E



f)



g)



h)



i)



j)



k)

- f) Pulpa residuo del proceso de filtración
- g) Decantación del filtrado
- h) Almidón húmedo
- i) Secado del almidón en un secador de bandejas tipo armario
- j) Pesaje del almidón seco
- k) Almidón extraído por vía húmeda

ANEXO F: Ensayos realizados a los almidones



a)



b)



c)



d)



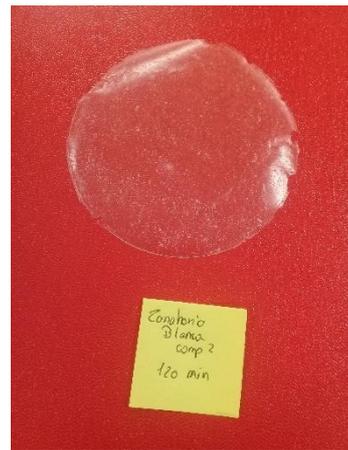
e)

- a) Prueba de solubilidad
- b) Medición de pH
- c) Determinación de la temperatura de gelatinización
- d) Prueba de ceniza

ANEXO G: Biofilms de Almidón de zanahoria blanca y de Camote a ensayar



a)



b)



c)



d)



e)

- a) Pruebas preliminares para biofilms
- b) Pruebas preliminares para biofilms
- c) Pruebas preliminares para biofilms
- d) Moldeo de los biofilms
- e) Muestras para las determinar propiedades de tracción

ANEXO H: Ensayos físicos realizados a los biofilms



a)



b)



c)

- a) Medición de espesor
- b) Prueba de humedad
- c) Ensayo de solubilidad



h)



i)

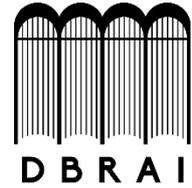


j)

- d) Máquina universal para pruebas de tracción de materiales
- e) Medición de propiedades de tracción del biofilm de zanahoria blanca
- f) Medición de propiedades de tracción del biofilm de camote



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**



**DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS
PARA EL APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACIÓN**

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

Fecha de entrega: 5 /02 /2020

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: JOSELYNE BRIGGITTE PARRA PÉREZ
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: FACULTAD DE CIENCIAS
Carrera: INGENIERÍA QUÍMICA
Título a optar: INGENIERO QUÍMICO
f. Analista de Biblioteca responsable: