



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

VALORACIÓN DE LOS RESIDUOS DE *Ipomoea batatas* (CAMOTE)
PARA LA ELABORACIÓN DE MATERIAL PLÁSTICO
BIODEGRADABLE

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA AMBIENTAL

AUTORA: TATIANA NATALI GAONA GUALPA

DIRECTOR: Ing. HANNIBAL LORENZO BRITO MOINA, PhD.

Riobamba – Ecuador

2022

©2022, Tatiana Natali Gaona Gualpa

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, TATIANA NATALI GAONA GUALPA, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 16 de noviembre del 2022.




A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Tatiana Gualpa', is written over a horizontal line.

Tatiana Natali Gaona Gualpa

C.I. 070610788-5

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto de Investigación, **VALORACIÓN DE LOS RESIDUOS DE *Ipomoea batatas* (CAMOTE) PARA LA ELABORACIÓN DE MATERIAL PLÁSTICO BIODEGRADABLE**, realizado por la señorita: **TATIANA NATALI GAONA GUALPA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Paul Rolando Armas Pesantez, MSc. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2022-11-16
Ing. Hanníbal Lorenzo Brito Moína, PhD. DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2022-11-16
Ing. Juan Carlos Gonzáles García, MSc. MIEMBRO DEL TRIBUNAL		2022-11-16

DEDICATORIA

El presente Trabajo de Integración Curricular quiero dedicarlo a mi madre, Aracely Jeaqueline Gualpa Galarza por todo el apoyo incondicional que me ha brindado y nunca dejar de creer en mí, por la paciencia y amor cada que he sentido caer, por ser inspiración en cada una de mis batallas, sin ella esto nunca hubiera sido posible, toda mi gratitud y amor es para ella.

Tatiana

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por nunca dejarme sola darme salud y muchas fuerzas para jamás rendirme a pesar de las adversidades.

Agradezco a mi madre por ser ese pilar fundamental a lo largo de toda mi trayectoria académica.

A mi docente y director de tesis Ing. Hannibal Brito por toda la ayuda necesaria que me brindó para culminar mi Trabajo de Integración Curricular.

A todas las personas que conocí en mi vida académica y siempre que pudieron nunca dudaron en brindarme su apoyo.

Tatiana

TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1.	MARCO TEÓRICO	3
1.1.	Antecedentes.....	3
1.2.	Bases Teóricas	5
1.2.1.	<i>Residuos</i>	5
1.2.2.	<i>Residuo Sólido Urbano</i>	5
1.2.3.	<i>Residuos Sólidos Orgánicos (RSO)</i>	5
1.2.4.	<i>Camote</i>	5
1.2.5.	<i>Taxonomía.....</i>	6
1.2.6.	<i>Contenido nutricional del camote</i>	6
1.2.7.	<i>Fenología a nivel comercial.....</i>	7
1.2.8.	<i>Siembra y época de cultivo del camote</i>	8
1.2.9.	<i>Requerimiento climáticos y edáficos</i>	9
1.2.10.	<i>Variedad de Camote</i>	9
1.2.11.	<i>El cultivo del camote en el Ecuador</i>	10
1.2.12.	<i>Factores climáticos</i>	10
1.2.13.	<i>Mapa de zonificación agroecológica de camote</i>	11
1.2.14.	<i>El consumo y la aceptabilidad del camote en el Ecuador</i>	12
1.2.15.	<i>Distribución del camote en el Ecuador</i>	13
1.2.16.	<i>Cultivo del camote en el Ecuador</i>	14
1.2.17.	<i>Costos de producción en el Ecuador</i>	14
1.2.18.	<i>Almacenamiento.....</i>	15
1.2.19.	<i>Bioplástico y sus compuestos</i>	15
1.2.20.	<i>Biopolímero a base de materiales orgánicos de residuos</i>	16
1.2.21.	<i>Demanda del bioplástico</i>	16

1.2.22.	<i>Bioplásticos en Ecuador</i>	17
1.2.23.	<i>Polímero Ecológico en el Ecuador</i>	17
1.2.24.	<i>Posibilidad de industrializar bioplástico en el Ecuador</i>	18
1.2.25.	<i>Ecuador avanza en el proceso de independizarse de los plásticos</i>	18
1.2.26.	<i>Materiales de empaque basados en Almidón</i>	19
1.2.27.	<i>Incremento del plástico a partir de recursos renovables</i>	19
1.2.28.	<i>La contaminación ambiental</i>	20
1.2.29.	<i>Contaminación Ambiental provocada por residuos plásticos</i>	20
1.2.30.	<i>Industria del plástico en el Ecuador y desechos generados</i>	20
1.2.31.	<i>Clasificación del plástico</i>	22
1.3.	Bases conceptuales	23
1.4.	Base Legal	24
1.4.1.	<i>Políticas para gestión integral de plásticos en el ecuador</i>	24

CAPÍTULO II

2.	METODOLOGÍA	26
2.1.	Tipo de investigación	26
2.2.	Diseño de investigación	26
2.3.	Identificación de las variables	27
2.4.	Planteamiento de hipótesis	27
2.5.	Unidad de análisis	28
2.6.	Localización de Estudio	28
2.7.	Población de estudio	28
2.8.	Tamaño de muestra	28
2.9.	Método de muestreo	28
2.10.	Técnica de recolección de datos	29
2.10.1.	<i>Obtención del almidón</i>	29
2.10.2.	<i>Caracterización del almidón de camote <i>Ipomoea batatas</i></i>	30
2.10.3.	<i>Técnica de caracterización del almidón extraído</i>	31
2.10.4.	<i>Técnica de obtención de biofilm</i>	35
2.10.5.	<i>Caracterización de los biofilms</i>	37

CAPÍTULO III

3.	CALCULOS Y RESULTADOS	40
3.1.	Características morfológicas de la materia prima	40
3.1.1.	<i>Rendimiento del proceso de extracción del almidón</i>	41
3.2.	Caracterización fisicoquímicos y microbiológico del almidón de los residuos de camote	43
3.2.1.	<i>Prueba de pH</i>	43
3.2.2.	<i>Viscosidad de Brookfield</i>	44
3.2.3.	<i>Temperatura de gelatinización</i>	44
3.2.4.	<i>Índice de absorción de agua, solubilidad en agua y poder de hinchamiento</i> ...	45
3.2.4.1.	<i>Índice de absorción de agua (IAA)</i>	45
3.2.4.2.	<i>Índice de solubilidad en agua (ISA)</i>	45
3.2.4.3.	<i>Poder de hinchamiento (PH)</i>	46
3.2.5.	<i>Humedad y cenizas</i>	48
3.2.6.	<i>Amilopectina</i>	49
3.2.7.	<i>Análisis microbiológicos</i>	49
3.2.8.	<i>Obtención de biofilm</i>	50
3.3.	Caracterización del biofilm	51
3.3.1.	<i>Espesor</i>	51
3.3.2.	<i>Humedad</i>	52
3.3.3.	<i>Solubilidad del agua</i>	54
3.3.4.	<i>Permeabilidad</i>	55
3.3.4.1.	<i>Transmisión de vapor (WVP)</i>	55
3.3.5.	<i>Propiedades mecánicas</i>	56
3.3.6.	<i>Biodegradabilidad</i>	60
	CONCLUSIONES	63
	RECOMENDACIONES	64
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Taxonomía del camote	6
Tabla 2-1:	Contenido nutrimental del camote	6
Tabla 3-1:	Composición nutrimental del camote de acuerdo con los tipos de cocción.....	7
Tabla 4-1:	Fenología del camote	7
Tabla 5-1:	Culminación de cultivo	8
Tabla 6-1:	Época de cultivo.....	8
Tabla 7-1:	Condiciones climáticas	9
Tabla 8-1:	Condiciones del suelo	9
Tabla 9-1:	Factores climáticos de cultivo.....	10
Tabla 10-1:	Consumo y aceptabilidad del camote.....	12
Tabla 11-1:	Producción mundial de camote por continente (Toneladas).....	14
Tabla 12-1:	Costos de producción en el Ecuador	15
Tabla 13-1:	Demanda del bioplástico.....	16
Tabla 1-2:	Tabla ANOVA	27
Tabla 2-2:	VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN	27
Tabla 3-2:	Metodología para la obtención del almidón.....	29
Tabla 4-2:	Caracterización del almidón.....	31
Tabla 5-2:	Técnica aplicada.....	35
Tabla 6-2:	Caracterización de los biofilms	37
Tabla 1-3:	Características macro-mofológicas del camote	40
Tabla 2-3:	Análisis organoléptico del camote	40
Tabla 3-3:	Proceso de extracción del almidón.....	41
Tabla 4-3:	Rendimiento del proceso de extracción del almidón	42
Tabla 5-3:	Resultados de las pruebas de pH.....	43
Tabla 6-3:	Viscosidad de Brookfield.....	44
Tabla 7-3:	Temperatura de gelatinización	44
Tabla 8-3:	Índice de absorción de agua.....	45
Tabla 9-3:	Índice ISA	46
Tabla 10-3:	Análisis de PH.....	47
Tabla 11-3:	Datos de humedad y ceniza.....	48
Tabla 12-3:	Datos de humedad y ceniza.....	48
Tabla 13-3:	Resultados de Amilosa y Amilopectina	49
Tabla 14-3:	Resultados microbiológicos	50

Tabla 15-3:	Formulación de biofilms	50
Tabla 16-3:	Datos de espesor de las biopelículas	51
Tabla 17-3:	Humedad de las biopelículas	52
Tabla 18-3:	Solubilidad de bioplásticos	54
Tabla 19-3:	Grado de transmisión de vapor de agua	55
Tabla 20-3:	Propiedades mecánicas de los biofilms.....	56
Tabla 21-3:	Promedio de las propiedades mecánicas de los biofilms	57
Tabla 22-3:	ANOVA propiedades mecánicas	58
Tabla 23-3:	Prueba de Tukey propiedad carga máxima	59
Tabla 24-3:	Prueba de Tukey propiedad esfuerzo máximo	59
Tabla 25-3:	Biodegradabilidad en suelo.....	60
Tabla 26-3:	Biodegradabilidad en agua.....	61
Tabla: 27-3:	Biodegradabilidad en el ambiente	61

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-2:	Diseño de investigación	26
Ilustración 2-2:	Diagrama de flujo de obtención de las biopelículas	36
Ilustración 1-3:	Promedio de humedad por cada tratamiento	53
Ilustración 2-3:	Promedio de solubilidad por cada tratamiento	54
Ilustración 3-3:	WVP cada tratamiento	55
Ilustración 4-3:	Promedio de propiedades mecánicas por cada tratamiento.....	57
Ilustración 5-3:	Promedio de biodegradabilidad de cada tratamiento.....	62

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN DE LOS RESIDUOS DE CAMOTE
- ANEXO B:** CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN (CENIZA, TEMPERATURA DE GELATINIZACIÓN, VISCOSIDAD)
- ANEXO C:** CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN (SOLUBILIDAD, PH)
- ANEXO D:** OBTENCIÓN DE BIOPELÍCULAS
- ANEXO E:** SOLUBILIDAD EN AGUA DE BIOFILMS
- ANEXO F:** HUMEDAD DE BIOFILMS
- ANEXO G:** GRADO DE TRANSMISIÓN DE VAPOR DE AGUA DE BIOFILMS
- ANEXO H:** PROPIEDADES MECÁNICAS BIOFILM Y BIODEGRADABILIDAD
- ANEXO I:** ANÁLISIS DE AMILOSA
- ANEXO J:** ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL ALMIDÓN

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue evaluar residuos de camote (*Ipomoea batatas*) para materiales plásticos biodegradables con el fin de crear nuevas alternativas ecológicas al uso indiscriminado actual de plásticos sintéticos. El carácter de la investigación fue mixto experimental, primero se realizó el lavado y pelado de la materia prima recolectada de los principales mercados de la ciudad de Riobamba, posteriormente se extrajo el almidón con un diseño factorial 2k con cuatro repeticiones, basado en la norma INEN 1456, con el fin de obtener el tratamiento adecuado. Una vez obtenido el almidón ideal, se formularon seis tratamientos, T1(A), T2(B), T3(C), T4(D), T5(E), T6(F), con diferentes cantidades de agua, ácido acético y glicerina, la cantidad de almidón fue constante, las biopelículas obtenidas se sometieron a pruebas fisicoquímicas y mecánicas según la norma INEN 2635, y finalmente se analizó la biodegradabilidad en tres ambientes durante 42 días. Los valores obtenidos muestran que, entre los seis tratamientos, el T1(A) es el que presenta propiedades fisicoquímicas ideales (humedad 15,98%, solubilidad 26,45%, espesor 0,2 mm, permeabilidad al vapor de agua 2,68E-07 g/h.Mpa.m), el T5(E) es el de propiedades mecánicas idóneas (12,86n de carga máxima, 2,6 mm de desplazamiento máximo, 4,03 MPa de esfuerzo máximo, 7,03% de deformación y 2,62 de rotura por carga) y finalmente el T6(F) presenta el mayor porcentaje de biodegradación de 34,66% en los tres ambientes. Al final se concluyó que los mejores tratamientos para la obtención de láminas bioplásticas son el T1, T4 y T6 por las características que presentan. Se recomienda analizar nuevas combinaciones químicas en la producción de biopelículas a base de camote para mejorar la calidad de las propiedades de las biopelículas.

Palabras clave: <CAMOTE (*Ipomoea batatas*)>, <TRATAMIENTO>, <PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS>, <PROPIEDADES MECÁNICAS>, <BIODEGRADABILIDAD>.


D.B.R.A.J.
Ing. Crísthian Castilla



2218-DBRA-UTP-2022

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate sweet potato (*Ipomoea batatas*) residues for biodegradable plastic materials to create new ecological alternatives to the current indiscriminate use of synthetic plastics. This study uses a mixed-methods approach; first, the raw material gathered from the main market in Riobamba. The material was washed and peeled; then, the starch was extracted using a 2k factorial design with four repetitions, based on the INEN 1456 standard, to achieve the proper treatment. After obtaining the ideal starch, six treatments were formulated, T1(A), T2(B), T3(C), T4(D), T5(E), and T6(F), with different amounts of water, acetic acid and glycerine, the amount of starch was constant; the biofilms obtained were subjected to physicochemical and mechanical tests according to the INEN 2635 standard, and finally, the biodegradability was analysed in three environments for 42 days. The results show that, among the six treatments, T1(A) is the one that presents ideal physicochemical properties (humidity 15.98%, solubility 26.45%, thickness 0.2 mm, water vapour permeability $2.68E-07$ g/h.Mpa.m), the T5(E) is the one with the ideal mechanical properties (12.86n of maximum load, 2.6 mm of maximum displacement, 4.03 MPa of maximum effort, 7.03% of deformation and 2.62 breaks per load). Finally, T6(F) presents the highest percentage of biodegradation at 34.66% in the three environments. In the end, it was concluded that the best treatments for obtaining bioplastic sheets are T1, T4 and T6 due to the characteristics they present. Therefore, it is recommended to analyse new chemical combinations in the production of sweet potato-based biofilms to improve the quality of biofilm properties.

Keywords: <SWEETPOTATO (*Ipomoea batatas*)>, <TREATMENT>, <PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES>, <MECHANICAL PROPERTIES>, <BIODEGRADABILITY>.



Ing. Paul Obregón. Mgs
0601927122

INTRODUCCIÓN

Los bioplásticos, tienen un origen natural que provienen de fuentes renovables como residuos agrícolas ricos en almidón siendo estos de carácter biodegradable. Podemos planear entonces a estos como una alternativa para reducir los impactos al ambiente por uso de plásticos obtenidos a base de polimerización de derivados de petróleo.

Estos bioplásticos se caracterizan en el uso del almidón como materia prima, ya que es disponible con facilidad, no son caros, es biodegradable. Renovable y económicamente más accesible que los derivados del petróleo.

El almidón es un carbohidrato de gran abundancia, está compuesto por gránulos cristalinos insolubles en agua. (INIAP, 2017, p.1). Las propiedades funcionales, químicas y físicas de la amilosa permiten su aplicación en la fabricación de bioplásticos.

Ecuador es un país predominantemente agrícola con tierras muy productivas gracias a su ubicación geográfica lo que influye sobre los pisos climáticos resultando siendo tierras ricas en productos agrícolas.

El camote se cultiva en más de 111 países. Asia con 82% es la mayor región productora de camote del mundo, siendo China el más significativo, lo utilizan para consumo humano y animal, como alimento, almidón, alcohol y otros productos industriales (INIAP, 2017, p.4).

En Ecuador el tradicional camote se lo siembra en la Costa, Sierra y Oriente, existen localidades en particular en provincias como Manabí, Guayas, Imbabura, Pastaza, Loja y Morona Santiago, donde el suelo, clima y altitud es propicio. Su producción no tiene altos costos por insumos y es apto para pequeñas extensiones. La superficie sembrada no supera las 1147 ha frente a Perú que tiene 15 000 ha (Mena, 2012, p.1).

El uso del camote se enfoca principalmente en la elaboración de alimentos y también usos alternativos como harina de camote sustituyendo en un 30 % a la de trigo en panificación. Es necesario realizar investigaciones para fomentar el uso de este tubérculo en posibilidades alimenticias y económicas, especialmente como sustituto de otros productos, como es el caso del plástico, que mediante la obtención del almidón podemos lograr un material plástico biodegradable a menor costo y amigable con el ambiente, creando también una alternativa de ingresos económicos a los agricultores de estos productos, dándole un segundo uso a los residuos de camote.

OBJETIVOS

General

Valorizar los residuos de *Ipomoea batatas* (camote) para obtener material plástico biodegradable.

Específicos

- Obtener almidón a base de los residuos *Ipomoea batatas* (camote).
- Efectuar la caracterización física, química, microbiológica del almidón del camote.
- Identificar las posibles combinaciones de aditivos para la elaboración de bioplásticos.
- Evaluar el bioplástico obtenido mediante su caracterización en base a las normas INEN 2635 (Método de Ensayo para las propiedades de Tracción de Láminas Plásticas Delgadas).
- Identificar el tiempo de biodegradabilidad del bioplástico.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

El camote se domesticó hace más de 5000 años y se cree que el proceso ocurrió en América del Sur y Central, el camote se extendió a Asia, África y América Latina en los siglos XVII y XVIII porque es un cultivo resistente y adaptable y ahora se cultiva en más países que cualquier otra raíz comestible (CIP, 2010; citado en Franz, 2010, p.2).

La producción de este tubérculo ocupa el séptimo lugar, la producción mundial es de más de 133 millones de toneladas, Asia es el mayor productor con una producción anual de 125 millones de toneladas, de las cuales China produce 90 millones de toneladas, cerca de la mitad de la producción de Asia es para alimentación animal y el resto es fresco o procesado para consumo humano (CIP, 2010; citado en Franz, 2010, p.2).

El procesamiento de camote para consumo humano puede variar desde la simple producción de hojuelas secadas al sol hasta el uso de técnicas sofisticadas para obtener productos congelados, enlatados o deshidratados. También se puede procesar en formas para su adición indirecta a la dieta, como almidones, jarabes, bebidas alcohólicas, colorantes alimentarios, enzimas y proteínas de hojas (Larenas y Acatino, 1994; citado en Franz, 2010, p.2).

La industria del plástico se remonta a mediados del siglo XX y, desde entonces, la industria ha crecido significativamente, produciendo una amplia variedad de plásticos sintéticos de alto rendimiento y bajo costo. El uso de estos materiales se ha incrementado dramáticamente y al desecharlos genera un gran problema ya que representa un costo e incluso un impacto perjudicial para el medio ambiente (Parra, 2019, pp.5-6).

Los polímeros sintéticos no biodegradables ocasionan serios problemas de contaminación ya que no se degradan fácilmente y en algunos casos se debe esperar miles de años para que la degradación suceda. Por este motivo, se deben encontrar nuevas alternativas más respetuosas con el medio ambiente para sustituirlos. Las regulaciones existentes prohíben el uso excesivo de plásticos tradicionales, por lo que existe la necesidad de otras fuentes de estos plásticos que sean renovables (Vega, 2020, p.1) Se estima que para 2050 en nuestros océanos habrá más plástico que pescado.

Algunas provincias del Ecuador producen excedentes de productos agrícolas, como papa, maíz, etc., que tienen un alto contenido de almidón y pueden ser utilizados como materia prima para la obtención de bioplásticos, fomentando así el desarrollo económico de la población agrícola. El almidón es un abundante biopolímero que puede ser utilizado para la obtención de plásticos

biodegradables, ya que, por sus propiedades, una vez procesado y plastificado, puede ser sometido a procesos como el soplado, termoformado o extrusión (Vega, 2020, p.1). Se han realizado varios estudios enfocados en obtener biopelículas a partir de almidón con propiedades iguales o similares a sus contrapartes sintéticas. La mayoría de los estudios han concluido que las películas biodegradables se obtienen con altos rendimientos a partir del almidón, y la presencia de amilasas en el almidón genera fuerzas polares que mejoran las propiedades mecánicas y de barrera de las películas biodegradables (Parra, 2019, pp. 5-6).

1.2. Bases Teóricas

1.2.1. Residuos

Se entiende por residuo cualquier material o sustancia sólido o semisólido de origen orgánico e inorgánico, precedero o no, utilizado o consumido en los hogares, industrias, actividades comerciales, establecimientos de servicios y establecimientos de salud (Reglamento Metropolitano N° 0332 de 2010, p.78).

1.2.2. Residuo Sólido Urbano

Los residuos sólidos urbanos se refieren a cualquier objeto, material, sustancia o elemento sólido que se desecha después de su consumo o uso y puede ser aprovechado o transformado en nuevas mercancías de valor económico (Reglamento Metropolitano N° 0332 de 2010, p.78).

1.2.3. Residuos Sólidos Orgánicos (RSO)

Todos los materiales derivados de restos de productos orgánicos metabolizables biológicamente, tales como: restos de comida, restos de jardín, madera, frutas y verduras (Reglamento Metropolitano N° 0332 de 2010, p.78).

1.2.4. Camote

El camote es un tubérculo cultivado en todo el mundo con una producción mundial de 150 millones de toneladas (Basurto et al., 2015: p.). Es un cultivo de fácil propagación y con pocos requerimientos nutricionales, por lo que sus costos de producción son bajos. Las batatas contienen importantes propiedades nutricionales que las convierten en un alimento altamente nutritivo que se puede utilizar como alternativa en los países en desarrollo donde los alimentos escasean (Vidal et al., 2018: p.2).

Este tubérculo es rico en vitaminas y minerales, cabe mencionar que el valor nutricional puede variar según la variedad analizada y el tipo de cocción que se utilice. Su composición ofrece múltiples beneficios para la salud, propiedades cardioprotectoras, hepatoprotectoras, anticancerígenas, antiobesogénicas, antienvjecimiento, antidiabéticas, antiulcerogénicas entre otras, por lo que se promueve como alimento funcional en enfermedades crónico-degenerativas para reducir su incidencia y prevalencia (Vidal et al., 2018: p.2).

1.2.5. Taxonomía

Según Cobeña et al. (2017: pp.21-22) la clasificación taxonómica del camote es la siguiente:

Tabla 1-1: Taxonomía del camote

Reino	Plantae
Familia	Convolvulaceae
Tribu	Ipomoeae
Género	<i>Ipomoea</i>
Subgénero	Quamoclit
Sección	Batatas
Especie	<i>Ipomoea batatas</i> (L.) Lam

Fuente: Cobeña, 2017.

Realizado por: Gaona, Tatiana, 2022.

1.2.6. Contenido nutricional del camote

El camote es un cultivo autóctono con una variedad de usos, desde el consumo humano hasta la alimentación animal (especialmente para vacas y cerdos), hasta usos industrial para la producción de almidón, alcohol, snacks, harina y más (Pinto, 2012, p.1). Se han realizado varios estudios para comprender el contenido nutricional de los tubérculos de camote. Es un alimento rico en carbohidratos, proteínas, lípidos, carotenoides, vitaminas A, C, riboflavina, niacina, fibra y agua (Wanget et al., 2016; citado en Vidal, 2018, p.5). La dulzura del camote resulta de la degradación del almidón en monosacáridos como la sacarosa, que es el componente más grande, seguido de la fructosa y la glucosa. Entre los carbohidratos no digeribles en humanos encontramos la celulosa y la hemicelulosa, que actúan como fibras y aceleran el tránsito intestinal (Martí, 2016; citado en Vidal, 2018, p.5).

Tabla 2-1: Contenido nutrimental del camote

Contenido	Unidad/100gr
Agua	64 - 74 gr
Fibra	1,2 - 3,5 gr
Lípidos	0,5 - 2,1 gr
Proteína	1,2 - 7,2 gr
Grasas	0,4 - 3 gr
Carbohidratos	20,19 - 27,3 gr

Azúcar	4,18 - 9,7 gr
Glucosa	2,37 - 4,68 mg
Sacarosa	56,94 - 59,97 mg
Fructosa	1,43 - 4 mg
Almidones	11,8 gr

Fuente: Vidal et al., 2018.

Realizado por: Gaona, Tatiana, 2022.

Tabla 3-1: Composición nutricional del camote de acuerdo con los tipos de cocción

Contenido	Camote Fresco (unidad/100g)	Camote Hervido (Unidad/100g)	Camote horneado (Unidad/100g)
Materia seca	31,07 - 33,76 gr	33 - 37,65 gr	36,55 - 40,65 gr
Cenizas	2,13 - 2,54 gr	2,19 - 2,60 gr	2,31 - 2,62 gr
Fibra cruda	2,33 - 2,65 gr	2,45 - 2,76 gr	2,11 - 2,64 gr
Proteína	4,29 - 5,08 gr	4,36 - 5,03 gr	3,54 - 4,56 gr
Almidón	63,90 - 64,89 gr	49,22 - 57,43 gr	55,80 - 60,22 gr
Ácido ascórbico	14,07 - 20,18 mg	24,77 - 37,15 gr	19,43 - 27,88 gr
Glucosa	2,73 - 4,68 mg	1,34 - 3,94 mg	1,72 - 4,90 mg
Fructosa	1,13 - 4 mg	1,42 - 3,75 mg	1,24 - 3,38 mg
Sucralosa	56,94 - 59,97 mg	48,99 - 61,50 mg	55,52 - 64,36 mg
Maltosa	-----	48,13 - 122,81 mg	48,52 - 56,27 mg
B-caroteno	5,63 - 15,93 mg	3,28 - 12,64 mg	1,15 - 10,07 mg
RAW (Retinol activy equivalent)	169,5 - 439,6 ug	102,3 - 353,1 ug	31,65 - 260,5 ug

Fuente: Vidal et al., 2018.

Realizado por: Gaona, Tatiana, 2022.

1.2.7. Fenología a nivel comercial

Cusamano (2013), manifiesta que las fenológicas para una variedad de camote a nivel comercial son:

Tabla 4-1: Fenología del camote

Estado	Tiempo
Brotación	8-10 días
Fase vegetativa	65 días

Floración	73 días
Cosecha	120-150 días

Fuente: Cobeña et al., 2017.

Realizado por: Gaona, Tatiana, 2022.

Estos mismos autores, señalan, que, de acuerdo con el fin comercial del cultivo, se determinan tres categorías (Cobeña et al., 2017, p.30):

Tabla 5-1: Culminación de cultivo

Estado	Tiempo
Precoz	90-120 días
Intermedia	121-140 días
Tardía	Mas de 14 días

Fuente: Cobeña et al., 2017.

Realizado por: Gaona, Tatiana, 2022.

1.2.8. *Siembra y época de cultivo del camote*

En Ecuador, los agricultores tradicionalmente siembran camote en monocultivos utilizando diferentes espaciamientos, siendo el más común de 1,0 m entre surcos y 0,50 m entre plantas, utilizando materiales locales (Cobeña et al., 2017, p.34). El rendimiento de esta variedad aumenta cuando se reduce la distancia entre plantas, distancias recomendadas de 0,23 a 0,40 m, también muestra que las distancias cortas reducen el tamaño de las raíces comerciales, aunque aumenta el rendimiento por unidad de área (Cobeña et al., 2017, p.34).

Tabla 6-1: Época de cultivo

Costa Ecuatoriana	
Época lluviosa (mes)	abril-mayo
Verano bajo (mes)	Junio-agosto
Sierra y Amazonía Ecuatoriana	
Época siembra	Cualquier época del año

Fuente: Cobeña et al., 2017.

Realizado por: Gaona, Tatiana, 2022.

1.2.9. *Requerimiento climáticos y edáficos*

- Requerimiento Climáticos

Tabla 7-1: Condiciones climáticas

Condición	Clima
Altitud de cultivo (msnm)	3000 msnm
Altitud plantación comercial	0-900 msnm
Temperatura de cultivo	20-30 °C
Tiempo de hora luz	12-13 horas diarias de luz

Fuente: Cobeña et al., 2017.

Realizado por: Gaona, Tatiana, 2022.

- Rendimientos edáficos.

En cuanto a los requerimientos del suelo, se adapta a suelos con diferentes propiedades físicas, aunque prefieren aquellos con buena aireación, buen drenaje, ligeros y con alto contenido de materia orgánica (Cobeña et al., 2017, p.30):

Tabla 8-1: Condiciones del suelo

Parámetros	Condición
Tipo de suelo	Franco arenoso Franco arcilloso
pH	4,5-7,7
Precipitación	500-600 mm

Fuente: Cobeña et al., 2017.

Realizado por: Gaona, Tatiana, 2022.

1.2.10. *Variedad de Camote*

En el INIAP, el Departamento Nacional de Recursos Fitogenéticos (DENAREF) en la Estación Experimental Tropical Pichilingue mantiene un banco de germoplasma que contiene 392 accesiones recolectadas en 18 provincias del Ecuador. Del material recolectado en Ecuador, la

costa ecuatoriana representó el 64%, el oriente el 19% y las tierras bajas de la provincia Sierra el 17%. Las provincias con más materiales recolectados son Esmeraldas y Manabí (Paredes, 2014, p.1).

1.2.11. El cultivo del camote en el Ecuador

El camote se cultiva desde 1582 en las provincias de Imbabura, Otavalo y Kaguaschi, así como en pueblos de las provincias de Pichincha y Azua, como Santo Domingo de Chunchi, cabe mencionar que estos cultivos se adaptan a climas cálidos o resguardados. valles que son muy abundantes en regiones escarpadas como los Andes. Actualmente, las batatas se cultivan durante todo el año en las regiones tropicales cálidas y húmedas de las tierras bajas de Ecuador (Benavides, 2011, p.19).

1.2.12. Factores climáticos

El cultivo tradicional del camote en el Ecuador se ve favorecido debido a que el país cuenta con las características geográficas y climáticas suficientes para su desarrollo, por lo que se cultiva en Sierra Leona, Costa y Oriente, especialmente en Morona Santiago, Provincia de Loja, Pichincha, Carchi, Imbabura, Pastaza, Guayas y Manabí, con clima, altitud y suelo adecuados (Pinto, 2012, p.1). Entre los factores climáticos relevantes para este cultivo, se debe considerar particularmente la importancia de la temperatura, la precipitación y la luminosidad (Pinto, 2012, p.1).

Tabla: 9-1: Factores climáticos de cultivo

TEMPERATURA	Crece bien en climas tropicales y subtropicales, con temperaturas preferentemente entre 18°C y 28°C, y los cultivos de camote se pueden encontrar entre el nivel del mar y los 2500 m.s.n.m. en los escondidos valles andinos
PRECIPITACIÓN	Es un cultivo algo resistente a la sequía, pero aun así requiere entre 600mm y 1.300mm de precipitación durante el crecimiento de la planta, lo cual es especialmente necesario para la época de siembra y para la formación de raíces, donde de lo contrario se debe utilizar riego suplementario para mantener el suelo húmedo.
LUMINOSIDAD	La presencia de buena luz favorece el proceso de fotosíntesis y transpiración, que dura de 8 a 11 horas/sol/día.

Fuente: Pinto, 2019.

Realizado por: Gaona, Tatiana, 2022.

1.2.13. Mapa de zonificación agroecológica de camote

Según el INIAP (2013), aquellas áreas en donde las condiciones naturales de suelo, topografía y clima brindan características óptimas para el establecimiento del cultivo del camote en las provincias costeras (Esmeraldas, Guayas, El Oro y Portoviejo) y en las regiones montañosas (Azuay y Cañar) (Geo portal del agro ecuatoriano, 2013, p.1).

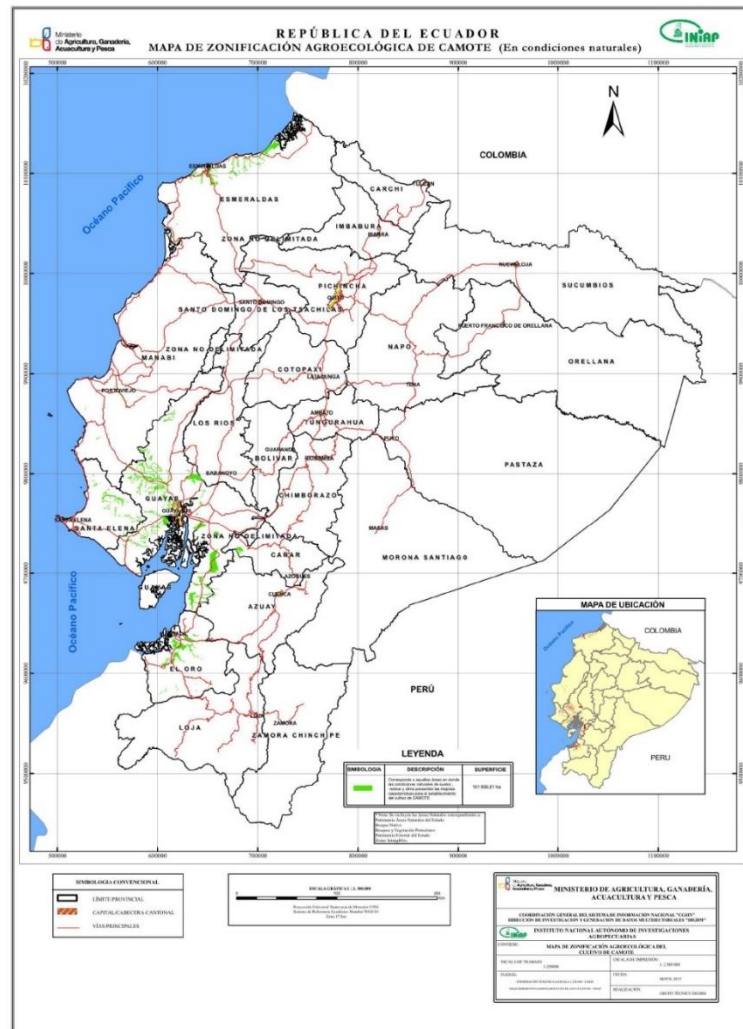


Ilustración 1-1: Mapa de zonificación del camote

Realizado por: Gaona, Tatiana, 2022.

En Ecuador, especialmente en la provincia de Manabí, el camote (*Ipomoea batatas L.*) es cultivado principalmente por pequeños y medianos productores en zonas con suelos pobres y pocos insumos. Existen problemas como bajo rendimiento, deterioro poscosecha, pocas semillas mejoradas, baja tasa de adopción de tecnología antes y después de la cosecha y dificultad en las ventas (INIAP, 2008; citado en Macías, 2011, p.38).

El uso de este tubérculo ha cambiado considerablemente en los últimos años, pasando de 395 hectáreas cosechadas en 2008 con un rendimiento de 3,29 t/ha, a 1.071 hectáreas en 2010 con un rendimiento de 9,8 t/ha (MAGAP, 2010; citado en Macías, 2011, p.38).

1.2.14. El consumo y la aceptabilidad del camote en el Ecuador

En Ecuador en el año 2004, el INIAP realizó una investigación sobre la conservación y aprovechamiento sostenible de raíces y tubérculos andinos, obteniendo participantes para camote como variedad tubérculo. El estudio aborda la conciencia, el consumo, las preferencias y los precios en las tres ciudades más grandes (Quito, Guayaquil y Cuenca) (Barrera et al., 2004, pp.156-159).

Tabla 10-1: Consumo y aceptabilidad del camote

Reconocimiento: Porcentaje de la población que reporta conocerlos	Producto	Quito	Guayaquil	Cuenca
	Papa	100	100	100
	Yuca	100	100	100
	Mellocó	99	99	100
	Camote	96	97	98
	Zanahoria	99	95	94
	Blanca			
	Oca	80	22	92
	Mashua	21	4	13
Consumo: Porcentaje de la población que reporta haber consumido alguna vez	Producto	Quito	Guayaquil	Cuenca
	Papa	100	100	100
	Yuca	100	100	100
	Mellocó	97	96	99
	Camote	93	95	89
	Zanahoria	97	91	68
	Blanca			
	Oca	72	12	73
	Mashua	14	2	4

<p>Preferencia:</p> <p>Ubicación de acuerdo con la preferencia</p>	Producto	Quito	Guayaquil	Cuenca
	Papa	1	1	1
	Meloco	2	3	3
	Yuca	3	2	2
	Zanahoria Blanca	4	4	6
	Camote	5	5	4
	Oca	6	6	5
	Mashua	7	7	7
	<p>Precios (desde la más cara hasta la más barata):</p> <p>Ubicación de acuerdo con el precio</p>	Producto	Quito	Guayaquil
Papa		1	1	1
Meloco		2	4	2
Yuca		3	3	3
Zanahoria Blanca		4	2	5
Camote		5	5	4
Oca		6	6	6
Mashua		7	7	7

Fuente: Barrera et al., 2004.

Realizado por: Gaona, Tatiana, 2022.

1.2.15. Distribución del camote en el Ecuador

Los intermediarios mayoristas son más abundantes en los mercados cercanos a los centros de producción, mientras que los intermediarios minoristas son mayoritarios en las ciudades y grandes centros de consumo. Los productores y mayoristas son los proveedores más importantes de productos, mientras que los minoristas son los principales receptores del mercado. En Quito y Guayaquil el producto se distribuye en comercios y supermercados (Barrera et al., 2004, pp.162).

Las zonas productoras, en particular Tungurahua, Chimborazo y Canal, son las principales zonas proveedoras de raíces y tubérculos andinos comercializadores. La mayoría de las transacciones, especialmente un pequeño número, se realizan en la misma región donde se compra el producto, con solo un pequeño grupo de comerciantes, especialmente mayoristas, enviando productos a otros centros de consumo, especialmente a la capital (Quito) y la costa. (Barrera et al., 2004, pp.162).

1.2.16. Cultivo del camote en el Ecuador

Desafortunadamente, a pesar de ser un producto de ciclo corto que se cultiva a bajo costo, la superficie cosechada de camote en el país ha disminuido con el paso de los años. Para aprovechar los beneficios del camote, instituciones como el INIAP (Instituto Nacional de Autonomía Agraria) brindan diversas capacitaciones en sus 12 estaciones experimentales ubicadas en las diferentes provincias del Ecuador, apoyando así a los agricultores, además del cultivo de estos productos, con la posibilidad de transformarlos y sacar más provecho de ello. Aunque son originarias de América del Sur, el camote ahora se cultiva en más de 100 países (Rosero, 2014, p.19).

Tabla 11-1: Producción mundial de camote por continente (Toneladas)

Continente	2012	2011	2010	2009	2008
África	18459568	17989058,68	17335969	15886785	14804749
Asia	81119877,77	82943412,68	81586410,85	84223730	85711293
Centro América	68240	60726	58344	51668	66533
Europa	57900	54126	54317	57343	63375
América del norte	1201355	1223217	1081724	883208	836662
Oceanía	751667	730826	824928	763592	752642
América del Sur	1467806	1389440	1261443	1230694	1231996

Fuente: Rosero, 2014.

Realizado por: Gaona, Tatiana, 2022.

1.2.17. Costos de producción en el Ecuador

En la Tabla 12-1, presenta el costo estimado de producción de una hectárea de camote, en condición de época seca, para un ciclo de cuatro meses, con población de siembra de 20.000 plantas por hectárea, con una producción de 330 quintales. Los costos directos son de aproximadamente \$ 2837,72 dólares/ha, distribuidos entre el análisis y la preparación del suelo, establecimiento del cultivo, aporque, control de malezas, control fitosanitario, riego, poda y cosecha (Cobeña et al., 2017, p.30).

Tabla 12-1: Costos de producción en el Ecuador

Variedad	Camote
Sistema	Monocultivo
Época	Seca
Producción	330 quintales
Ciclo de cultivo	4 meses
Tecnología	Intermedia INIAP
Población de siembra	20.000 plantas/ha
Precio por quintal	\$ 20,00

Fuente: Cobeña et al., 2017.

Realizado por: Gaona, Tatiana, 2022.

1.2.18. Almacenamiento

En Ecuador, la gente no está acostumbrada a almacenar productos por largos períodos de tiempo porque la gente piensa que tiene que comprar y vender de inmediato. Si desea almacenar el camote, debe hacerlo en un lugar seco y sin humedad. El camote en perfectas condiciones puede durar hasta 6 meses en un saco, y cuanto más se conserven, más dulces se pondrán (Rosero, 2014, p.30).

1.2.19. Bioplástico y sus compuestos

Los bioplásticos son compuestos de naturaleza similar al plástico derivado del petróleo, pero están hechos de compuestos orgánicos de cultivos microbianos de poliéster o de almidón, celulosa (Merchán y Ballesteros, 2009; citado en Chanatasig, 2015, p.1). Los polímeros pueden fabricarse con las mismas capacidades que los derivados del petróleo, pero con la ventaja de ser sostenibles y biodegradables (Fiorentino, 2016, p.16). Sin embargo, la base para la producción de bioplásticos se ha centrado en el uso de almidón como materia prima debido a su alta disponibilidad, bajo costo, renovable, biodegradable y competitividad económica con el petróleo (Andler y Díaz, 2013; citado en Chariguamán, 2015, p.1).

Independientemente del origen del almidón (maíz, trigo, tapioca, patata o plátano), existen dos métodos de extracción: seco y húmedo. Para los tubérculos en particular, se utiliza la molienda en seco de forma manual, y las grandes empresas utilizan la molienda húmeda para refinar y mejorar los productos obtenidos de esta planta, principalmente con el fin de obtener almidón. (FAO, 1993; citado en Avellán et al., 2019, p.2).

1.2.20. Biopolímero a base de materiales orgánicos de residuos

Encontrar alternativas a la contaminación plástica debe ser sensible tanto al nivel global (un problema que no conoce fronteras en sí mismo) como al nivel local (soluciones basadas en condiciones en ciertos lugares) (Samaniego, 2019, p.1).

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente promueve la llamada "resiliencia climática". Su objetivo es adaptarse al cambio climático utilizando soluciones basadas en los ecosistemas locales (Samaniego, 2019, p.1). Considere también el trabajo de la ONU sobre "eficiencia de los recursos", que establece la necesidad de acelerar la sostenibilidad en los hábitos comerciales y de consumo. Para ser precisos, un negocio de plásticos sostenible será uno con materias primas renovables. Cabe destacar que la postura personal requerida es un hábito de consumo que reduce en gran medida el uso de plásticos de un solo uso y favorece el uso de biopolímeros frente a los polímeros sintéticos en usos ineludibles (Samaniego, 2019, p.1).

1.2.21. Demanda del bioplástico

A medida que crece la población, también lo hace la demanda del producto, y debido al aumento de la contaminación, varias personas ahora comienzan a darse cuenta.

Tabla 13-1: Demanda del bioplástico

Conciencia medioambiental	El interés de la sociedad por la conciencia medioambiental sigue creciendo y con él surge la necesidad de productos sostenibles y respetuosos con el medio ambiente. En respuesta a esta tendencia, muchas tiendas y supermercados han dejado de ofrecer bolsas de plástico gratis.
Características de los productos	La biodegradabilidad se está convirtiendo en una característica cada vez más popular y rentable de productos como plantas y flores en macetas que pueden colocarse directamente en el suelo para su biodegradación natural.
Cambios en la legislación	Los requisitos legales, como la prohibición de bolsas de plástico en algunos países, han

	llevado a una mayor demanda de soluciones ecológicas.
Reducción de residuos	El uso cada vez mayor de bioplásticos ayuda a reducir la cantidad de residuos generados, lo que tiene un impacto positivo en el medio ambiente.

Fuente: Bio-fed, 2017.

Realizado por: Gaona, Tatiana, 2022.

1.2.22. Bioplásticos en Ecuador

Los bioplásticos son muy escasos en Ecuador porque el proceso de fabricación es muy costoso en comparación con los plásticos convencionales que, según datos de 2018, producen 500.000 toneladas al año e importan 373.776 toneladas en el mismo período. El país aún no cuenta con la tecnología necesaria para producir bioplásticos en masa. Considerando el exceso de producción de tubérculos como la papa o la yuca en algunas partes del país, se ha realizado una propuesta para producir bioplásticos, estos tubérculos brindan una excelente materia prima para la obtención de un biomaterial denominado almidón termoplástico, el cual se caracteriza por tener resistencia mecánica (Vega, 2020, p.5).

El aprovechamiento de determinados residuos de la industria alimentaria como áridos para la obtención de almidón bioplástico es de gran importancia, ya que se aprovecha un recurso que muchas veces se desecha. En algunas partes del Ecuador, los tubérculos se sobren producen y muchas veces terminan desperdiciándose porque no se pueden comercializar, por lo que se recomienda utilizar estos recursos, que brindan una buena materia prima para la obtención de bioplásticos sin comprometer la seguridad alimentaria. En Ecuador existe una empresa especializada en la producción de plásticos biodegradables en Guayaquil, pero los productos elaborados con este material siguen siendo costosos en comparación con los plásticos convencionales (Vega, 2020, p.5).

1.2.23. Polímero Ecológico en el Ecuador

Los polímeros de base biológica han surgido como alternativas viables a los polímeros tradicionales de origen fósil, principalmente debido a su biodegradabilidad y al uso de materias primas renovables. (Araújo et al., 2019; citado en Riera et al., 2018: p.229). Países miembros de la Comunidad Europea (Italia, España, Portugal, Suecia, Inglaterra, Suiza y Francia), han utilizado residuos del sector agroalimentario para producir polímeros 100% biodegradables. (European Commission, 2016; citado en Riera et al., 2018: p.229).

En Ecuador no se tiene registro del aprovechamiento eficiente de los residuos de procesos agroindustriales y pérdidas poscosecha debido a que se desconoce su valor y se carece de métodos de preparación y caracterización. Las estrategias para crear valor a partir de estos residuos deben tener en cuenta aspectos como cuándo se produjo, cuánto se produjo, el área geográfica en la que se produjo, su relación con la zona de mayor consumo y los costos de transporte (Peñañiel et al., 2015; citado en Riera et al., 2018: p.229).

1.2.24. Posibilidad de industrializar bioplástico en el Ecuador

Los requisitos básicos de un emprendimiento de este tipo son: investigación de costos y mercados, investigación de cadenas de suministro, investigación de procesos industriales para la fabricación de bioplásticos específicos (Samaniego, 2019, p.1). Para la investigación de mercado de productos como los bioplásticos, es posible realizar sistemas de fabricación bajo demanda (por ejemplo, presentar productos en medios digitales y evaluar la demanda local), lo que implica encuestar el mercado con menos riesgo que la investigación de encuesta tradicional (Samaniego, 2019, p.1). Por otro lado, la evaluación de la cadena de suministro es crucial para un producto de este tipo, el hecho de que las materias primas provengan de desechos requiere un conocimiento de las industrias ecuatorianas de yuca y plátano. Se deben abordar los desafíos de obtener, obtener y transportar estos materiales orgánicos (Samaniego, 2019, p.1).

Finalmente, los estudios de producción industrial responden a requisitos, procesos y diseños específicos de la misión. Además, los requisitos de la industria dependen de la aplicación específica del bioplástico, ya sean bolsas de plástico, artículos utilitarios/decorativos moldeados o componentes de construcción (Samaniego, 2019, p.1).

Además, dado el contexto ecológicamente responsable de esta innovación, también se recomendarán estudios ambientales y sociales, que pueden conducir a la certificación de "productos orgánicos" o planes de negocios que respondan a la responsabilidad social y ambiental (Samaniego, 2019, p.1). A pesar de los desafíos anteriores, se puede decir que, a priori, esta patente tiene un gran potencial. Teniendo en cuenta la relativa simplicidad del proceso de fabricación en términos de composición de biopolímeros y temperatura requerida, es probable que su industrialización siga la misma tendencia en términos de producción a gran escala (Samaniego, 2019, p.1).

1.2.25. Ecuador avanza en el proceso de independizarse de los plásticos

Las Islas Galápagos en Ecuador han restringido el uso de cobertores de paja o tipo camiseta, frazadas, tinas, recipientes y cubiertos de plástico (Riofrio, 2019, pp.8-9). Desde 2017, la provincia de Loja en Ecuador ha emitido un decreto para reducir el Índice de Huella Ecológica, la normativa

recomienda sustituir las fundas tipo camiseta por fundas oxidativamente biodegradables (Riofrio, 2019, pp.8-9). En Guayaquil se han aprobado reglamentos para sustituir productos plásticos de un solo uso y Quito está haciendo lo mismo con un proyecto de decreto que prevé crear una ciudad libre de plásticos para 2023 (Riofrio, 2019, pp.8-9). Actualmente se utilizan alternativas biodegradables, como el sorbete de bambú, platos elaborados con tapioca u hojas de plátano y platos elaborados con huesos de aguacate, que se descomponen rápidamente y pueden utilizarse como fertilizantes, lo que reduce la contaminación ambiental (Riofrio, 2019, pp.8-9). Solo en Ecuador, y solo en las Islas Galápagos, se recolectaron 9.533 kg de residuos entre enero de 2020 y abril de 2020. Tal vez, esta podría ser una de las razones por las que el país accedió a sumarse a la lucha ambiental para eliminar el único uso permanente del plástico (Parlates, 2020, p.1).

1.2.26. Materiales de empaque basados en Almidón

Debido a su alto peso molecular, el almidón es una materia prima importante para aplicaciones alimentarias o la producción de bioplásticos. El TPS (almidón termoplástico) obtenido durante esta prueba está diseñado para usarse como material de empaque porque tiene propiedades mecánicas similares a las de los plásticos convencionales y la principal ventaja de TPS sobre otros plásticos es su capacidad para descomponerse sin daños. El impacto ambiental de los compuestos porque se fabrican a partir de materias primas renovables, pero su uso aún no está generalizado porque el costo de producirlos aún supera el costo de los productos derivados del petróleo. Otra característica muy importante es que TPS también puede realizar procesos de extrusión, soplado y termoformado (León, 2009; citado en Vega, 2020, p.9).

El almidón termoplástico se obtiene por extrusión de una mezcla de almidón con diferentes plastificantes, a partir de esta materia prima se puede fabricar un bioplástico expandido similar al poliestireno expandido, y por sus propiedades puede ser utilizado como material de empaque, pudiendo afectar las propiedades de biomateriales en aplicaciones donde no hay exceso de humedad (Vega, 2020, p.9).

1.2.27. Incremento del plástico a partir de recursos renovables

Según las previsiones actuales, la capacidad mundial de bioplásticos aumentará un 47 % para 2021 desde los 4,16 millones de toneladas de 2016. Los plásticos de base biológica no biodegradables representarán la mayoría de este número. Las llamadas soluciones "plug-and-play", es decir, plásticos a granel que pueden fabricarse a partir de recursos renovables, como el polietileno y el tereftalato de polietileno, son las principales razones de este enorme crecimiento (Bio-fed, 2021, p.1).

1.2.28. La contaminación ambiental

La contaminación ambiental producto de la creciente acumulación de residuos plásticos provenientes del petróleo, así como su consumo y aumento de costo, ha llevado a muchos países industrializados a buscar nuevas alternativas para promover el desarrollo de materiales plásticos provenientes de fuentes renovables y que no dependan menos de combustibles fósiles. Nocivo para el medio ambiente y la salud de tal manera que los residuos vegetales producidos por el sector agrícola a menudo no se tratan o utilizan adecuadamente (Haro et al., 2017, p.514).

1.2.29. Contaminación Ambiental provocada por residuos plásticos

Uno de los mayores problemas de la tierra es la contaminación ambiental causada por el plástico. La Organización de las Naciones Unidas (ONU) dice que de los más de 400 millones de toneladas de plástico que se producen en todo el mundo cada año, alrededor del 9 por ciento se destina al proceso de reciclaje; la mayor parte del 91 por ciento restante termina en el océano, afectando a más de 100.000 especies marinas cada año. Según las predicciones de los expertos, si no hay cambios, habrá más plástico en el océano que peces para 2050, considerando que tarda entre 100 y 1.000 años en degradarse (El Universo, 2021, p.1).

1.2.30. Industria del plástico en el Ecuador y desechos generados

En 2016, había 579 empresas registradas especializadas en la fabricación de productos plásticos, de las cuales el 24,70% producía productos plásticos para el envasado de productos de alimentación petroquímica. En términos de participación de mercado, la industria tiene un peso promedio de 0,51% en comparación con el producto interior bruto en 2007-2016 y un estimado de 0,47% en 2017 (Riera, 2018, p.72).

El banco central de Ecuador calcula que la industria crecerá un 1% en 2017 y se espera que crezca un 2,5% en 2018. En Ecuador, el consumo de plástico per cápita es de 20 kilogramos, que es menor en comparación con países como Colombia y Perú con 24 gramos y 30 kilogramos, respectivamente. Según las estadísticas de información económica y ambiental del gobierno a nivel municipal de 2016, cada habitante del casco urbano de Ecuador produce en promedio alrededor de 0,58 kilogramos de residuos sólidos por día (Riera, 2018, p.72).

Una estrategia para fomentar el reciclaje de plástico y reducir la contaminación es introducir un Impuesto Redimible (IRBP) sobre las botellas de plástico no retornables a \$0,02 por botella, el IRBP se genera al envasar bebidas alcohólicas, no alcohólicas, carbonatadas, no carbonatadas y agua en botellas de plástico no retornables (PET) y bebidas importadas durante el despacho de

aduana, el valor del impuesto se reembolsará en su totalidad a la persona que recogió, entregó y devolvió la botella (Riera, 2018, p.72).

Antes de adoptar el IRPB, el Ministerio de Medio Ambiente de Ecuador estimó que el país producía o importaba alrededor de 1.200 millones de botellas cada año, con una tasa de reciclaje del 39%. Después de eso, el nivel de reciclaje se elevó a 81% en el primer año de impuestos, 141,5% en el segundo año y 121,1% en el tercer año. Esto se debió a la introducción de botellas que no fueron declaradas oficialmente por los embotelladores e importadores, lo que le costó al estado \$ 12,7 millones, desde las tarifas de embotellado recaudadas hasta las devoluciones de los embotelladores y administradores (Riera, 2018, p.72). Como parte de estas medidas ambientales, Ecuador ha promulgado una política general sobre el manejo integrado de plásticos de conformidad con el artículo 14 de la Constitución de la República del Ecuador para cambiar los patrones de consumo y producción del sector. el plástico. Estas políticas incluyen el fomento de la investigación, la transferencia de tecnología y el desarrollo de bioplásticos y plásticos degradables a nivel nacional (Riera, 2018, p.72).

1.2.31. Clasificación del plástico

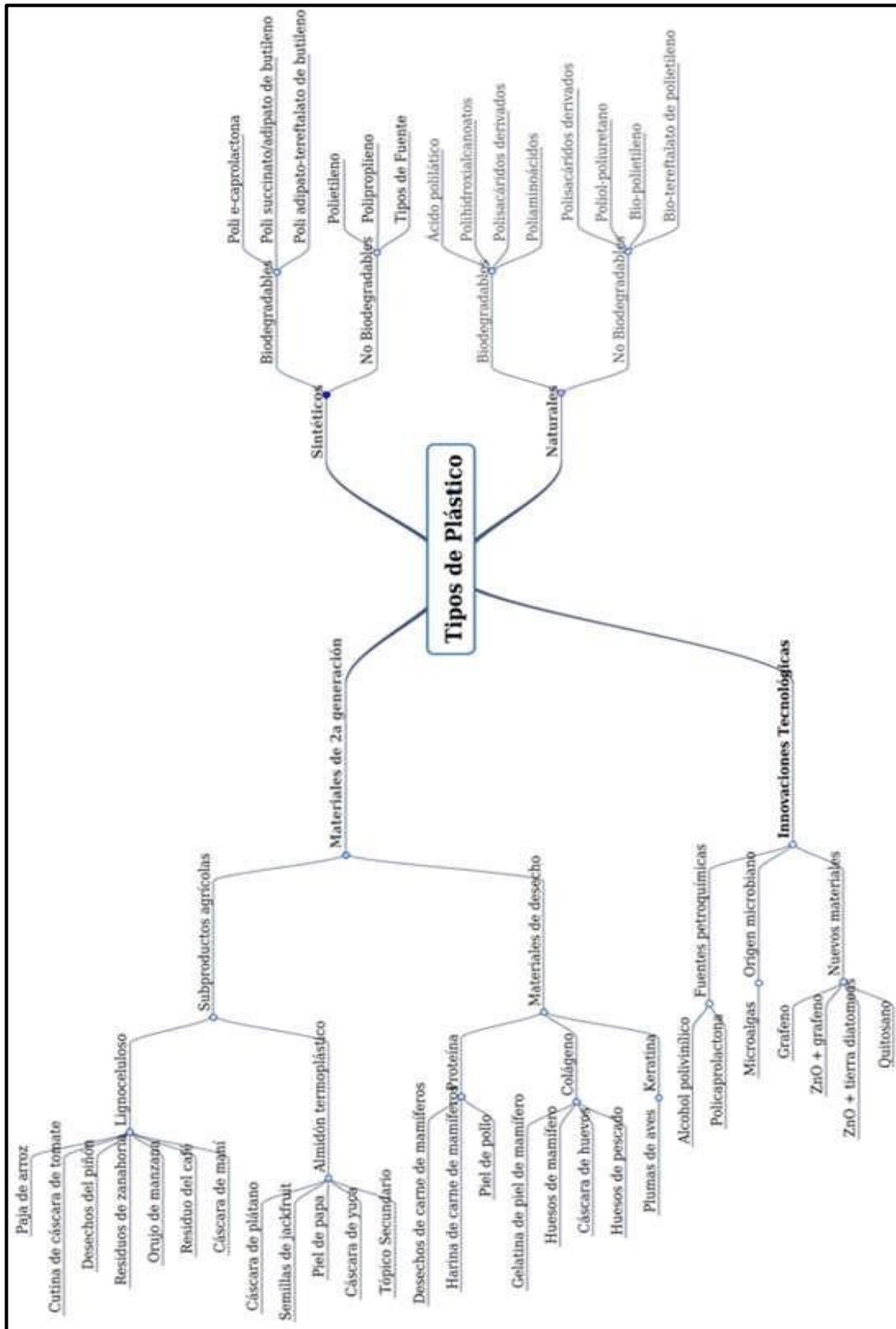


Ilustración 2-1: Clasificación del plástico

Fuente: Riera y Palma, 2018.

1.3. Bases conceptuales

Bioplásticos. - Un tipo de plástico derivado de productos vegetales como la soja o el aceite de maíz, o producido por bacterias que hacen crecer gránulos de un plástico llamado polihidroxialcanoato (PHA) dentro de la propia célula. Las bacterias crecen y se multiplican en el cultivo y luego se separa y limpia el material plástico.

Biodegradable. - Son materiales que son capaces de descomposición aeróbica o anaeróbica a través de la acción de microorganismos tales como bacterias, hongos y algas en las condiciones que existen naturalmente en la biosfera. Son degradados por la acción enzimática de microorganismos en condiciones ambientales normales, generalmente se obtienen por fermentación y también se conocen como biopolímeros.

Contaminación. - Es la introducción de un contaminante al medio natural, que puede ser líquido, sólido o gaseoso.

Plástico. - Es un material que está compuesto por macromoléculas orgánicas, resinas u otras sustancias

Tubérculo. - Tallo engrosado en el que algunas plantas suelen acumular material de reserva.

Valoración. - Es el proceso y resultado de la evaluación: apreciar o reconocer el valor de algo o alguien.

1.4. Base Legal

En los últimos años, el gobierno ecuatoriano se ha enfocado cada vez más en impulsar proyectos productivos que ayuden a generar más ingresos para la economía del país, las diferentes áreas de negocio cuentan con agencias especializadas encargadas de brindar capacitación y otro tipo de servicios, dependiendo de su naturaleza, el más destacado de ellos es el Instituto Nacional de Agricultura, INIAP, cuya misión es generar y entregar innovaciones tecnológicas, productos, servicios y formación profesional adecuados para promover el desarrollo sostenible en los sectores agrícola, agroforestal y agroindustrial. (INIAP, 2014). El INIAP cuenta con varias estaciones experimentales en el Ecuador, cada una de las cuales se encarga de la investigación de determinados cultivos (INIAP, 2014; citado en Rosero, 2014, pp.30-31).

Por otra parte, organismos gubernamentales como el MAGAP (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca) no solo brindan capacitación y normatividad para estas actividades, sino también a través del SINAGAP (Sistema Nacional de Información Agropecuaria, Acuicultura y Pesca) Estadísticas sobre la producción agrícola del país, cambios de precios a lo largo de los años, balanza comercial, líneas de crédito, precios de agroquímicos, etc (MAGAP, 2013, p.1). A esta institución pertenece otra institución muy importante llamada Agrocalidad, la Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad Agropecuaria. Esta entidad se encarga de registrar a los importadores y exportadores de productos animales y vegetales bajo un marco legal específico, realizar la vigilancia epidemiológica y fitosanitaria, establecer normas para el control de la ganadería y cultivos, etc (AGROCALIDAD, 2013; citado en Rosero, 2014, p.31).

1.4.1. Políticas para gestión integral de plásticos en el Ecuador

TITULO II, de la producción de productos plásticos

Art. 4.- Se debe incentivar a nivel nacional la investigación, transferencia de tecnología y desarrollo de bioplásticos y plásticos degradables, así como el establecimiento de laboratorios certificados para verificar que los materiales (polímeros) y aditivos que promueven la degradación no contaminen el medio ambiente, con ello la educación superior instituciones, institutos de investigación científica y tecnológica y organismos públicos y privados pueden invertir en este tipo de estudios y proyectos para la producción de bioplásticos y plásticos degradables en el Ecuador (Acuerdo Ministerial 19, 2014, p.5).

TITULO V, del reaprovechamiento de residuos plásticos

Art. 31.- Se instará al organismo competente a desarrollar normativa a nivel nacional para regular y medir la velocidad de los procesos de degradación de plásticos y bioplásticos en condiciones controladas, así como promover el uso responsable de términos como “degradable”, “biodegradable”, “compostable”, “bioplástico”, “oxodegradable”, “oxobiodegradable”, etc., en el etiquetado de bolsas o productos plásticos, para evitar confundir a la opinión pública y a los consumidores en general (Acuerdo Ministerial 19, 2014, p.8).

El Estado ecuatoriano, a través del Ministerio del Ambiente, el Ministerio de Industrias y Productividad, el Ministerio de la Coordinación Sectorial Estratégica y el Ministerio de la Coordinación de la Producción, el Empleo y la Competitividad, deben buscar medidas o actividades factibles para demostrar que la producción de bioplásticos es biodegradables o compostables, fomentando el uso de productos plásticos Ciclo de vida cerrado y reutilización o reciclaje de materiales plásticos no biodegradables (Acuerdo Ministerial 19, 2014, p.8).

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

El presente trabajo fue mixto (cualitativo y cuantitativo) ya que se utilizó el laboratorio para pruebas y análisis, además de ensayos para obtener la biopelícula, ofreciendo resultados que permiten establecer variables de procesamiento de este estudio.

2.2. Diseño de investigación

El presente trabajo de investigación fue experimental, ya que este diseño tiene como objetivo comprobar la tendencia de los análisis de datos del experimento. En este caso la extracción del almidón del camote, en la cual se controlaron las condiciones de cuatro tratamientos, en donde el tiempo y la revoluciones por minuto fueron las variables controladas.

Para obtener la composición adecuada para la obtención de biofilm a partir del almidón de camote (*Ipomoea batatas*) y sus características se trabajó con un diseño factorial 2k (donde: 2= Concentración de almidón y plastificante; k= número de repeticiones) incluidos puntos axiales, siendo un diseño que experimenta el efecto de dos factores considerando un límite bajo y otro alto en cada uno, de esta manera se determinó la combinación de niveles de factores que afecten en la formación del biofilm.

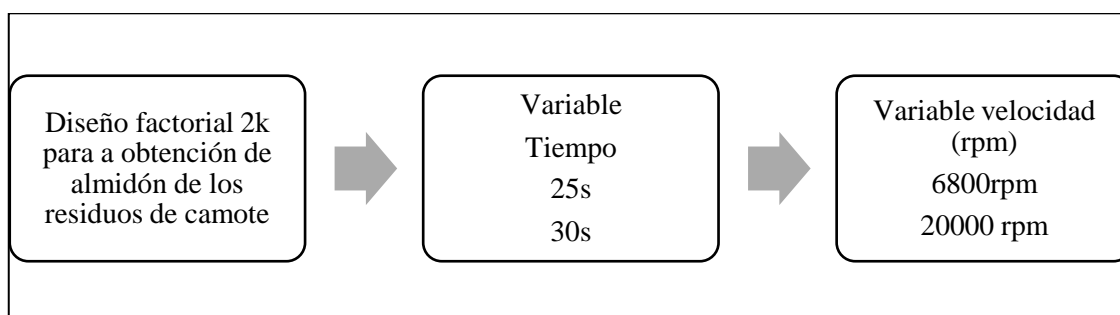


Ilustración 1-2: Diseño de investigación

Realizado por: Gaona, Tatiana, 2022.

Se utilizó la metodología dada por Charro (2015, p.55) de igual forma igual se trabajó con un diseño factorial 2^2 con un punto central y cuatro puntos factoriales, el cual estudió el efecto de dos factores/aditivos (glicerina y ácido acético) se consideró dos niveles: nivel bajo (-) y nivel alto (+) en cada uno.

ANOVA es un conjunto de técnicas estadísticas muy útil y flexible. Cuando es necesario comparar más de dos grupos, cuando las mediciones se repiten más de dos veces, cuando los sujetos pueden diferir en una o más características que afectan el resultado y es necesario ajustar su efecto, o cuando es mejor analizar los efectos de varios tratamientos diferentes (Dagnino, 2014, p.5).

Tabla 1-2: Tabla ANOVA

Tabla de ANOVA					
Fuentes de variabilidad	Suma Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	Fc	F alfa
Efecto A	SC _A	a-1	CM _A	$F_A = CM_A / CM_E$	Probabilidad
Efecto B	SC _B	b-1	CM _B	$F_B = CM_B / CM_E$	Probabilidad
Efecto AB	SC _{AB}	(a-1)(b-1)	CM _{AB}	$F_{AB} = CM_{AB} / CM_E$	Probabilidad
Error	SC _E	ab(n-1)	CM _E		
Total	SC _T	abn-1			

Realizado por: Gaona, Tatiana, 2022.

2.3. Identificación de las variables

Tabla 2-2: Variables de la investigación

Independientes	Dependientes	
Combinación de aditivos	Propiedades de la biopelícula	Espesor Humedad Solubilidad del agua Permeabilidad Propiedades mecánicas Biodegradabilidad

Realizado por: Gaona, Tatiana, 2022.

2.4. Planteamiento de hipótesis

Se pueden obtener plásticos biodegradables con propiedades similares a los plásticos convencionales extrayendo el almidón de camote (*Ipomoea batatas*).

2.5. Unidad de análisis

La unidad de análisis para esta investigación fue la obtención de almidón de los residuos de camote *Ipomoea batatas*, para lo cual se identificó las características de la misma, tanto físicas, químicas como microbiológicas, de forma que se determinó la calidad del bioplástico.

2.6. Localización de Estudio

El presente estudio en general se realizó en el Laboratorio de Investigación de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) ubicada en la panamericana Sur km 1 1/2 cuyas coordenadas son 17 M X: 758313 Y: 9816729 que se encuentra en la ciudad de Riobamba, ubicada en región interandina de la Sierra Ecuatoriana, ubicada a 2754 m.s.n.m.

2.7. Población de estudio

La población de estudio correspondió al camote *Ipomoea batatas* obtenido de los principales mercados de la ciudad de Riobamba, para la selección de los ejemplares de estudio, se tomó en cuenta aquellas a las más representativas y sus características físicas se encuentren en las condiciones óptimas.

2.8. Tamaño de muestra

Se utilizó 10 kilos de residuos de camote *Ipomoea batatas*, para obtener el almidón a través de vía húmeda, el tamaño de la muestra para la obtención del almidón constó de 16 repeticiones, es decir, se obtuvieron 4 tratamientos, y en cada tratamiento se efectuaron 4 repeticiones, de los cuales se seleccionó el mejor tratamiento para la realización del bioplástico.

2.9. Método de muestreo

El tipo de muestreo es no probabilístico por conveniencia debido a que la selección del camote dependerá de la selección de los mejores ejemplares, en el que se tuvieron en cuenta características tales como: madurez, tamaño y estado del producto encontrado.

2.10. Técnica de recolección de datos

2.10.1. Obtención del almidón

Tabla 3-2: Metodología para la obtención del almidón

N°	Método	Materiales y Equipos	Reactivo	Procedimiento	Método de Ensayo
1	Vía Húmeda	Cuchillos Espátula Balanza Recipientes de plástico Cronómetro Licuadora Tela filtrante Guantes quirúrgicos Mortero Fundas ziploc	Agua destilada Residuos de camote	Lavar, pelar, trocear la cáscara de camote. Pesar 200 gramos de residuos de camote y colocarlos en la licuadora. Añadir los residuos de camote con 500 ml de agua en la licuadora. Obtener una mezcla homogénea licuando. Para separar los residuos de la materia y obtener una suspensión se realiza mediante la filtración. En recipientes de plástico colocar el filtrado. Para que se forme el sedimento se deja en suspensión por 24 horas. Quitar el exceso de agua. Realizar el secado de almidón húmedo.	(Castro, 2020)

Realizado por: Gaona, Tatiana, 2022.

El rendimiento porcentual para la obtención del almidón de los residuos de camote *Ipomoea batatas* se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{Peso almidon obtenido (g)}}{\text{Peso inicial de la materia (g)}}$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{19,262 \text{ (g)}}{200 \text{ (g)}} * 100 = 9,631\%$$

2.10.2. Caracterización del almidón de camote *Ipomoea batatas*

La caracterización tanto de la cáscara como del almidón del camote se realizó en el Laboratorio de Investigación de la Facultad de Ciencias ESPOCH, exceptuando el análisis de amilosa que fue realizado en el Servicio de Análisis e Investigación en Alimentos del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), mientras que el análisis microbiológico de fibra y proteína que fue realizado en SAQMIC.

2.10.3. Técnica de caracterización del almidón extraído

Tabla 4-2: Caracterización del almidón

Método de evaluación	Materiales, equipos y reactivos	Procedimiento	Cálculos	Norma
Prueba de pH	Balanza analítica Espátula Shaker (60-1600) Vaso de precipitación Vasos de plástico Papel filtro Agua destilada Almidón	-Se debe realizar la técnica por triplicado. -Pesar 10g del almidón extraído con 50 mL de agua destilada -Poner la solución en un vaso plástico y llevar al shaker agitar por 30 minutos, a 2000 rpm y 30°C -Dejar sedimentar por 20 minutos -Calibrar el medidor de pH -Tomar una alícuota del sobrenadante después del tiempo de sedimentación -Medir el pH	Reportar el valor obtenido del medido del pHmetro	INEN 1456
Viscosidad Brookfield	Vaso de precipitación Balanza analítica Espátula Reverbero y malla de Brookfield Varilla de agitación Termómetro Agua destilada	-Pesar 25 g de almidón y diluir con 500 ml de agua -Poner a hervir a ebullición mientras se va agitando con varilla -Retirar del calor y dejar enfriar el gel a 25 °C -Medir la viscosidad	Registrar el valor obtenido por el viscosímetro en centipoises (cP)	ISI 17-1 del Internatinal Starch Institute

T° de gelatinización	Balanza analítica Vasos de precipitación de 150 y 250 ml Pinzas	-Se debe realizar esta técnica por triplicado. - Pesar 5 g de almidón y disolver en 50 mL de agua destilada en un vaso de precipitación de 150 mL.	La temperatura de gelatinización se reporta con el valor que se tenga en el termómetro cuando se produzca el gel.	INEN 1456
	Reverbero Varilla de agitación Termómetro Agua destilada Almidón	- Calentar a baño maría en un vaso de 250 mL hasta que llegue a la temperatura de 80-85°C y agregar la disolución de almidón mientras se va agitando. -Se apaga cuando llegue a ebullición y se forme una pasta o gel con una temperatura constante. Se reporta la temperatura de gelatinización.		

Índice de solubilidad	<p>Balanza analítica Vasos de precipitados Tubos de Falcon Centrifuga Reverbero Varilla de Agitación Termómetro Probeta Estufa Agua destilada Almidón</p>	<p>-Se debe realizar esta técnica por triplicado. - Poner 3 tubos de centrifuga secos a 60°C en la estufa por 15 minutos. - Pasar los tubos en el desecador por 20 minutos. Pesar tubos en la balanza analítica. - Poner 1,25 g de almidón y agregar exactamente 30 mL de agua destilada y agitar. - Prender el baño maría a 60°C durante 30 minutos y luego de esto colocar los tubos, pasado 10 minutos agitar los tubos despacio un rato y se vuelve a dejar 20 minutos más a bañomaría. - Sacar y colocar los tubos en la centrifuga por 20 minutos a 3000 RPM. - Sacar de la centrifuga y tomar el volumen del sobrenadante en una probeta inmediatamente. - Tomar 10 mL del sobrenadante y poner en un vaso de precipitados anteriormente pesado. Colocar en la estufa por 24 horas a 70°C. - Poner en el desecador por 20 minutos.</p>	<p>Índice de absorción de agua (ISA) $= \frac{\text{peso del gel (g)}}{\text{peso muestra (g)}}$ Índice de solubilidad en agua (ISA) $= \frac{\text{peso solubles (g)} \times V \times 100}{\text{Peso de la muestra (g)}}$ Poder de hinchamiento (PH) $= \frac{\text{Peso del del (g)}}{\text{Peso muestra (g)} - \text{Peso solubles (g)}}$</p>	INEN 1456
		<p>- Pesar el tubo de centrifuga con el gel y pesar el vaso de precipitados.</p>		

<p>Humedad y cenizas</p>	<p>Crisoles Estufa Balanza analítica Mufla Desecador Espátula Almidón</p>	<p>-Se debe realizar esta técnica por triplicado. Lavar los crisoles y secar a 70°C en la estufa.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Una vez secos pasar los crisoles al desecador durante 15-20 minutos. <p>Pesar los crisoles vacíos.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tarar los crisoles y colocar 5 g de almidón. <p>Colocar en la estufa a 70°C.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sacar y pesar hasta que los crisoles tengan un peso constante. - Pasar los crisoles utilizados en humedad a la mufla durante 24 horas e incinerar a 550°C. - Cuando la muestra este en color blanco o gris poner en el desecador durante 60 minutos aproximadamente. <p>Pesar los crisoles</p>	$\% \text{Humedad} = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \times 100$ $\% \text{Cenizas} = \frac{\text{Peso de cenizas (g)}}{\text{Peso de muestra}} \times 100$	<p>FAO AOAC 942.05</p>
<p>Prueba de sensibilidad</p>	<p>Balanza analítica Vasos de precipitación de 25 y 250 mL Reverbero Agua destilada Almidón Solución de yoduro de potasio</p>	<p>-Pesar 1 g de almidón en un vaso de 25 mL y disolver con 5 mL de agua destilada.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pongo a hervir 200 mL de agua destilada en un vaso de 250 mL. - Una vez que hierve el agua le agrego la solución de almidón. - Dejo enfriar y cuando está completamente homogenizada la mezcla, se le añade cuatro gotas del indicador Lugol o solución de yoduro previamente preparado. <p>Para la solución de yoduro peso 0.05 de yoduro disuelto en 100 mL de agua destilada.</p>	<p>La coloración azul o morado de la muestra indica la presencia de almidón dando como resultado positivo a la prueba.</p>	<p>Adaptado de Fuente: NTC 926, 1986. NTE INEN 1456</p>

Realizado por: Gaona, Tatiana, 2022.

2.10.4. Técnica de obtención de biofilm

Tabla 5-2: Técnica aplicada

Método	Materiales y Equipos	Reactivos	Procedimiento
Obtención del Bioplástico	Secador de bandejas Reverbero Vasos de precipitación de 250 ml. Varilla de agitación Probetas de 250 ml y 50 ml. Balanza analítica Papel aluminio Espátula	Agua Glicerol Ácido acético Almidón de residuos de camote	-Preparar una solución de agua destilada con almidón en un vaso de precipitación -Colocar la solución sobre un reverbero con la respectiva malla metálica. -Agitar la solución de tal manera que se alcance la temperatura de gelatinización. -Agregar el glicerol (plastificante) y el ácido acético como conservante con movimientos constantes hasta homogenizar y enfriar. -Verter esta mezcla sobre un molde de vidrio o acrílico, y finalmente colocar la muestra a 60°C en el secador de bandejas seguido de temperatura ambiente para obtener las características propias de los bioplásticos.

Realizado por: Gaona, Tatiana, 2022.

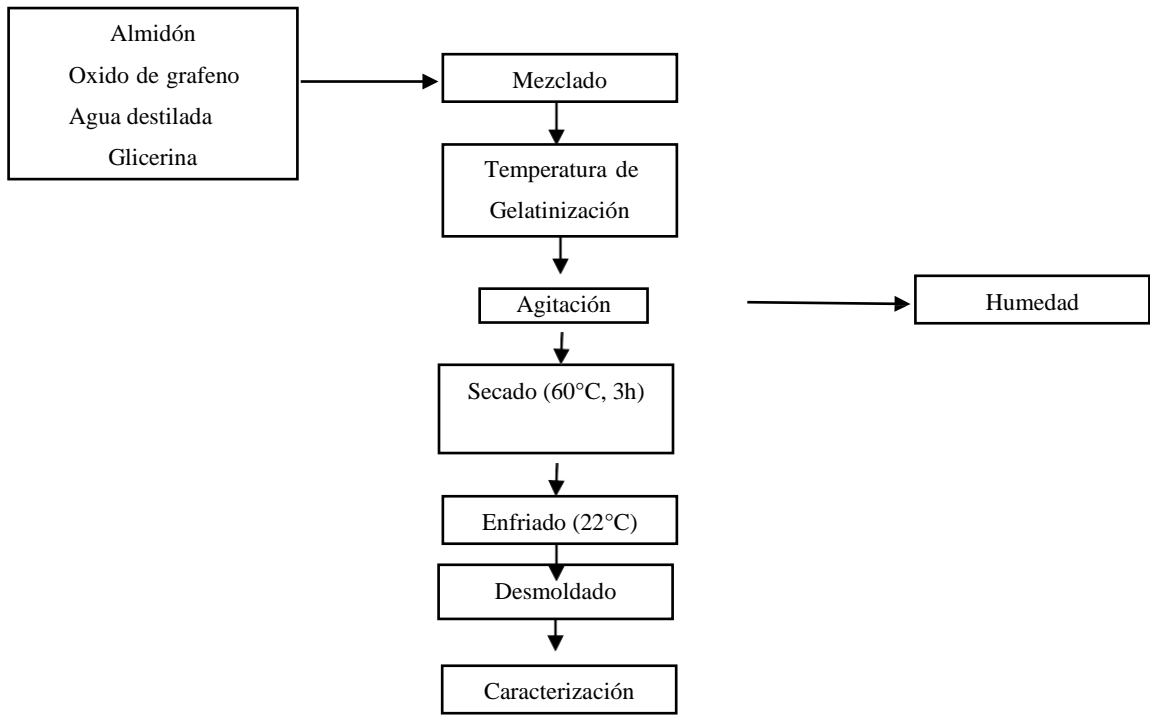


Ilustración 2-2: Diagrama de flujo de obtención de las biopelículas

Realizado por: Gaona, Tatiana, 2022.

2.10.5. Caracterización de los biofilms

Tabla 6-2: Caracterización de los biofilms

Método de evaluación	Materiales, equipos y reactivos	Procedimiento	Cálculos	Norma
Espesor	Pie de rey Láminas de biofilms Cúter	<p>-Se debe medir con un calibrador, el cual debe tener una resolución de 0,002 cm</p> <p>-Se procede a cortar 10 películas con medidas de 2,5 cm x 2,5 cm de cada una de las muestras</p> <p>-Se realiza la medición del espesor de cada una de las laminas</p> <p>-Realizar el promedio de las mediciones dadas</p>	Medición cualitativa	
Humedad	Balanza analítica de humedad	<p>-Se toma una muestra portratamiento del bioplastico de 4cm x 4cm</p> <p>-Se lleva a la balanza analítica de humedad</p>		

Solubilidad en agua	Vaso de precipitación Probetas Papel filtro Balanza analítica Agua destilada	-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	$\% \text{ Solubilidad} = \frac{P1 - P2}{P1} \times 100$	
Grado de transmisión de vapor de Agua	Vaso de precipitación Biofilm a ensayar Balanza analítica Agua destilada Silicon	-En un desecador llenar la base con una solución salina saturada. -En tubos de ensayo agregar las ¾ partes del mismo con gel de sílice -Cubrir los tubos de ensayo con láminas de 2x2 cm del plástico y sellar con cinta. -Tomar el peso de los tubos durante 6 horas.	$TVA_t = \frac{\Delta m}{t \times A} \times t$ <p>TVA = Grado de transmisión de vapor</p> $\Delta m = \text{cambio de masa (g)}$ $t = \text{tiempo entre lecturas}$ <p>A= área de las muestras de ensayo (m²) e= espesores de los films (mm)</p>	ASTM D1653
Propiedades mecánicas biofilm	Maquina universal de pruebas tracción Biofilm	El equipo que se encuentra en la norma es una máquina de prueba que tiene velocidad constante de movimiento cruceta que comprende de un elemento fijo que comprende de una mordaza, y un elemento móvil que comprende una segunda mordaza.	—	INEN 2635

Espectrofotometría infrarroja	Espectrofotómetro infrarrojo	En el espectrofotómetro infrarrojo se coloca una muestra de almidón, se espera unos segundos y se obtiene los datos		
Biodegradabilidad	Recipientes herméticos Biofilm a ensayar	-Recortar el biofilm en láminas de 2cm x 2cm -Colocarlas en tierra orgánica a unos cuantos 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	$\% \text{ Pérdida de área} = \frac{A1 - A2}{A1} \times 100$ Peso pérdida de peso A1= Área inicial del bioplástico (mm) A2= Área final del bioplástico (g)	INEN 2643

Realizado por: Gaona, Tatiana, 2022.

CAPÍTULO III

3. CALCULOS Y RESULTADOS

3.1. Características morfológicas de la materia prima

La caracterización física del camote consistió esencialmente en tomar una población de 5 muestras de camote similares tanto en longitud como en grosor y tomar sus medidas promedio.

Tabla 1-3: Características macro-moforológicas del camote

No.	PRODUCTO	CARACTERÍSTICAS		
		PESO (g)	LONGITUD (mm)	DIÁMETRO (mm)
A	Camote	368,803	120,30	75,60
B		209,051	115,00	52,00
C		164,255	62,70	62,60
D		282,292	78,20	74,40
E		203,951	68,60	67,90
Promedio		245,670	88,960	66,500

Realizado por: Gaona, Tatiana, 2022.

La tabla 1-3 indica los valores de peso, longitud y diámetro de la materia prima examinada, obteniendo un promedio de 245,670 g, 88,960 mm y 66,500 mm respectivamente. Estos resultados son similares a los valores reportados por Manzanillas (2018, p.21), quien evaluó las propiedades fisicoquímicas y funcionales del almidón de tres cultivares de camote y obtuvo valores de 223,06 g, 125,8 mm y 60 mm para peso, longitud y diámetro

Para la caracterización organoléptica de la materia prima, se seleccionaron muestras en excelente estado, de manera que no hubo permutaciones en la determinación de olor, sabor, color y textura. La tabla 2-3 muestra las especificaciones obtenidas.

Tabla 2-3: Análisis organoléptico del camote

Características del Camote	
Color	Púrpura oscura
Olor	Dulce

Sabor	Dulce
Textura Interna	Dura
Textura Externa	Dura

Realizado por: Gaona, Tatiana, 2022.

3.1.1. Rendimiento del proceso de extracción del almidón

Mediante un diseño factorial 2k se obtuvieron cuatro tratamientos con cuatro repeticiones cada uno para brindar resultados de rendimiento con mayor precisión. Las variables utilizadas para la obtención de almidón por vía húmeda fueron: RPM (revoluciones por minuto) y tiempo.

Tabla 3-3: Proceso de extracción del almidón

PRODUCTO	TRATAMIENTO	VARIABLES	REPETICIÓN	PESO (g)
CAMOTE	T1	RPM1: t 1	R1	19,262
			R2	18,770
			R3	19,676
			R4	17,464
	T2	RPM1: t 2	R1	17,193
			R2	20,744
			R3	20,745
			R4	22,405
	T3	RPM 2: t 1	R1	14,799
			R2	18,653
			R3	16,247
			R4	17,401
	T4	RPM 2: t 2	R1	19,644

			R2	15,732
			R3	17,936
			R4	17,599

Realizado por: Gaona, Tatiana, 2022.

Cálculo:

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{Muestra obtenidos (g)}}{\text{Muestra total (g)}} \times 100$$

Tabla 4-3: Rendimiento del proceso de extracción del almidón

Tratamiento	Peso (g)		Rendimiento %	
	Repetición	Promedio	Repetición	Promedio
T1	19,262	18,793	9,631	9,397
	18,77		9,385	
	19,676		9,838	
	17,464		8,732	
T2	17,193	20,271	8,597	10,136
	20,744		10,372	
	20,745		10,373	
	22,405		11,203	
T3	14,799	16,775	7,400	8,388
	18,653		9,327	
	16,247		8,124	
	T417,401		8,701	
T4	19,644	17,72775	9,822	8,864
	15,732		7,866	
	17,936		8,968	
	17,599		8,800	

Realizado por: Gaona, Tatiana, 2022.

Como se muestra en la tabla 4-3, el mayor rendimiento de almidón de camote fue en el tratamiento dos (T2), con un promedio de 10,136%. Los resultados obtenidos concuerdan con los presentados en

el estudio de Manzanillas (2018, p.21), quien obtuvo un rendimiento promedio de 10,68%. Para Shekhar et al. (2015, pp. 957-965), las diferencias en el rendimiento de los tubérculos están muy relacionadas con la variedad. Dependiendo de la variedad de camote, estos tubérculos muestran un comportamiento diferente en el metabolismo fotosintético del carbono; lo que afecta su crecimiento y productividad. Según estos autores, el rendimiento promedio aproximado puede variar hasta en un 50% entre camotes de pulpa anaranjada, roja o blanca. Según Manzanillas (2018, p. 21), los métodos enzimáticos que utilizan pectinasas y celulasas pueden aumentar el rendimiento y el color del almidón de camote hasta en un 20%.

3.2. Caracterización fisicoquímicos y microbiológico del almidón de los residuos de camote

A continuación, se muestran los valores obtenidos en laboratorio, comparados con los valores de referencia estipulados por diferentes normativas para las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del almidón de residuo de camote.

3.2.1. Prueba de pH

Tabla 5-3: Resultados de las pruebas de pH

Producto	Repetición	pH	Promedio	Unidad	Estándar	Norma/Institucion
Camote	R1	6,65	6,65	---	6,00-7,00	INEN 1456
	R2	6,64				
	R3	6,67				

Realizado por: Gaona, Tatiana, 2022.

En la tabla 5-3 se muestran los resultados del análisis de pH, donde se obtuvo un valor de 6,65, el cual se encuentra dentro de los parámetros especificados en la norma NTE INEN 1456. Por otro lado, FAO et al. (2007, pp. 73-74) determinaron que el valor de pH del almidón nativo estudiado debe estar entre 6.0 y 6.5, el cual en este estudio fue ligeramente superior al parámetro especificado en esta norma.

3.2.2. Viscosidad de Brookfield

Tabla 6-3: Viscosidad de Brookfield

Producto	Repetición	Viscosidad	Promedio	Unidad	Estándar	Norma/Institución
Camote	R1	1465	1467.33	SP	840-1500	ISI 17-1 del Internatinal Starch Institute
	R2	1467				
	R3	1470				

Realizado por: Gaona, Tatiana, 2022.

Los valores especificados en la tabla 6-3 indican que el almidón resultante cumple con los requisitos de la norma ISI 17-1, ya que la viscosidad del almidón alcanzada está entre el estándar 840-1500 SP especificado en esta norma. Este resultado es consistente con el obtenido por Parra (2019, p. 40), quien obtuvo un valor de 1417.77 SP en su estudio para obtener almidón de camote.

3.2.3. Temperatura de gelatinización

Tabla 7-3: Temperatura de gelatinización

Producto	Repetición	Temperatura	Promedio	Unidad	Estándar	Norma/Institucion
Camote	R1	65	67,66	°C	57,5-70,0	INEN 1456
	R2	68				
	R3	70				

Realizado por: Gaona, Tatiana, 2022.

La temperatura de gelatinización alcanzada fue de 67,66°C (tabla 7-3), el valor de referencia prescrito por la norma INEN 1456 está entre 57,7 y 70°C, por lo tanto, el resultado se encuentra dentro de este rango. Asimismo, el resultado reportado concuerda con el de Manzanillas (2018, p. 32), quien obtuvo temperaturas de 56,51 a 88,78 °C para diferentes variedades de almidón de camote (blanco y rojo). Según los resultados de Moorthy (2002, pp. 559-592), existen diferencias en la temperatura de gelatinización entre diferentes genotipos de camote debido a la naturaleza de la organización estructural del almidón, en las regiones amorfa y cristalina de la amilosa y la linealidad de amilopectina. Badui-Dergal (2006, pp. 1-693) plantea que al final de la retrogradación parcial, se forma una región con una estructura cristalina muy rígida, por lo que, descomponer el almidón y permitir la gelatinización requiere mucha energía.

3.2.4. Índice de absorción de agua, solubilidad en agua y poder de hinchamiento

3.2.4.1. Índice de absorción de agua (IAA)

Cálculo:

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

Tabla 8-3: Índice de absorción de agua

Producto	Repetición	Peso (g)			IAA	Promedio	Unidad	Estándar	Norma/Institucion
		tubos gel	vasos tarados	con muestra					
Camote	R1	12,66	31,325	31,518	10,21	10,26	g gel/ g muestra	0,82-15,52	FAO et al.
	R2	12,84	31,525	31,903	10,35				
	R3	12,70	33,476	33,891	10,24				

Realizado por: Gaona, Tatiana, 2022.

Según FAO et al. (2007, pp. 73-74), los valores de referencia para la tasa de absorción de agua (IAA) oscilan entre 0,82-15,52 g gel/g; Comparando estos valores con el IAA del almidón de camote, que fue de 10,26 g gel/g a, se encuentra que el valor está dentro de los rangos establecidos.

3.2.4.2. Índice de solubilidad en agua (ISA)

$$\text{Índice de solubilidad en agua (ISA)} = \frac{\text{Peso soluble (g)} \times V(30 \text{ mL}) \times 10}{\text{Peso muestra (g)}}$$

Tabla 9-3: Índice ISA

Producto	Repetición	Peso (g)			ISA	Promedio	Unidad	Estándar	Norma/Institucion
		tubos gel	vasos tarados	con muestra					
Camote	R1	12,66	31,325	31,518	58,55	64,43	%	0,27- 12,32	FAO et al.
	R2	12,84	31,525	31,903	68,95				
	R3	12,70	33,476	33,891	65,81				

Realizado por: Gaona, Tatiana, 2022.

Para el índice de solubilidad en agua (ISA), FAO et al (2007, pp. 73-74) afirmaron que el valor obtenido debe estar en el rango de 0,27-12,32%. El promedio obtenido es de 64,43%, lo que supera los parámetros especificados por la norma. Así mismo, excede los valores de 9,73 % obtenidos por Torres (2021, p. 44).

Moorthy (2002, pp. 559-592) señaló que la solubilidad del almidón depende de una serie de factores, como la fuente de extracción, su fuerza de unión intermolecular mutua, la fuerza de hinchamiento y la presencia de otros componentes.

3.2.4.3. Poder de hinchamiento (PH)

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

Tabla 10-3: Análisis de PH

Producto	Repetición	Peso (g)			PH	Promedio	Unidad	Estándar	Norma/Institucion
		tubos gel	vasos tarados	con muestra					
Camote	R1	12,66	31,325	31,518	0,2424	0,2731	%	0,79- 15,45	FAO et al.
	R2	12,84	31,525	31,903	0,2984				
	R3	12,70	33,476	33,891	0,2784				

Realizado por: Gaona, Tatiana, 2022.

El poder de hinchamiento (PH) medido del almidón de camote fue de 0,273 %, el cual no cumplió con los criterios especificados por FAO et al. (2017, pp. 22-23). Martínez et al. (2017, pp. 22-23) señalaron que la fuerza de hinchamiento se genera cuando el agua entra en contacto con la pared receptora de los gránulos de almidón, provocando que los gránulos se expandan y acumulen más agua a medida que aumenta la temperatura. De acuerdo con FAO et al. (2007, p. 74), los almidones inferiores tienen alta solubilidad, baja absorción de agua y baja capacidad de hinchamiento, lo que conduce a pastas delgadas con baja estabilidad al enfriamiento.

3.2.5. Humedad y cenizas

Cálculo:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{P_{\text{crisol} + \text{muestra}} - P_{\text{crisol} + \text{muestra}}_{105\text{ }^{\circ}\text{C}}}{P_{\text{crisol} + \text{muestra}}} \times 100$$

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{\text{Peso de cenizas (g)}}{\text{Peso de muestra (g)}} \times 100$$

Tabla 11-3: Datos de humedad y ceniza

Producto	Repetición	Peso del crisol tarado (g)	Peso del crisol con muestra (g)	Peso final del crisol (g)
Camote	R1	36,966	38,479	36,925
	R2	34,998	36,569	35,077
	R3	32,925	34,938	33,026

Realizado por: Gaona, Tatiana, 2022.

Tabla 12-3: Datos de humedad y ceniza

Producto		R	Promedio %	Estándar	Norma/Institución
Camote	Ceniza	0,401	0,169	< 2,0	INEN NTE 3593
		0,0045			
		0,0061			
	Humedad	11,56	11,91	----	-----
		11,9			
		12,26			

Realizado por: Gaona, Tatiana, 2022.

La proporción de ceniza fue de 0,169%, según INEN 3593 el contenido de ceniza debe ser menor a 2,0%, en base a esto se determina que el valor del contenido de ceniza se encuentra dentro los parámetros de referencia. El contenido de humedad del almidón de camote fue de 11,91%, al comparar este valor con otros estudios como el de Parra (2021, p. 31) que encontró un contenido de humedad de 14,8% para el almidón a base de camote, se encontró que el porcentaje de humedad,

obtenida en este estudio no varía significativamente, asimismo, Charro (2015, pp. 52-65) obtuvo un porcentaje del 15%, valor superior al obtenido en este estudio. Según Chimbo (2021, pp. 1-113), debido a la hidrofobicidad del almidón, a mayor contenido de humedad, mayor es el deterioro del producto y menor su resistencia, Además, según Chimbo (2021, pp. 1-113), la razón de la diferencia en el contenido de cenizas y humedad en este producto puede estar relacionada con factores como diferentes variedades de camote, diferentes procesos de extracción o diferentes factores químicos.

3.2.6. *Amilopectina*

Tabla 13-3: Resultados de Amilosa y Amilopectina

Producto		Promedio %	Estándar	Norma/Institución
Camote	Amilosa	17,8	---	INIAP
	Amilopectina	82,2	---	INIAP

Realizado por: Gaona, Tatiana, 2022.

El porcentaje de amilosa presente en el almidón fue de 17,8%, para determinar el porcentaje de amilopectina se restó la amilosa al 100% dando un valor de 82,2%. Estos valores se desvían de los reportados por Manzanillas (2018, p. 21), quien obtuvo un contenido promedio de amilosa de 37,92% de tres variedades de camote. Moorthy (2002, pp. 559-592), comparó diez cultivares de camote y definió que la concentración de amilosa afecta la temperatura de gelatinización y la degradación del bioplástico.

3.2.7. *Análisis microbiológicos*

Finalmente, para evaluar la calidad microbiológica de la muestra de almidón obtenida de residuos de camote, fue necesario realizar un análisis microbiológico en el laboratorio Saqmic, de acuerdo con las especificaciones de la FAO (2007, p.45), para identificar la presencia de microorganismos patógenos que pudieran afectar la calidad del producto. Como se muestra en la Tabla 14-3, se obtuvieron valores

satisfactorios que se ajustan a los parámetros especificados en la norma, obteniendo un valor de 0 UPC/g para hongos cuyo valor de referencia se encuentra entre 1000-5000 UPC/g; Se obtuvo un valor de 0 UPC/g para levaduras y mohos con un valor de referencia de 60 UPC/g y finalmente para coliformes totales un valor de 0 UPC/g, asegurando que el producto fue elaborado con altos estándares de calidad.

Tabla 14-3: Resultados microbiológicos

Producto		Promedio UPC/g	Estándar	Norma/Institución
Camote	<i>Hongos</i>	Ausencia	1000- 5000	FAO et al.
	<i>Levaduras y mohos</i>	Ausencia	60	FAO et al.
	<i>Coliformes totales</i>	Ausencia	Ausencia	FAO et al.

Realizado por: Gaona, Tatiana, 2022.

3.2.8. *Obtención de biofilm*

Para el procesamiento de bioplásticos, se prepararon varias formulaciones (Tabla 15-3), en las que se variaron las cantidades de agua, glicerol y ácido acético mientras que las cantidades de almidón se mantuvieron constantes.

Tabla 15-3: Formulación de biofilms

Producto	Agua (mL)	Almidón (g)	Glicerina (mL)	Vinagre (mL)
	40		0,5	1
			0,6	1,5
			0,7	2

Camote	50	2g	0,8	2,5
			0,9	3
			1	3,5

Realizado por: Gaona, Tatiana, 2022.

3.3. Caracterización del biofilm

3.3.1. *Espesor*

La Tabla 9-3 muestra que el espesor obtenido de las láminas de bioplástico fue uniforme en todos los casos, con un promedio de 0,2 mm. Según la NTE INEN 2542, el espesor óptimo del biofilm debe ser de 0,2 mm. Por lo tanto, se determinó que todos los tratamientos cumplieron con el criterio establecido.

Tabla 16-3: Datos de espesor de las biopelículas

Tratamiento	Repetición	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Largo (mm)
A	1	0,2	16	36,7
	2	0,2	16	36,7
	3	0,2	16	36,7
	4	0,2	16	36,7
B	1	0,2	16	36,8
	2	0,2	16,2	36,7
	3	0,2	16	36,8
	4	0,2	16	36,8
C	1	0,2	16	36,5
	2	0,2	16	36,3
	3	0,2	16	36,3
	4	0,2	16	36,6
D	1	0,2	16,2	36,5
	2	0,2	16,2	36,5
	3	0,2	16,2	36,5
	4	0,2	16,2	36,5

E	1	0,2	16	37
	2	0,2	16	37
	3	0,2	16	37
	4	0,2	16	37
F	1	0,2	16,2	36,6
	2	0,2	16,2	36,6
	3	0,2	16,2	36,6
	4	0,2	16,2	36,6

Realizado por: Gaona, Tatiana, 2022.

3.3.2. *Humedad*

La tabla 17-3 muestra los resultados del porcentaje de humedad obtenido en cada una de las muestras de polímeros biodegradables, determinándose un promedio general de 15.3%. Gavilán (2021, p. 71) enfatizó que la humedad es una propiedad clave de los bioplásticos, que juega un papel importante junto con la biodegradabilidad, ya sea por el origen de la materia prima o por la influencia de los aditivos en la película.

Tabla 17-3: Humedad de las biopelículas

Producto	Tratamiento	Repetición	Humedad (%)	Promedio
	A	1	16,77	15,5625
		2	14,25	
		3	15,17	
		4	16,06	
	B	1	14,96	16,04
		2	15,28	
		3	17,63	
		4	16,29	
	C	1	12,89	13,9525
		2	12,35	
		3	14,36	
		4	16,21	
	D	1	17,48	16,5825
		2	16,26	

Biolplástico de residuos camote		3	15,32	16,2625
		4	17,27	
	E	1	16,25	
		2	15,95	
		3	15,27	
		4	16,45	
	F	1	17,11	
		2	16,11	
		3	14,58	
		4	17,25	

Realizado por: Gaona, Tatiana, 2022.

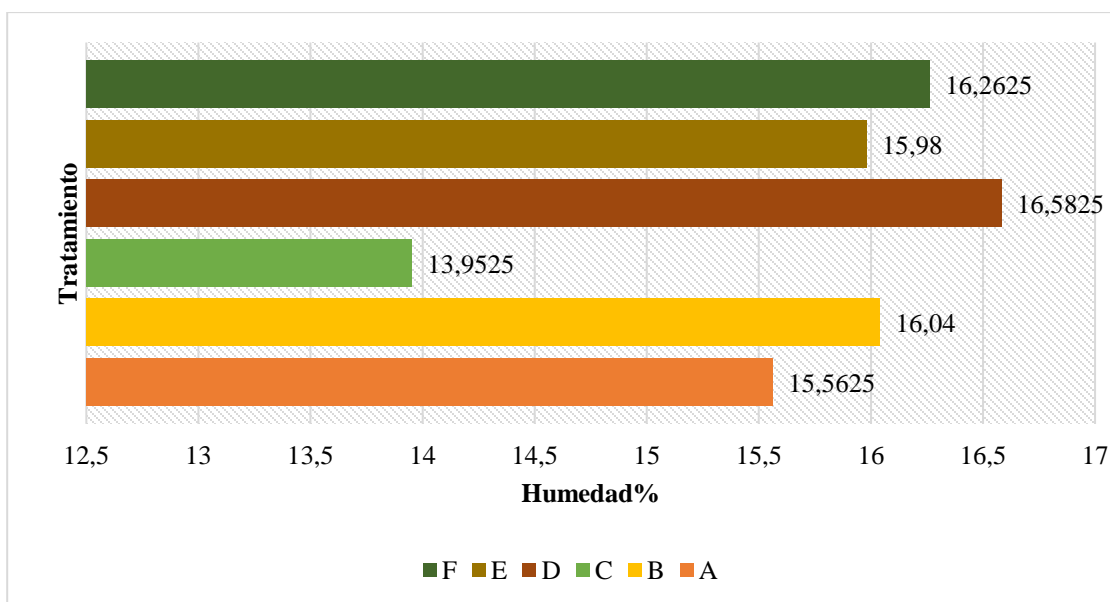


Ilustración 1-3: Promedio de humedad por cada tratamiento

Realizado por: Gaona, Tatiana, 2022.

En el Ilustración 1-3 se puede observar que el tratamiento con mayor contenido de humedad fue el D con un 16,583%, en contraste el tratamiento C tuvo un contenido de humedad menor con un 13,952%, lo que prolonga la vida útil del bioplástico según Gavilánez (2021, p. 71). La norma ASTM 6980 menciona que el contenido de humedad porcentual en los plásticos convencionales debe ser < 1%, por lo que el valor obtenido supera el límite permitido por la norma. Sin embargo, estos porcentajes de humedad obtenidos son similares a los reportados por Parra (2020, p. 43), quien obtuvo valores entre 15,49 % y 37,88 % en biopelículas de zanahoria y camote.

3.3.3. Solubilidad del agua

Cálculo:

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

Tabla 18-3: Solubilidad de bioplásticos

Producto	Tratamiento	Peso inicial plástico (g)	Peso final plástico (g)	Solubilidad %
Bioplástico de residuos de camote	A	0,415	0,295	28,92
	B	0,242	0,205	15,29
	C	0,203	0,165	18,72
	D	0,374	0,278	25,67
	E	0,242	0,178	26,45
	F	0,285	0,215	24,56

Realizado por: Gaona, Tatiana, 2022.

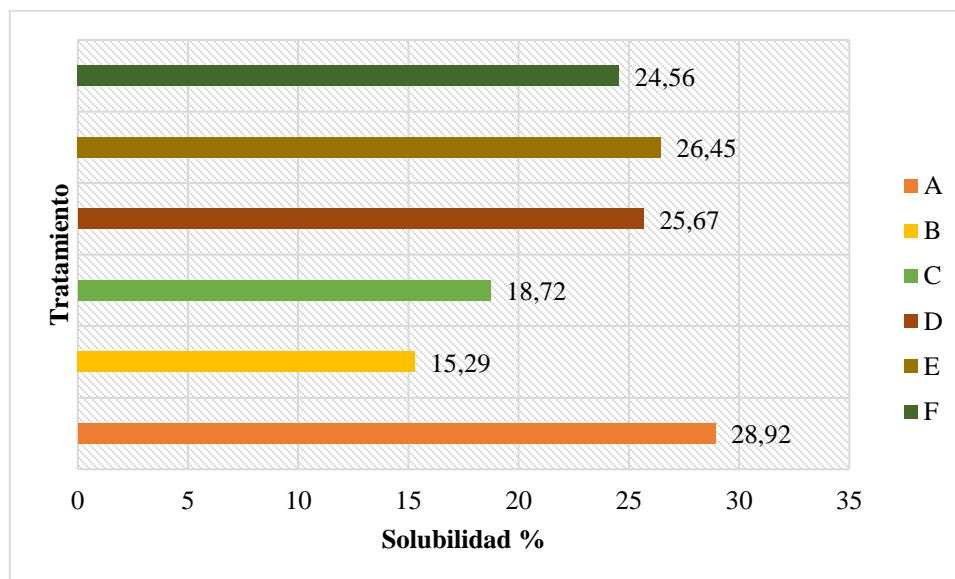


Ilustración 2-3: Promedio de solubilidad por cada tratamiento

Realizado por: Gaona, Tatiana, 2022.

El Ilustración 2-3 indica el porcentaje de solubilidad obtenido para cada tratamiento, mostrando que el tratamiento A alcanzó el mayor valor de solubilidad (28,92%), en cambio, el tratamiento B tuvo un porcentaje de solubilidad significativamente menor que los demás tratamientos. Además, se encontró una alta similitud entre los tratamientos F, E y D con valores entre 24,56 y 26,45%. Los

valores obtenidos en cada tratamiento son superiores a los reportados por Acosta (2011, p. 61), que obtuvo una solubilidad del biofilm de almidón de 12,9% sin adición de antibióticos. Por otro lado, la solubilidad del bioplástico fue inferior al 40%, cifra similar a la reportada por Niveló (2021, p.31) en su trabajo titulado “Obtención de un plástico biodegradable a partir de almidón de jengibre (*zingiber officinale*) para su uso en envases de alimentos.

3.3.4. Permeabilidad

3.3.4.1. Transmisión de vapor (WVP)

Tabla 19-3: Grado de transmisión de vapor de agua

Tratamiento	Peso de los tubos con gel de sílice (g)						WTR ($\frac{\text{mm g}}{\text{hm}^2}$)	WVP ($\frac{\text{g}}{\text{h.Mpa.M}}$)
	A	32,283	32,375	32,39	33,393	32,407	32,428	0,0230
B	33,005	33,011	33,015	33,02	33,029	33,037	0,0050	9,729E-08
C	33,287	33,293	33,297	33,301	33,313	33,329	0,0066	1,277E-07
D	33,869	33,875	33,878	33,884	33,895	33,998	0,0204	3,922E-07
E	34,236	34,237	34,241	34,243	34,255	34,324	0,0139	2,675E-07
F	33,256	33,262	33,267	33,27	33,282	33,302	0,0073	1,399E-07

Realizado por: Gaona, Tatiana, 2022.

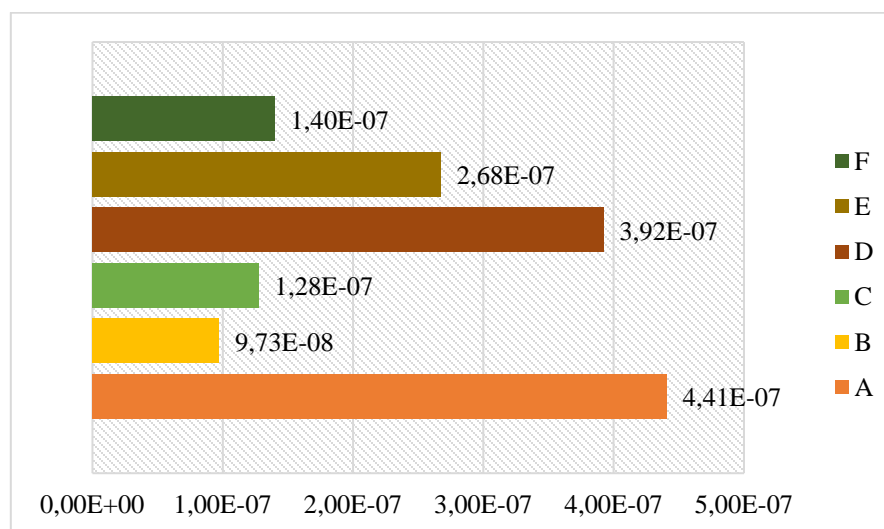


Ilustración 3-3: WVP cada tratamiento

Realizado por: Gaona, Tatiana, 2022.

Como se observa en el Ilustración 3-3, los tratamientos A y D presentaron los valores de WVP más altos de $4,408E-07$ y $3,922E-07$ g/h.Mpa.M respectivamente, mientras que el tratamiento B fue el de menor permeabilidad al vapor de agua. con un valor de $9,729E-08$ g/h.Mpa.M. Niveló (2021, p. 31) expresó que el transporte de vapor de agua es una propiedad que incide en la degradación de la película, y también mencionó que es un fenómeno acoplado de adsorción y difusión. Además, señala que cuanto mayor es el grado de reticulación de la matriz polimérica, más difícil es que las moléculas de agua atraviesen la matriz polimérica, lo que reduce la permeabilidad. De acuerdo con Balan (2012, p. 23), el valor de la permeabilidad al vapor de agua de las películas de polímero se puede utilizar para predecir la vida útil de los productos plásticos con aplicaciones específicas.

3.3.5. Propiedades mecánicas

El ensayo mecánico se basó en la norma NTE-INEN 2635, con cuatro repeticiones por tratamiento. La tabla 20-3 detalla los resultados obtenidos para cada prueba.

Tabla 20-3: Propiedades mecánicas de los biofilms

Producto	Tratamiento	Repetición	Carga máxima (N)	Desplazamiento máximo (mm)	Esfuerzo máximo (MPa)	Deformación (%)	Rotura de carga (N)
Bioplástico de residuos camote	A	1	2,33	3,9733	0,72812	10,8264	0,5325
		2	4,105	4,07742	1,28281	11,1101	0,5275
		3	2,025	3,85728	0,63281	10,5103	0,51
		4	2,1425	1,04676	0,66953	2,85221	0,53
	B	1	3,695	4,63781	1,15469	12,6027	0,51
		2	4,135	7,65783	1,27623	20,866	0,56
		3	4,1858	5,58837	1,12891	12,3026	0,535
		4	3,795	2,95132	1,18594	8,0199	0,5525
	C	1	3,84	3,28377	1,2	8,99664	0,515
		2	3,1025	4,88019	0,96953	13,4441	0,5175
		3	3,66	5,06732	1,14375	13,9596	0,52
		4	4,6575	7,66962	1,45547	20,9553	0,5175
	D	1	3,49	2,52429	1,07716	6,91588	0,5975
		2	7,5075	4,1394	2,31713	11,3408	2,21
		3	7,6675	3,71183	2,36651	10,1694	1,1025
		4	7,02	2,2663	2,16667	6,20905	1,335
	E	1	7,2125	3,00174	2,25391	8,11282	0,9425
		2	12,0875	4,17391	3,77734	11,2808	1,5025
		3	15,9	2,29494	4,96875	6,20255	0,5725

		4	16,235	0,93854	5,07344	2,53659	7,4725
	F	1	3,84	3,83699	1,18519	10,4836	0,64
		2	3,59	2,52329	1,15666	6,91588	0,5957
		3	4,495	5,11891	1,38735	13,9861	0,69
		4	5,415	4,5838	1,6713	12,524	0,6075

Realizado por: Gaona, Tatiana, 2022.

Tabla 21-3: Promedio de las propiedades mecánicas de los biofilms

Producto	Tratamiento	Carga máxima (n)	Desplazamiento máximo (mm)	Esfuerzo máximo (MPa)	Deformación (%)	Rotura de carga (n)
Biolástico de residuos camote	A	2,65	3,23	0,83	8,82	0,53
	B	3,953	5,21	1,19	13,45	0,54
	C	3,815	5,23	1,19	14,34	0,52
	D	3,160	3,16	1,98	8,66	1,31
	E	12,86	2,60	4,02	7,03	2,62
	F	4,01	4,08	1,35	10,98	0,63

Realizado por: Gaona, Tatiana, 2022.

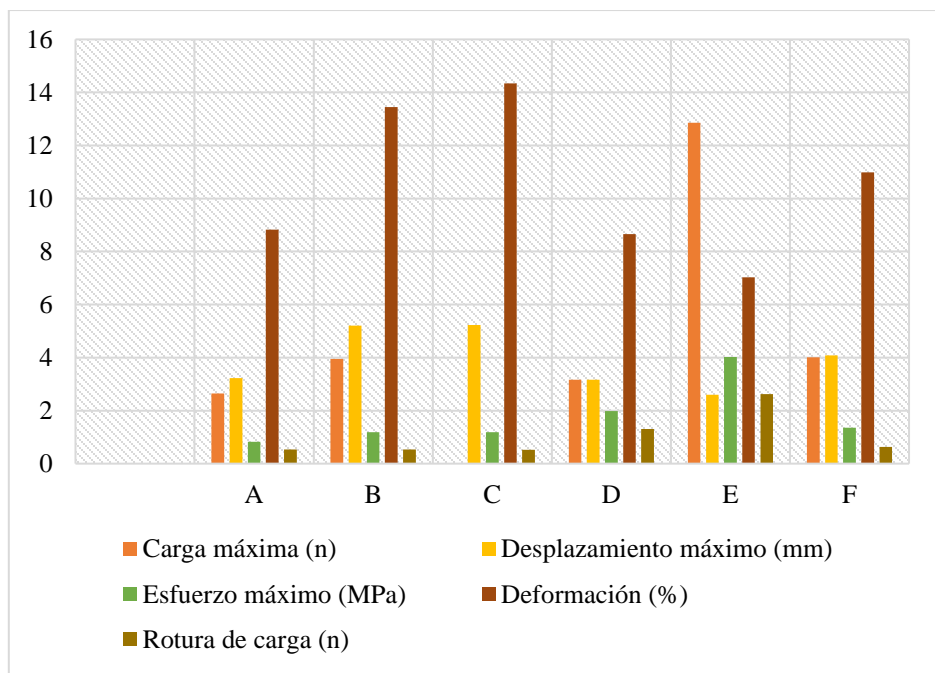


Ilustración 4-3: Promedio de propiedades mecánicas por cada tratamiento

Realizado por: Gaona, Tatiana, 2022.

El Ilustración 4-3 muestra los valores medios de cada propiedad mecánica de los bioplásticos, siendo el tratamiento E con un valor de 12,86 n fue el tratamiento que logró la mayor carga máxima. El máximo desplazamiento se obtuvo en los tratamientos B y C con valores de 5,21 mm y 5,23 mm, respectivamente. El tratamiento E tuvo la tensión más alta con 4,02 MPa, mientras que el tratamiento C tuvo el porcentaje de tensión más alto con 14,34 %. Finalmente, la mayor fractura por estrés se presentó en el tratamiento C con un valor de 2,62 n.

Los valores mostrados difieren levemente de los resultados obtenidos por Hernández (2017, pp. 1-98) en su estudio en el que comparó la calidad de bioplásticos elaborados a partir de fécula de papa y sobras de boniato de restaurantes del mercado central del distrito. de Independencia en 2017, en el que, tras identificar los bioplásticos más resistentes, se analizaron las pruebas de estrés máximo, que revelaron un valor de $0,148 \pm 0,92$ MPa y una deformación del $10,85 \pm 2,50$ % de los bioplásticos obtenidos a partir de residuos de camote.

Tabla 22-3: ANOVA propiedades mecánicas

ANOVA de un factor						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Cargamáx	Inter-grupos	278,126	5	55,625	14,085	,000
	Intra-grupos	71,088	18	3,949		
	Total	349,214	23			
Esfuerzomáx	Inter-grupos	27,347	5	5,469	14,302	,000
	Intra-grupos	6,884	18	,382		
	Total	34,231	23			
Rotura	Inter-grupos	14,123	5	2,825	1,533	,229
	Intra-grupos	33,170	18	1,843		
	Total	47,293	23			
Desplazamiento	Inter-grupos	24,602	5	4,920	2,234	,095
	Intra-grupos	39,640	18	2,202		
	Total	64,243	23			
Deformación	Inter-grupos	167,427	5	33,485	2,048	,120
	Intra-grupos	294,336	18	16,352		
	Total	461,763	23			

Realizado por: Gaona, Tatiana, 2022.

De acuerdo con la tabla 22-3, los valores medios de las propiedades de carga máxima y tensión máxima se ven significativamente afectados por los tratamientos. Sin embargo, los diferentes tratamientos no influyen en los valores medios de las demás propiedades mecánicas. Una vez determinadas las propiedades mecánicas con diferencias significativas, se aplicó la prueba HSD de Tukey para identificar el tratamiento que difiere de los demás, las tablas 23-3 y 24-3 muestran que el tratamiento F es el que difiere en la propiedad de carga máxima y el tratamiento E es el que difiere en la propiedad de esfuerzo máximo.

Tabla 23-3: Prueba de Tukey propiedad carga máxima

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
HSD de A	4	2,6506	
Tukey B	4	3,8150	
C	4	3,9527	
D	4	4,3350	
E	4	6,4213	
F	4		12,8588
		,128	1,000

Realizado por: Gaona, Tatiana, 2022.

Tabla 24-3: Prueba de Tukey propiedad esfuerzo máximo

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
HSD de A	4	,8283		
Tukey B	4	1,1864		
C	4	1,1922		
F	4	1,3501		
D	4	1,9819		
E	4		4,0184	
Sig.		,138	1,000	

Realizado por: Gaona, Tatiana, 2022.

3.3.6. Biodegradabilidad

Se realizó el estudio de biodegradabilidad de los bioplásticos durante 42 días, el cual se realizó bajo tres condiciones: agua, suelo y medio ambiente, obteniendo los datos que se muestran a continuación:

Tabla 25-3: Biodegradabilidad en suelo

PRODUCTO	TRATAMIENTO	UNIDAD	Días														
			0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42
CAMOTE	TP1	cm2	4,000	3,895	3,751	3,668	3,658	3,628	3,556	3,542	3,521	3,512	3,504	3,433	3,221	3,061	3,007
		%	0,000	2,625	6,225	8,300	8,550	9,300	11,100	11,450	11,975	12,200	12,400	14,175	19,475	23,475	24,825
	TP2	cm2	4,000	3,983	3,830	3,809	3,742	3,618	3,594	3,527	3,516	3,493	3,468	3,414	3,392	3,388	3,182
		%	0,000	0,425	4,250	4,775	6,450	9,550	10,150	11,825	12,100	12,675	13,300	14,650	15,200	15,300	20,450
	TP3	cm2	4,000	3,962	3,821	3,749	3,729	3,580	3,576	3,517	3,512	3,398	3,365	3,356	3,336	3,299	3,172
		%	0,000	0,950	4,475	6,275	6,775	10,500	10,600	12,075	12,200	15,050	15,875	16,100	16,600	17,525	20,700
	TP4	cm2	4,000	3,957	3,795	3,658	3,544	3,539	3,508	3,485	3,367	3,361	3,346	3,334	3,314	3,225	3,071
		%	0,000	1,075	5,125	8,550	11,400	11,525	12,300	12,875	15,825	15,975	16,350	16,650	17,150	19,375	23,225
	TP5	cm2	4,000	3,868	3,778	3,570	3,514	3,507	3,375	3,336	3,318	3,271	3,183	3,167	3,151	3,111	3,034
		%	0,000	3,300	5,550	10,750	12,150	12,325	15,625	16,600	17,050	18,225	20,425	20,825	21,225	22,225	24,150
	TP6	cm2	4,000	3,856	3,688	3,503	3,499	3,437	3,334	3,295	3,269	3,164	3,113	3,111	3,099	2,971	2,795
		%	0,000	3,600	7,800	12,425	12,525	14,075	16,650	17,625	18,275	20,900	22,175	22,225	22,525	25,725	30,125

Realizado por: Gaona, Tatiana, 2022.

Tabla 26-3: Biodegradabilidad en agua

PRODUCTO	TRATAMIENTO	UNIDAD	Días														
			0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42
CAMOTE	TP1	cm2	4,000	3,993	3,527	3,353	3,307	3,197	3,162	3,147	3,104	3,089	2,903	2,796	2,745	2,494	2,339
		%	0,000	0,175	11,825	16,175	17,325	20,075	20,950	21,325	22,400	22,775	27,425	30,100	31,375	37,650	41,525
	TP2	cm2	4,000	3,984	3,489	3,285	3,216	3,139	3,071	3,020	3,015	2,730	2,711	2,684	2,562	2,442	2,163
		%	0,000	0,400	12,775	17,875	19,600	21,525	23,225	24,500	24,625	31,750	32,225	32,900	35,950	38,950	45,925
	TP3	cm2	4,000	3,830	3,418	3,243	3,164	3,068	2,903	2,830	2,560	2,536	2,476	2,417	2,367	2,145	2,093
		%	0,000	4,250	14,550	18,925	20,900	23,300	27,425	29,250	36,000	36,600	38,100	39,575	40,825	46,375	47,675
	TP4	cm2	4,000	3,763	3,078	3,074	3,020	2,814	2,641	2,492	2,372	2,332	2,302	2,286	2,156	2,133	2,078
		%	0,000	5,925	23,050	23,150	24,500	29,650	33,975	37,700	40,700	41,700	42,450	42,850	46,100	46,675	48,050
	TP5	cm2	4,000	3,711	3,001	2,934	2,899	2,678	2,461	2,370	2,329	2,260	2,194	2,093	2,081	2,052	2,038
		%	0,000	7,225	24,975	26,650	27,525	33,050	38,475	40,750	41,775	43,500	45,150	47,675	47,975	48,700	49,050
	TP6	cm2	4,000	3,640	2,839	2,818	2,798	2,688	2,437	2,412	2,166	2,166	2,110	2,094	2,062	2,042	2,029
		%	0,000	9,000	29,025	29,550	30,050	32,800	39,075	39,700	45,850	45,850	47,250	47,650	48,450	48,950	49,275

Realizado por: Gaona, Tatiana, 2022.

Tabla: 27-3: Biodegradabilidad en el ambiente

PRODUCTO	TRATAMIENTO	UNIDAD	Días														
			0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42
CAMOTE	TP1	cm2	4,000	3,994	3,969	3,954	3,923	3,888	3,853	3,804	3,771	3,636	3,569	3,476	3,314	3,313	3,100
		%	0,000	0,150	0,775	1,150	1,925	2,800	3,675	4,900	5,725	9,100	10,775	13,100	17,150	17,175	22,500
	TP2	cm2	4,000	3,933	3,898	3,888	3,861	3,854	3,848	3,803	3,760	3,737	3,711	3,707	3,510	3,407	3,302
		%	0,000	1,675	2,550	2,800	3,475	3,650	3,800	4,925	6,000	6,575	7,225	7,325	12,250	14,825	17,450
	TP3	cm2	4,000	3,896	3,845	3,831	3,816	3,801	3,735	3,711	3,620	3,569	3,488	3,445	3,428	3,384	3,241
		%	0,000	2,600	3,875	4,225	4,600	4,975	6,625	7,225	9,500	10,775	12,800	13,875	14,300	15,400	18,975
	TP4	cm2	4,000	3,836	3,830	3,820	3,779	3,729	3,696	3,639	3,542	3,420	3,400	3,310	3,228	3,169	3,156
		%	0,000	4,100	4,250	4,500	5,525	6,775	7,600	9,025	11,450	14,500	15,000	17,250	19,300	20,775	21,100
	TP5	cm2	4,000	3,975	3,792	3,792	3,785	3,696	3,681	3,672	3,637	3,575	3,456	3,398	3,170	3,144	3,050
		%	0,000	0,625	5,200	5,200	5,375	7,600	7,975	8,200	9,075	10,625	13,600	15,050	20,750	21,400	23,750
	TP6	cm2	4,000	3,953	3,778	3,763	3,754	3,650	3,607	3,605	3,599	3,525	3,446	3,367	3,120	3,044	3,017
		%	0,000	1,175	5,550	5,925	6,150	8,750	9,825	9,875	10,025	11,875	13,850	15,825	22,000	23,900	24,575

Realizado por: Gaona, Tatiana, 2022.

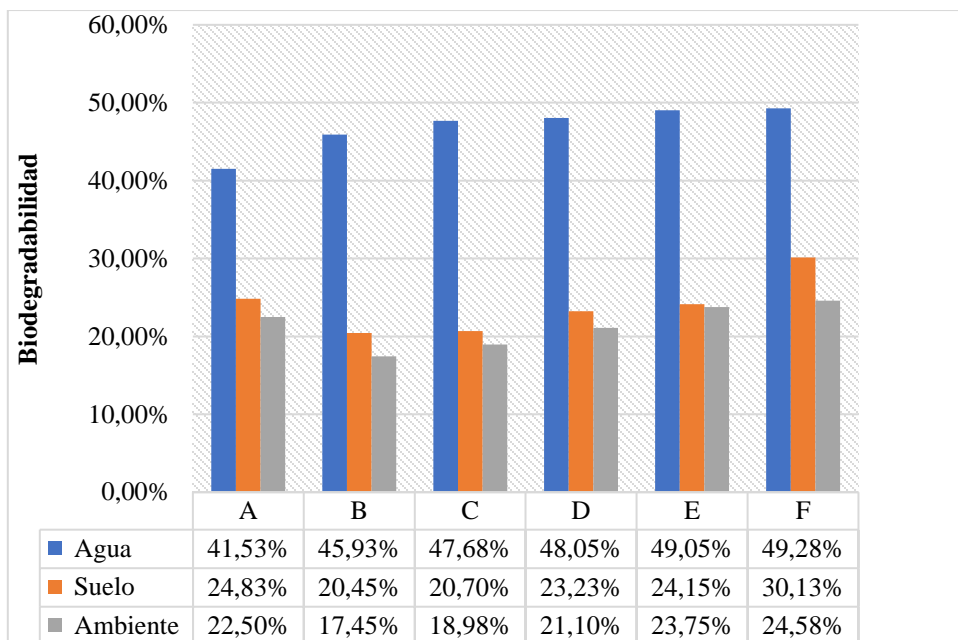


Ilustración 5-3: Promedio de biodegradabilidad de cada tratamiento

Realizado por: Gaona, Tatiana, 2022.

De acuerdo con los datos que se muestran en la Tabla 4-3, la mayor biodegradabilidad se presentó en el Tratamiento F, con mayor biodegradabilidad en el medio acuático. Por otro lado, el tratamiento A fue el que logró un menor grado de biodegradabilidad en el medio acuático y el tratamiento B en el suelo y en el medio ambiente.

Estos resultados son similares a los valores obtenidos por Borbor y Mejía (2022, p. 45) en su estudio donde desarrollaron películas biodegradables para recubrimientos vegetales utilizando almidones de camote y remolacha, obteniendo valores de biodegradabilidad para los tres ambientes del 17% al 59,7% en un período de 24 días. González et al. (2011, pp. 335-337) muestra que la degradación de las diferentes películas depende fuertemente del grado de reticulación, es decir, del enlace entre moléculas, cualquier grado mínimo de modificación por reticulación produce una biodegradación más rápida.

Comparando los resultados de la degradación del biofilm simulado bajo las tres condiciones ambientales, se encuentra que los films presentan mejor degradación en suelo y agua ya que están en contacto directo con los factores que modifican sus propiedades y benefician los procesos de degradación, por otro lado, en la degradación en el aire, al no existir un agente que acelere sus propiedades, su proceso de degradación es retardado, pero va avanzando hacia su totalidad. Estos resultados, basados en las propiedades estudiadas experimentalmente, indican que cumplen con los requisitos descritos en la norma INEN 2643 (Especificaciones para plásticos compostables), ya que tienen una tasa de degradación comparable a otros materiales como: hojas, papel, madera, fruta, etc.

CONCLUSIONES

El tratamiento óptimo para la obtención de almidón por vía húmeda es el tratamiento 2 con un rendimiento de 10,68%, el cual se utilizó para producir plástico biodegradable a partir de restos de camote.

Con base en el método utilizado y sus resultados se determinó que la mayoría de los parámetros cumplieron con los estándares de calidad para almidón insoluble, mismo que tiene valores de: humedad 0,17%, cenizas 11,91%, solubilidad 10,26%, pH 6,65, viscosidad 1467,33, temperatura de gelatinización 67,66°C, pura amilopectina 17,80%, amilopectina 82,2%, ausencia de hongos, levaduras y mohos y coliformes totales.

Se prepararon seis formulaciones de películas a partir del almidón de residuos de camote: A, B, C, D, E y F, variando la cantidad de agua (40 y 50 ml), glicerina (0,5, 0,6, 0,7, 0,8, 0,9 y 1) y ácido acético (1, 1,5, 2, 2,5, 3 y 3,5), manteniendo constante la cantidad de almidón (200 g).

Se caracterizaron los biofilms A, B, C, D, E y F obtenidos a partir de almidón de residuo de camote, siendo el biofilm del tratamiento E el mejor en comparación con los demás tratamientos en base a sus propiedades fisicoquímicas. De esta biopelícula se obtuvieron los siguientes resultados: humedad 15,98%, solubilidad 26,45%, espesor 0,2 mm, permeabilidad al vapor de agua 2,68E-07 g/h.Mpa.m. Así mismo, con respecto a las propiedades mecánicas del biopolímero este tratamiento es el que presenta las propiedades mecánicas más idóneas de la película bioplástica, la cual tuvo 12,86n de carga máxima, 2,6 mm de desplazamiento máximo, 4,03 MPa de esfuerzo máximo, 7,03% de deformación y 2,62 de rotura por carga.

En cuanto a la biodegradabilidad en los tres ambientes, el tratamiento F fue el de mayor porcentaje en 42 días, con el mayor grado de biodegradabilidad de 49,28% en el medio acuático, alcanzando su completa descomposición en 90 días.

RECOMENDACIONES

- Aprovechar los residuos que sobrenadaron del proceso de obtención del almidón de camote el cual puede ser utilizado en procesos de compostaje.
- En el proceso de mezcla es recomendable utilizar un agitador automatizado para de esta manera evitar la formación de sólidos poco solubles.
- Realizar el correspondiente tamizado del almidón de camote para evitar que las biopelículas presenten pequeñas partículas que difieran en su estructura.
- Analizar nuevas alternativas de combinaciones químicas en la elaboración de biofilms para mejorar la calidad de las características de los biofilms.

BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA DOMINGUEZ, Laura. *Películas comestibles nanoestructuradas de almidón de camote (Ipomea batata)* [en línea]. (Trabajo de Titulación). (Maestría) Universidad Veracruzana, Veracruz, México. 2011. pp. 9-49. [Consulta: 30-09-2022]. Disponible en: <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/46924/AcostaDominguezLaura.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ACUERDO MINISTERIAL 19. *Políticas para gestión integral de plásticos en el Ecuador.* Disponible en: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/06/Acuerdo-19.pdf>

AVELLÁN, Adriana., et al. “Modelo de publicación sin fines de lucro para conservar la naturaleza académica y abierta de la comunicación científica pdf generado a partir de xml-jats4r obtención de bioplástico a partir de almidón de maíz (zea mays l.)”. *Ciencia Tecnología* [en línea], 2019, **7**(1), p. 2. [Consulta: 5 de junio de 2022]. ISSN 2313-7819. Disponible en: <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/215/215974004/215974004.pdf>

BENAVIDES, Ana. El camote valor nutricional y sus usos en la repostería [En línea] (Trabajo de Titulación). (Titulación) Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador. 2011. p. 19. [Consulta: 2022-06-05]. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/1219/1/06%20GAS%20008%20TITULO%20DE%20LA%20TESINA.pdf>

BIO-FED. Demanda del Bioplástico [web]. Ecuador: Eco ambiente, 2021. [Consulta: 05 junio 2022]. Disponible en: <https://bio-fed.com/es/acerca-de-los-bioplasticos/#:~:text=Los%20bioplásticos%20son%20materiales%20biodegradables,y%20procesarse%20en%20máquinas%20convencionales.>

BORBOR, JHON, & MEJÍA, JOSUÉ. *Desarrollo de una película biodegradable mediante los almidones de camote (ipomoea batatas) y remolacha (beta vulgaris) para el recubrimiento de hortalizas* [en línea]. (Trabajo de Titulación). (Titulación) Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador. 20122. pp. 5-9. [Consulta: 30-09-2022]. Disponible

en: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/61472/1/BCIEQ-T-%200744%20Borbor%20Tomalá%20John%20Andy;%20Mejía%20Bajaña%20Josué%20David.pdf>

CHARIGUAMÁN CHANATASIG, Jimmy. Caracterización de bioplástico de almidón elaborado por el método de casting reforzado con albedo de maracuyá (*Passiflora edulis spp.*) [En línea] (Trabajo de Titulación). (Titulación) Universidad de la Américas, Quito, Ecuador. 2015. p. 1. [Consulta: 2022-06-05]. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/06a5dc04-9bc7-4253-a0ad-30c4c6c160be/content>

CHARRO ESPINOSA, Mónica Margarita. *Obtención de plástico biodegradable a partir de almidón de patata* [en línea]. (Trabajo de Titulación). (Titulación) Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador. 2015. pp. 8-9. [Consulta: 30-09-2022]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/3788/1/T-UCE-0017-97.pdf>

COBEÑA RUÍZ, Gloria. “Effect of seed populations and guide length on yield of camote varieties”. *Espa Ciencia* [en línea], 2017, 8(1), p. 34. [Consulta: 5 junio 2022]. ISSN 3320-3717. Disponible en: <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/4826/1/INIAPEEPR2017n8v1p33.pdf>

COBEÑA, Gloria., et al. *Manual técnico del cultivo de camote* [en línea]. 9ª ed. Manabí-Ecuador: hums, 2017. [Consulta: 5 junio 2022]. Disponible en: <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/4789/3/INIAPEEPM106.pdf>

EL UNIVERSO. “Bioplástico, restos orgánicos reciclados transformados en artículos de uso diario”. *El universo* [en línea], 2021, 1(2), p. 1. [Consulta: 5 junio 2022]. ISSN 1993-1998. Disponible en: <https://www.eluniverso.com/patrocinado/bioplastico-restos-organicos-reciclados-transformados-en-articulos-de-uso-diario/>

FAO; ET AL. *Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca* [en línea]. 2ª ed. Roma: EditAndes, 2007 [Consulta: 30-09-2022]. Disponible en: <https://www.fao.org/3/a1028s/a1028s.pdf>

FIorentino, Nichole. Desarrollo de un bioplástico como alternativa al poliestireno para aplicarse en cadenas de sushi [En línea] (Trabajo de Titulación). (Titulación) Universidad San Francisco de

Quito, Quito, Ecuador. 20165. p. 16. [Consulta: 2022-06-05]. Disponible en: <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/6242/1/128673.pdf>

FRANZ BARROS, Nelly. “Innovacion para emprendimiento de yuca y camote en la seguridad y soberanía alimentaria, y oportunidad de mercado para los pequeños productores emprendedores de manabi”. *Iniap* [en línea], 2010, (Ecuador) 1(2), p. 2. [Consulta: 10 junio 2022]. ISSN 6485-8700. Disponible en: <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2455/1/iniapscP.B277h2010.pdf>

GAVILANES RUIZ, Lizbeth Jaqueline. *Elaboración de bioplásticos a partir del almidón de arroz (oryza sativa) y arroz integral para uso como envolturas biodegradables de alimentos* [en línea]. (Trabajo de Titulación). (Titulación) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2017. pp. 17-19. [Consulta: 30-09-2022]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/14971/1/96T00627.pdf>

GEO-PORTAL DEL AGRO ECUATORIANO. *Mapa de Zonificación Agroecológica del cultivo de Camote en el Ecuador Continental* [web]. Ecuador: Geoportal, 2013. [Consulta: 05 junio 2022]. Disponible: <https://fliphtml5.com/wtae/szyz/basic>

GRANDA RUEDA, Mariana Dominga. *Polímeros a base de almidón como sustitutos de los plásticos de un solo uso* [en línea]. (Trabajo de Titulación). (Titulación) Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador. 2021. pp. 2-9. [Consulta: 30-09-2022]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/24929/1/FCQ-CQ-GRANDA%20MARIANA.pdf>

GUIZAR, ALBERTO; ET AL. “Parcial caracterizacion de nuevos almidones obtenidos del tuberculo de camote del cerro (dioscorea spp)”. *ResearchGate* [en línea]. 2008, 9(1), 18–20 [Consulta: 30 septiembre 2022]. ISSN 0901:8188. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/242739207_PARCIAL_CHARACTERIZACION_DE_NUEVOS_ALMIDONES_OBTENIDOS_DEL_TUBERCULO_DE_CAMOTE_DEL_CERRO Di_oscarea_spp](https://www.researchgate.net/publication/242739207_PARCIAL_CHARACTERIZACION_DE_NUEVOS_ALMIDONES_OBTENIDOS_DEL_TUBERCULO_DE_CAMOTE_DEL_CERRO_Di_oscarea_spp)

HARO VELASTEGUI, Ana. “Análisis sobre el aprovechamiento de los residuos del plátano, como materia prima para la producción de materiales plásticos biodegradables”. *Library* [en línea], 2017, 3(2), p. 154. [Consulta: 5 junio 2022]. ISSN 2477-8818. Disponible

en: <https://1library.co/document/zk3vkrey-analisis-aprovechamiento-residuos-platano-produccion-materiales-plasticos-biodegradables.html>

HERRERA, Víctor., et al. *Raíces y tubérculos* [en línea]. 3ª ed. Quito-Ecuador: Asocam, 2004. [Consulta: 5 junio 2022]. Disponible en: <http://www.asocam.org/sites/default/files/publicaciones/files/f1ce784ad56186d4fbec1a60f9e8e757.pdf>

MACÍAS FIGUEROA, Carmen Mariuxi., et al. “Caracterización agronómica de germoplasma de camote (*Ipomoea batatas* L.) en manabí”. *Iniap* [en línea], 2011, 6(82), p. 38. [Consultado el 5 de junio de 2022]. ISSN 1574-0050. Disponible en: <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/4831/1/INIAPPEPR2011n2v2p37.pdf>

MANZANILLAS ROJAS, Lisbeth Adela. *Evaluación de las propiedades fisicoquímicas y funcionales de féculas de tres variedades de camote (ipomoea batata) para aplicaciones alimentarias.* [en línea]. (Trabajo de Titulación). (Titulación) Universidad técnica de Ambato, Ambato, Ecuador. 2018. pp. 9-12. [Consulta: 30-09-2022]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/28375/1/AL%20680.pdf>

NIVELLO ZHAGÑAY, Britt Diana. *Obtención de un plástico biodegradable a partir del almidón de jengibre (zingiber officinale) para su uso en el embalaje de alimentos* [en línea]. (Trabajo de Titulación). (Titulación) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2021. pp. 9-49. [Consulta: 30-09-2022]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/16764/1/96T00684.pdf>

PARLATES, Carlos. “Reducir el consumo de plásticos o utilizar los que sean eco amigables, el propósito de Ecuador”. *La nación* [en línea]. 2020, 1(9), p. 1. [Consulta: 5 junio 2022]. ISSN 1920-2903. Disponible en: <https://lanacion.com.ec/reducir-el-consumo-de-plasticos-o-utilizar-los-que-sean-ecoamigables-el-proposito-de-ecuador/>

PARRA PÉREZ, Joselyne Brigitte. *Obtención de biofilm a partir del almidón de zanahoria blanca (arracacia xanthorrhiza) y de camote (ipomoea batatas) como alternativa al uso de material plástico derivado de petróleo* [en línea]. (Trabajo de Titulación). (Titulación) Escuela Superior Politécnica de

Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2019. pp. 20-29. [Consulta: 30-09-2022]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/13808/1/96T00573.pdf>

PARRA PÉREZ, Joselyne. Obtención de biofilm a partir del almidón de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) y de camote (*Ipomoea batatas*) como alternativa al uso de material plástico derivado de petróleo [En línea] (Trabajo de Titulación). (Titulación) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2019. pp. 5-6 [Consulta: 2022-06-05]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/13808/1/96T00573.pdf>

PINTO, Máximo. “El cultivo del camote y el clima en el Ecuador”. *Inamhi* [en línea], 2012, 1(3), p. 1. [Consulta: 5 junio 2022]. ISSN 2310-2012. Disponible en: <https://www.inamhi.gob.ec/meteorologia/articulos/agrometeorologia/El%20cultivo%20del%20camote%20y%20el%20clima%20en%20el%20Ecuador.pdf>

QUISPE SOLÍS, Andrés Sebastián. *Obtención de plástico biodegradable a partir de los cladodios de nopal (opuntia tomentosa) como alternativa al uso de bolsas plásticas convencionales* [en línea]. (Trabajo de Titulación). (Titulación) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2017. pp. 9-49. [Consulta: 30-09-2022]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/16919/1/96T00750.pdf>

R.N 0332. *Reglamento Metropolitano.* Disponible en: http://emgirs.gob.ec/phocadownload/juridico/MN_ORDM_332.compressed.pdf

RIERA, María Antonieta & PALMA, Ricardo. “Obtención de bioplásticos a partir de desechos agrícolas. Una revisión de las potencialidades en Ecuador”. *Redalyc* [en línea], 2018, 13(3), p. 3. [Consulta: 5 junio 2022]. ISSN 1998-1993. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/933/93368279005/html/>

RIERA, María. “Obtención de bioplásticos a partir de desechos agrícolas. Una revisión de las potencialidades en Ecuador”. *Avances Química* [en línea], 2018, 13(3), p. 72. [Consulta: 5 junio 2022]. ISSN 2609-1820. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/331688246_Obtencion_de_bioplasticos_a_partir_de_desechos_agricolas_Una_revision_de_las_potencialidades_en_Ecuador

RIERA, María., et al. “Agro-industrial residues generated in Ecuador for the elaboration of bioplastics”. *Ubiobio* [en línea], 2018, **17**(3), p. 229. [Consulta: 5 junio 2022]. ISSN 0717-9103. Disponible en: <http://revistas.ubiobio.cl/index.php/RI/article/view/3924/3686>

RIOFRIO ÁLVAREZ, Carlos. “Importancia de productos biodegradables en Ecuador”. *Eumed* [en línea], 2019, **1**(1), pp. 8–9. [Consulta: 5 junio 2022]. ISSN 1696-8352. Disponible en: <https://www.eumed.net/rev/oel/2019/06/productos-biodegradables-ecuador.html>

ROSETO RECALDE, Nathalie. Estudio de factibilidad para la producción y comercialización de la harina de camote para el mercado español [En línea] (Trabajo de Titulación). (Titulación) Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador. 2014. p. 19-34. [Consulta: 2022-06-05]. Disponible en: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/1744/1/T-UCSG-PRE-ESP-CFI-9.pdf>

SAMANIEGO, José Miguel. “La posibilidad de industrializar bioplásticos en Ecuador”. *Revista Gestión* [en línea], 2019, **2**(1), p. 1. [Consulta: 5 junio 2022]. ISSN 0605-9398. Disponible en: <https://revistagestion.ec/index.php/sociedad-analisis/biopolimeros-una-alternativa-los-plasticos-derivados-del-petroleo>

SANCHEZ HERNANDEZ, Kevin Rai. *Comparación de la calidad de bioplásticos obtenidos del almidón de los residuos de papa y camote de restaurantes del mercado central del distrito de independencia, 2017* [en línea]. (Trabajo de Titulación). (Titulación) Universidad César Vallejo, Lima, Perú. 2017. pp. 10-14. [Consulta: 30-09-2022]. Disponible en: <https://docplayer.es/97720030-Tesis-para-obtener-el-titulo-profesional-de-ingeniero-ambiental.html>

VEGA CHUQUISALA, Miguel. Diseño de un proceso piloto para la fabricación de termoplásticos a partir de almidones [En línea] (Trabajo de Titulación). (Titulación) Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador. 2020. p. 1. [Consulta: 2022-05-23]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/22683/1/T-UCE-0017-IQU-106.pdf>

VIDAL, Adria., et al. “Propiedades nutrimentales del camote (*Ipomoea batatas* L.) y sus beneficios en la salud humana”. *Iberoamerica de Tecnología Postcosecha* [en línea], 2018, **19**(2), p. 2. [Consulta: 5 junio 2022]. ISSN 1665-0204. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/813/81357541001/81357541001.pdf>

ANEXOS

ANEXO A: EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN DE LOS RESIDUOS DE CAMOTE



a)



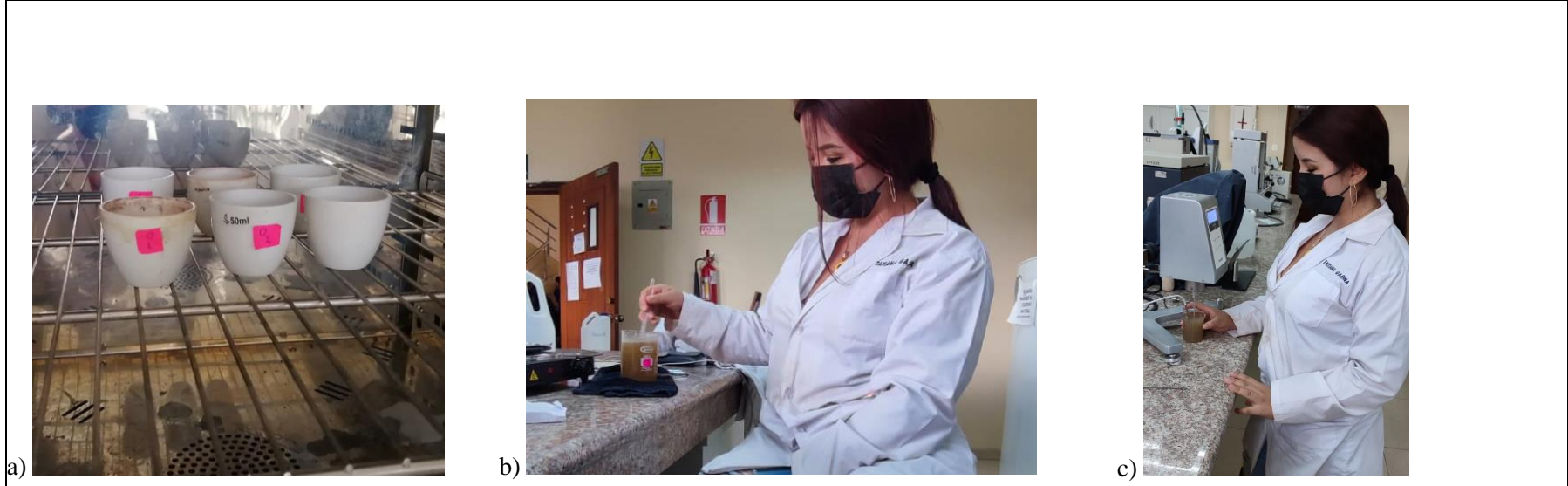
b)



c)

NOTAS:		ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO		EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN		
a) Peso de los residuos b) Trituración de los residuos c) Sedimentación del almidón, en los respectivos tratamientos		CATEGORIA DEL DIAGRAMA: <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar		FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS INGENIERÍA AMBIENTAL		
				LÁM:	ESC:	FECHA:
		ELABORADO POR: Tatiana Gaona		1	1:10	2022-08-08

ANEXO B: CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN (CENIZA, TEMPERATURA DE GELATINIZACIÓN, VISCOSIDAD)

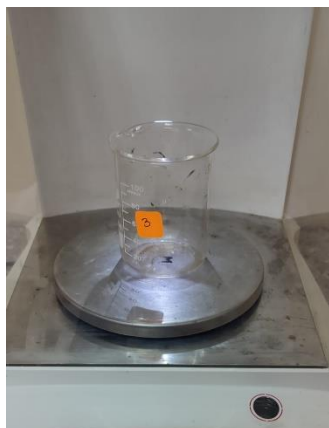


<p>NOTAS:</p>	<p>CATEGORIA DEL DIAGRAMA:</p> <p> <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar </p>	<p align="center"> ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS INGENIERÍA AMBIENTAL </p> <p align="center"> ELABORADO POR: Tatiana Gaona </p>	<p align="center">EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN</p>			
<p>a) Crisoles en la medición de humedad b) Temperatura de gelatinización c) Medición de la viscosidad de Brookfield</p>			<p align="center">LÁM:</p>	<p align="center">ESC:</p>	<p align="center">FECHA:</p>	
			<p align="center">1</p>	<p align="center">1:10</p>	<p align="center">2022-08-08</p>	

ANEXO C: CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN (SOLUBILIDAD, PH)



a)




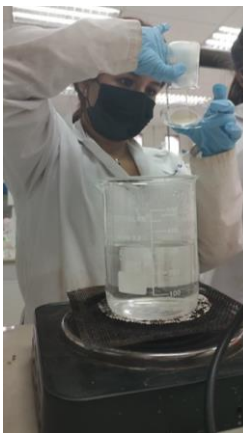
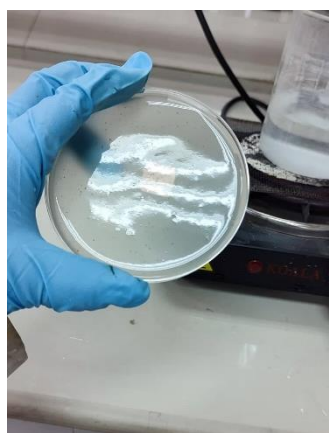
b)



c)

NOTAS:		CATEGORIA DEL DIAGRAMA: <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO			
a) Preparación de gel para solubilidad	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS INGENIERÍA AMBIENTAL					
b) Cristales formados del sobrenadante	EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN					
c) Medición del pH				LÁM:	ESC:	FECHA:
				1	1:10	2022-08-08
			ELABORADO POR: Tatiana Gaona			

ANEXO D: OBTENCIÓN DE BIOPELÍCULAS

 <p>a)</p>	 <p>b)</p>	 <p>c)</p>							
<p>NOTAS:</p>	<p>CATEGORIA DEL DIAGRAMA:</p> <p> <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar </p>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO</p> <p>FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS INGENIERÍA AMBIENTAL</p> <p>ELABORADO POR: Tatiana Gaona</p>	<p>EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN</p> <table border="1"> <tr> <td data-bbox="1459 1023 1606 1242">LÁM:</td> <td data-bbox="1606 1023 1753 1242">ESC:</td> <td data-bbox="1753 1023 1911 1242">FECHA:</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1459 1242 1606 1380">1</td> <td data-bbox="1606 1242 1753 1380">1:10</td> <td data-bbox="1753 1242 1911 1380">2022-08-08</td> </tr> </table>	LÁM:	ESC:	FECHA:	1	1:10	2022-08-08
LÁM:	ESC:	FECHA:							
1	1:10	2022-08-08							
<p>a) Mezcla de los aditivos para la obtención del biofilm.</p> <p>b) Vertimiento de la mezcla sobre un molde de material acrílico y llevar al secador de bandejas.</p> <p>c) Obtención del bioplástico</p>									

ANEXO F: HUMEDAD DE BIOFILMS



a)



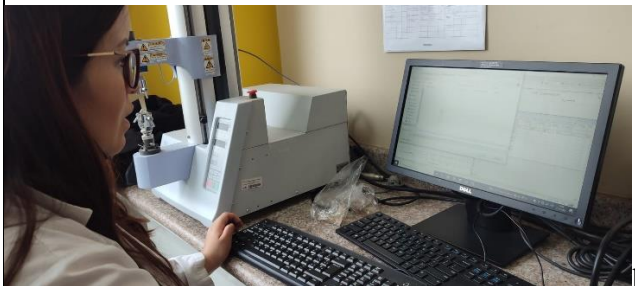
b)



c)

NOTAS:		ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS INGENIERÍA AMBIENTAL	EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN		
a) Muestra de 4x4cm de bioplástico en la balanza de humedad. b) Encendido de la balanza y toma de datos de la humedad. c) Bioplásticos retirados de la balanza de humedad.	CATEGORIA DEL DIAGRAMA: <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar		LÁM:	ESC:	FECHA:
			1	1:10	2022-08-08
		ELABORADO POR: Tatiana Gaona			



ANEXO H: PROPIEDADES MECÁNICAS BIOFILM Y BIODEGRADABILIDAD



<p>NOTAS:</p>		<p>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO</p>	<p>EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN</p>		
<p>a) Pruebas mecánicas de bioplásticos.</p>	<p>CATEGORIA DEL DIAGRAMA:</p>	<p>FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS</p>			
<p>b) Biodegradabilidad en suelo y agua</p>	<p><input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar</p>	<p>INGENIERÍA AMBIENTAL</p>	<p>LÁM:</p>	<p>ESC:</p>	<p>FECHA:</p>
<p>c) Biodegradabilidad en aire.</p>	<p><input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar</p> <p><input type="checkbox"/> Por calificar</p>	<p>ELABORADO POR: Tatiana Gaona</p>	<p>1</p>	<p>1:10</p>	<p>2022-08-08</p>

ANEXO I: ANÁLISIS DE AMILOSA

MC-LSAIA-2201-06

	<p>INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y CALIDAD LABORATORIO DE SERVICIO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN EN ALIMENTOS Panamericana Sur Km. 1. Cutuglagua Tlfs. 2690691-3007134. Fax 3007134 Casilla postal 17-01-340</p>	
---	--	---

INFORME DE ENSAYO No: 21-0219

**NOMBRE PETICIONARIO:	Tatiana Natali Gaona Gualpa	**INSTITUCIÓN:	Particular
**DIRECCIÓN:	Riobamba	**ATENCIÓN:	Tatiana Natali Gaona Gualpa
FECHA DE EMISIÓN:	23/12/2021	FECHA DE RECEPCIÓN.:	09/12/2021
FECHA DE ANÁLISIS:	Del 9 al 23 de diciembre 2021	HORA DE RECEPCIÓN:	14h30
		ANÁLISIS SOLICITADO:	Amilosa

ANÁLISIS	HUMEDAD	AMILOSA ^Ω	**IDENTIFICACIÓN
MÉTODO	MO-LSAIA-01.01	MO-LSAIA-04	
METODO REF.	U. FLORIDA 1970	Morrison y Laignelet 1983	
UNIDAD	%	%	
21-1339	7,52	17,80	Almidón de Camote

Los ensayos marcados con Ω se reportan en base seca.

OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente

RESPONSABLES DEL INFORME



Firmado electrónicamente por:
IVAN RODRIGO SAMANIEGO MATIGUA

Dr. MSc. Iván Samaniego
RESPONSABLE TÉCNICO



Firmado electrónicamente por:
BLADIMIR EFRAIN ORTIZ RAMOS

Ing. Bladimir Ortiz
RESPONSABLE CALIDAD

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

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

NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información. La información entregada por el cliente y generada durante las actividades de laboratorio es de carácter confidencial, esta dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo puede ser usada por este. Los datos marcados con ** son suministrados por el cliente. El laboratorio no se responsabiliza por esta información.



ANEXO J: ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL ALMIDÓN



LABORATORIO DE SERVICIOS ANALÍTICOS
QUÍMICOS Y MICROBIOS EN AGUA Y ALIMENTOS

EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE ALIMENTOS

CÓDIGO 036T-22

CLIENTE: Tatiana Gaona		
DIRECCIÓN: Riobamba		TELÉFONO:
TIPO DE MUESTRA: Almidón de camote		
FECHA DE RECEPCIÓN: 18 de enero del 2022		
FECHA DE MUESTREO: 18 de enero del 2022		
EXAMEN FÍSICO		
COLOR: Característico		
OLOR: Característico		
ASPECTO: Normal, libre de material extraño		
PARÁMETROS	MÉTODO	RESULTADO
Mohos y levaduras UFC/ g	Siembra en masa	Ausencia
Coliformes totales UFC/ g	Siembra en masa	Ausencia
FECHA DE ANÁLISIS: 18 de enero del 2022		
FECHA DE ENTREGA: 17 de febrero del 2022		
RESPONSABLE:		
		
		
Dra. Gina Álvarez R.		
El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.		

Avenida 9 de Octubre # 12 y Madrid
Contáctanos: ☎0998580374 ☎032 942 322
Saqmic Laboratorio
Riobamba - Ecuador

