



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

EVALUACIÓN DE LA BIODEGRADABILIDAD EN SUELO DE BIOPLÁSTICOS PRODUCIDOS A PARTIR DE *Colocasia esculenta* (MALANGA BLANCA) Y *Manihot esculenta* (YUCA)

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIEROS AMBIENTALES

AUTORES:

DARIANA STEFANIA CELLÁN GÓMEZ

MIGUEL ANGEL CALUÑA CHELA

Riobamba – Ecuador

2023



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

**EVALUACIÓN DE LA BIODEGRADABILIDAD EN SUELO DE
BIOPLÁSTICOS PRODUCIDOS A PARTIR DE *Colocasia esculenta*
(MALANGA BLANCA) Y *Manihot esculenta* (YUCA)**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIEROS AMBIENTALES

AUTORES: DARIANA STEFANIA CELLÁN GÓMEZ

MIGUEL ANGEL CALUÑA CHELA

DIRECTORA: ING. MARÍA SOLEDAD NUÑEZ MORENO

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, Dariana Stefania Cellán Gómez & Miguel Angel Caluña Chela

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

Nosotros, DARIA STEFANIA CELLÁN GÓMEZ y MIGUEL ANGEL CALUÑA CHELA, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

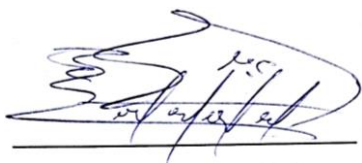
Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 12 de mayo 2023

Handwritten signature of Dariana Stefania Cellán Gómez, featuring a stylized 'D' and 'S' with the name 'Dariana C.' written across it.

Dariana Stefania Cellán Gómez

CI: 172490310-7



Handwritten signature of Miguel Angel Caluña Chela, featuring a stylized 'M' and 'A' with the name 'Miguel A. Caluña Chela' written across it.

Miguel Angel Caluña Chela

CI: 020231347-4

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA 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. “**EVALUACIÓN DE LA BIODEGRADABILIDAD EN SUELO DE BIOPLÁSTICOS PRODUCIDOS A PARTIR DE *Colocasia esculenta* (MALANGA BLANCA) Y *Manihot esculenta* (YUCA)**” realizado por: **DARIANA STEFANIA CELLÁN GÓMEZ y MIGUEL ANGEL CALUÑA CHELA**, 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. Edwin Fernando Mejía Peñafiel PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 _____	2023 – 05 – 12
Ing. María Soledad Nuñez Moreno DIRECTORA DE TRAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	 _____	2023 – 05 – 12
Ing. Juan Carlos González García. PhD ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	 _____	2023 – 05 – 12

DEDICATORIA

Dedico este logro principalmente a mi familia, a mi madre Maribel Gómez, a mi padre Yuri Zambrano y a mi hermano Andrés Zambrano por creer en mí y darme la confianza de seguir por mí misma mis sueños y ayudarme a seguir adelante en una nueva ciudad que hoy en día considero mi segundo hogar, a pesar de los kilómetros de distancia siempre me hicieron sentir como si estuviéramos juntos por las llamadas todas las noches que alegraban un poquito más mis días. A mi pareja que en todos estos años ha estado a mi lado dando ánimos para no decaer sin dejarme sola en ningún momento y no me ha dejado rendirme a lo largo de mi carrera universitaria. A mi abuelito José Gómez que hoy en día no se encuentra con nosotros, pero él ha sido un personaje importante en lo largo de mi vida y le debo mucho de lo que hoy en día soy y uno de sus principales sueños era ver a sus nietas convertidas en profesionales y ese día llego, aunque este en cielo, él lo está viendo. A Matías mi mascota fiel que me acompañaba en mis noches de estudios y me sacaba una sonrisa día tras día con sus travesuras.

Dariana

A Dios por darme la fortaleza para vencer los obstáculos que se han presentado a lo largo de este camino llamado vida, llenándome de ánimos y ganas de superación. Este trabajo es la culminación de una etapa que con constancia y enormes esfuerzos he cumplido el objetivo. Dedicado este logro a mi querida madre, María Francisca Chela, quien me ha apoyado con su amor y paciencia durante todo este proceso, dándome los mejores consejos y apoyándome siempre en todo momento. A Joel Caluña, quien me ha ayudado mucho en toda mi carrera universitaria. A mis demás hermanos y hermana que han sido el reflejo en alimentar mis ganas de mejorar y que me han enseñado, que con trabajo duro y la constancia se puede llegar muy lejos. Gracias a cada uno de mis amigos, amigas y compañeros que me han apoyado para convertirme en un gran persona, académico y profesional.

Miguel

AGRADECIMIENTOS

Principalmente a Dios por permitirme lograr cada una de mis metas ya que con su bendición todo ha sido posible, a mi familia que siempre ha estado para mí en todo momento. A cada uno de los ingenieros que fueron apoyo y guía para mí, en especial a la Ing. Soledad Nuñez y al Ing. Juan Carlos Gonzales por brindarme su guía y ayuda a lo largo del presente proyecto de investigación. A mis amigos que siempre tratábamos a de ayudarnos mutuamente unos a otros para poder incorporarnos iguales sin dejar a ninguno atrás.

Dariana

En primer lugar, a Dios por darme salud, vida, llenarme de bendiciones, protección y sobre todo sabiduría a lo largo de mi carrera universitaria. A mis padres y familia quienes siempre estuvieron en todos mis momentos buenos y malos, quienes me brindaron sus consejos y su apoyo incondicional. A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por acogerme y permitir mi formación académica a través de cada uno de los profesores, quienes compartieron sus conocimientos y valores para formar un gran profesional. A mi directora del proyecto de investigación, Ing. Soledad Nuñez y mi asesor académico, Ing. Juan Carlos González, por ser de gran apoyo y quienes siempre estuvieron dispuesto a compartir sus conocimientos y tiempo para solventar mis dudas académicas y por cada uno de los consejos y guías para la redacción de este trabajo. A cada una de las personas y amigos que me brindaron su ayuda para el desarrollo de todas las actividades de este largo proceso. ¡Gracias a todos!

Miguel

INDICE DE CONTENIDO

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

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	2
1.1. Planteamiento del problema.....	2
1.2. Objetivos	2
1.2.1. <i>Objetivo general</i>	2
1.2.2. <i>Objetivos específicos</i>	3
1.3. Justificación	3
1.4. Planteamiento de la hipótesis.....	4

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO	5
2.1. Antecedentes.....	5
2.2. Referencias teóricas	6
2.2.1. <i>Polímeros</i>	6
2.2.1.1. <i>Características de los polímeros</i>	7
2.2.1.2. <i>Clasificación de los polímeros</i>	7
2.2.1.3. <i>Polímeros sintéticos</i>	8
2.2.1.4. <i>Polímeros naturales</i>	8
2.2.2. <i>Bioplásticos</i>	9
2.2.2.3. <i>Biodegradabilidad</i>	9
2.2.3. <i>Clasificación de bioplásticos</i>	9
2.2.3.3. <i>Plásticos biobasados</i>	9
2.2.4. <i>Materia prima para su elaboración</i>	11
2.2.4.1. <i>Malanga blanca</i>	11

2.2.4.2.	<i>Zonas productoras en el ecuador</i>	12
2.2.4.3.	<i>Usos</i>	13
2.2.4.4.	<i>Beneficios</i>	13
2.2.4.5.	<i>Composición</i>	13
2.2.5.	<i>Yuca</i>	13
2.2.5.1.	<i>Zonas productoras en el Ecuador</i>	14
2.2.5.2.	<i>Clasificación botánica</i>	14
2.2.6.	<i>Componentes del bioplástico</i>	15
2.2.6.1.	<i>Almidón</i>	15
2.2.6.2.	<i>Obtención</i>	15
2.2.6.3.	<i>Propiedades</i>	15
2.2.6.4.	<i>Plastificante</i>	16
2.2.6.5.	<i>Carboximetilcelulosa</i>	16
2.2.6.6.	<i>Agua destilada</i>	17
2.2.6.7.	<i>Cloruro de sodio</i>	17
2.2.6.8.	<i>Glicerina</i>	17
2.2.6.9.	<i>Ácido acético</i>	17
2.2.6.10.	<i>Desmoldante</i>	18
2.2.7.	<i>Degradabilidad de los bioplásticos</i>	18
2.2.8.	<i>Mecanismo de degradación</i>	18
2.2.8.1.	<i>Biodegradación en suelo</i>	19
2.2.8.2.	<i>Propiedades biológicas</i>	20
2.2.8.3.	<i>Compostabilidad</i>	20
2.2.8.4.	<i>Hidrobiodegradación y fotobiodegradación</i>	20
2.2.9.	<i>Métodos de estimación de biodegradación</i>	21
2.2.9.1.	<i>Variación o pérdida de peso</i>	22
2.2.10.	<i>Evaluación de impacto ambiental</i>	22
2.2.10.1.	<i>Matriz evaluación de impacto ambiental</i>	22

CAPITULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	24
3.1.	Materiales y métodos	24
3.1.1.	<i>Características de lugar</i>	24
3.1.2.	<i>Materiales y equipos</i>	24
3.2.	Descripción de los procesos	26

3.2.1.	<i>Dosificación de Aditivos</i>	26
3.2.2.	<i>Identificación de las propiedades físicas y mecánicas de los bioplásticos obtenidos de malanga blanca y yuca</i>	26
3.2.2.1.	<i>Propiedades físicas</i>	27
3.2.2.2.	<i>Propiedades mecánicas</i>	28
3.2.3.	<i>Identificar la influencia de las propiedades físico-químicas del suelo para la determinación de la biodegradabilidad de los bioplásticos</i>	29
3.2.3.1.	<i>Localización de puntos de muestreo</i>	29
3.2.3.2.	<i>Caracterización de suelos</i>	30
3.2.3.3.	<i>Propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo</i>	31
3.2.3.4.	<i>Determinación del nivel de biodegradabilidad</i>	34
3.2.4.	<i>Método matriz de valoración de impactos ambientales</i>	34
3.2.5.	<i>Matriz de valorización</i>	35

CAPITULO IV

4.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	37
4.1.	Evaluación de las propiedades mecánicas y físicas del bioplástico	37
4.2.	Influencia de las propiedades físico - químicas del suelo	39
4.2.1.	<i>pH y conductividad eléctrica</i>	39
4.2.2.	<i>Materia orgánica</i>	40
4.2.3.	<i>Diversidad microbiana</i>	40
4.2.4.	<i>Biodegradabilidad</i>	41
4.2.4.1.	<i>Biodegradabilidad malanga blanca</i>	43
4.2.4.2.	<i>Biodegradabilidad de yuca</i>	44
4.2.4.3.	<i>Biodegradabilidad en blancos</i>	46
4.2.5.	<i>Correlación de humedad y temperatura con la biodegradabilidad de los bioplásticos</i>	47
4.2.5.1.	<i>Bioplásticos de malanga blanca</i>	47
4.2.5.2.	<i>Bioplástico de Yuca</i>	49
4.2.6.	<i>Comparativa de degradabilidad</i>	51
4.3.	Matriz de valoración de impactos ambientales	52
4.4.	Discusión	54

CAPITULO V

CONCLUSIONES.....55
RECOMENDACIONES.....56

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Clasificación de los polímeros	7
Tabla 2-2:	Clasificación en sus propiedades	9
Tabla 3-2:	Contenido de almidón para diferentes fuentes	16
Tabla 4-2:	Clasificación de mecanismos de degradación	18
Tabla 1-3:	Extracción de almidón	24
Tabla 2-3:	Elaboración de bioplástico	24
Tabla 3-3:	Caracterización del bioplástico	24
Tabla 4-3:	Muestreo de suelo	25
Tabla 5-3:	Caracterización del suelo	25
Tabla 6-3:	Ejecución experimental.....	26
Tabla 7-3:	Coordenadas de puntos de muestreo	30
Tabla 8-3:	Criterios de evaluación de impactos ambientales.....	35
Tabla 1-4:	Estadístico descriptivo de las propiedades físicas-mecánicas de la malanga blanca.....	37
Tabla 2-4:	Transparencia de Malanga Blanca	37
Tabla 3-4:	Estadístico descriptivo de las propiedades físicas-mecánicas de la Yuca.....	38
Tabla 4-4:	Transparencia de Yuca.....	38
Tabla 5-4:	Determinación de pH y conductividad eléctrica.....	39
Tabla 6-4:	Determinación de Materia orgánica	40
Tabla 7-4:	Biodiversidad microbiana en suelos.....	40
Tabla 8-4:	Análisis de varianza para malanga blanca en el suelo 1	41
Tabla 9-4:	Análisis de varianza para malanga blanca en el suelo 2	42
Tabla 10-4:	Análisis de varianza para malanga blanca en el suelo 3	42
Tabla 11-4:	Análisis de varianza para yuca en el suelo 1	42
Tabla 12-4:	Análisis de varianza para yuca en el suelo 2	42
Tabla 13-4:	Análisis de varianza para yuca en el suelo 3	43
Tabla 14-4:	Análisis de varianza para malanga blanca.....	43
Tabla 15-4:	Análisis de varianza para yuca.....	45
Tabla 16-4:	Biodegradabilidad de blancos	46
Tabla 17-4:	Tiempo de degradación PET, Bioplásticos y Bioplásticos industriales	51
Tabla 18-4:	Matriz de valoración de impactos	52

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-2:	Proceso de elaboración del plástico biobasado	10
Ilustración 2-2:	Proceso de biodegradación del plástico	10
Ilustración 3-2:	Cuadro de clasificación de los bioplásticos	11
Ilustración 4-2:	Planta y tubérculo de malanga blanca	12
Ilustración 5-2:	Tubérculo de yuca	14
Ilustración 1-3:	Proceso para determinar grosor	27
Ilustración 2-3:	Proceso para determinar Transparencia	27
Ilustración 3-3:	Proceso para determinar la densidad	28
Ilustración 4-3:	Proceso para determinar la dureza	29
Ilustración 5-3:	Proceso para determinar elasticidad	29
Ilustración 6-3:	Mapa de ubicación	30
Ilustración 7-3:	Proceso para determinar el pH	31
Ilustración 8-3:	Proceso para tarar crisoles	32
Ilustración 9-3:	Proceso para eliminar la humedad	32
Ilustración 10-3:	Proceso para calcinación	33
Ilustración 1-4:	Diagrama de cajas malanga blanca	44
Ilustración 2-4:	Diagrama de cajas Yuca	45
Ilustración 3-4:	Biodegradabilidad de blancos	46
Ilustración 4-4:	Correlación entre humedad y degradabilidad de malanga blanca en el suelo 1	47
Ilustración 5-4:	Correlación entre humedad y degradabilidad de malanga blanca en el suelo 2	47
Ilustración 6-4:	Correlación entre humedad y degradabilidad de malanga blanca en el suelo 3	48
Ilustración 7-4:	Correlación entre temperatura y degradabilidad de malanga blanca en el suelo 1	48
Ilustración 8-4:	Correlación entre temperatura y degradabilidad de malanga blanca en el suelo 2	48
Ilustración 9-4:	Correlación entre temperatura y degradabilidad de malanga blanca en el suelo 3	49
Ilustración 10-4:	Correlación entre humedad y degradabilidad de yuca en el suelo 1	49
Ilustración 11-4:	Correlación entre humedad y degradabilidad de yuca en el suelo 2	49
Ilustración 12-4:	Correlación entre humedad y degradabilidad de yuca en el suelo 3	50

Ilustración 13-4: Correlación entre temperatura y degradabilidad de yuca en el suelo 1	50
Ilustración 14-4: Correlación entre temperatura y degradabilidad de yuca en el suelo 2	50
Ilustración 15-4: Correlación entre temperatura y degradabilidad de yuca en el suelo 3	51
Ilustración 16-4: Resultados en porcentajes de impactos.....	53

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: MATERIA PRIMA

ANEXO B: REALIZACIÓN DE BIOPLÁSTICOS

ANEXO C: LABORATORIO DE SUELO

ANEXO D: EXPERIMENTACIÓN DE BIODEGRADABILIDAD

ANEXO E: PESADO DE BIOPLÁSTICOS

ANEXO F: TABLA DE HUMEDAD Y TEMPERATURA

ANEXO G: TABLA DE PESOS DE BIODEGRADABILIDAD

ANEXO H: TABLA DE MATERIA ORGÁNICA

RESUMEN

El problema del mal uso y desecho de los plásticos tradicionales es su baja biodegradación que los hacen muy resistentes al ambiente, provocando problemas de contaminación en suelos y fuentes hídricas. Por ende, se evaluó la biodegradabilidad en suelo de bioplásticos producidos a partir de *Colocasia esculenta* y *Manihot esculenta*, donde inicialmente se utilizó información bibliográfica para determinar la metodología adecuada para la extracción del almidón de los tubérculos y la elaboración del bioplásticos, teniendo así: Almidón, agua destilada, cloruro de sodio, aceite vegetal, Carboximetilcelulosa, Glicerina y ácido acético, con un tiempo de secado en estufa por 24 horas a 65°C. Posteriormente se realizó la toma de muestras de suelo procedentes de tres sectores, (río Chimborazo, San Andrés, Facultad de Recursos Naturales-ESPOCH), adicionalmente se analizó las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos usados. Empezó la etapa experimental para los ensayos de biodegradabilidad con el diseño de tres unidades experimentales por cada tipo de bioplástico, cada una subdivididas en doce celdas para cada muestra de suelo, en las que se colocó seis gramos de muestra más el biopolímero, manteniendo controles en parámetros como: temperatura ambiente, suelo, humedad y se tomó el peso de las láminas colocadas en las muestras cada 7 días por un tiempo de 47 días. Posteriormente recopilamos todos los datos obtenidos para verificar la mayor degradabilidad de los biopolímeros, obteniendo así: La degradación del 48,8%, que se encontró en suelos del Río Chimborazo, con el bioplástico de malanga blanca a diferencia de yuca quien tuvo menor porcentaje de degradabilidad con 13,5%. Concluyendo qué, debido al uso de materias primas renovables los resultados del experimento produjeron un impacto compatible con el ambiente ya que el resultado es del 74% para evitar contaminación y restaurar el medio suelo.

Pabras clave: <BIODEGRADABILIDAD>, <LAMINAS DE BIOPLÁSTICO>, <*Colocasia esculenta* (MALANGA BLANCA)>, <*Manihot esculenta* (YUCA)>, <PROPIEDADES DEL SUELO>, <DISEÑO EXPERIMENTAL>.

0893-DBRA-UPT-2023



ABSTRACT

The low biodegradation of traditional plastics poses a problem in their misuse and disposal, as it renders them highly resistant to the environment and leads to contamination issues in soils and water sources. Therefore, we evaluated the biodegradability of bioplastics derived from *Colocasia esculenta* and *Manihot esculenta* in soil. Initially, we utilized bibliographic information to determine the appropriate methodology for starch extraction from the tubers and the production of bioplastics. The required materials included starch, distilled water, sodium chloride, vegetable oil, carboxymethylcellulose, glycerin, and acetic acid. The mixture was dried in an oven at 65°C for 24 hours. Subsequently, soil samples were collected from three sectors: Chimborazo River, San Andrés, and the Faculty of Natural Resources-ESPOCH. Finally, we analyzed the soil's physical, chemical, and biological properties. The experimental phase for the biodegradability tests involved designing three experimental units for each type of bioplastic. Each unit was subdivided into twelve cells for each soil sample. Six grams of the sample and the biopolymer were placed in each cell. We maintained control parameters such as ambient temperature, soil moisture, and the weight of the sheets placed in the samples, which were measured every seven days for 47 days. Subsequently, we compiled all the obtained data to determine the superior degradability of the biopolymers. For example, the bioplastic made from white malanga showed a degradation rate of 48.8% in the soils of the Chimborazo River, while cassava bioplastic exhibited a lower degradability percentage of 13.5%. In conclusion, using renewable raw materials in our experiment resulted in an environmentally compatible impact. The data indicated a 74% reduction in contamination and a restoration of the soil environment.

Keywords: <BIODEGRADABILITY>, <BIOPLASTIC SHEETS>, <Colocasia esculenta (WHITE TAROO)>, <Manihot esculenta (YUCA)>, <SOIL PROPERTIES>, <EXPERIMENTAL DESIGN>.

A handwritten signature in blue ink, enclosed within a large, hand-drawn oval. The signature appears to read 'Paul Obregon'.

Ing. Paul Obregon. Mgs
0601927122

INTRODUCCIÓN

En la actualidad generalmente la mayoría de los artículos usados por el ser humano son productos envasados o empacados con plásticos sintéticos, que son utilizados y desechados en lugares que no son los correspondientes, generando aumento de contaminación en suelos, vertederos y ríos, terminando así en los océanos, generando millones de toneladas al año de residuos plásticos no deseados, que permanecen en el medio por no poder alterarse estructuralmente y tener un tiempo de descomposición elevado.

Tomando como referencia los datos estadísticos obtenidos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC del año 2020, entre la caracterización de los residuos sólidos urbanos se encuentran los plásticos, los cuales constituyen el 11% de los residuos desechados por la población ecuatoriana. Entre la cual tenemos que la región insular ocupa el mayor porcentaje de plásticos generados en el Ecuador, seguido por la región Amazónica, Sierra y Costa, (INEC, 2021, pp. 13-25).

La presente investigación se base en la biodegradabilidad de los bioplásticos derivados de diversas materias primas provenientes de fuentes renovables en el Ecuador. Se enfoca en la creación de plásticos naturales y de fácil degradación, realizados a base de almidón de *Colocasia esculenta* (malanga blanca) y *Manihot esculenta* (yuca) los cuales son dos tubérculos que se encuentran fácilmente y de manera abundante en la región Amazónica y Costera del Ecuador.

La producción de plásticos a base de malanga y yuca, no solo será en beneficio al ambiente, también busca beneficiar a los pequeños productores, ya que siendo estos productos de exportación existen muchos que son desechados por no cumplir con los estándares necesarios, aunque estos no contaminan al medio, terminan siendo desperdicios y pérdidas para los productores los cuales no tiene ningún tratamiento para aprovecharlos al máximo, es por esto que se busca dar un segundo uso a estos tubérculos que no son beneficiados, dando como resultado una mayor fuente de economía y utilidad en el Ecuador.

Por esta razón estos tubérculos son tomados con la finalidad de producir plástico biodegradable los cuales serán los encargados de tener propiedades similares a los plásticos sintéticos convencionales que son usados hoy en día.

CAPITULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

La problemática que conlleva el uso y desecho inadecuado de los plásticos convencionales es que gracias a que tiene una baja tasa de biodegradabilidad los hace ser muy resistente al medio, generando así problemas ambientales como contaminación a fuentes ya que se convierte en un residuo que muy pocas veces es aprovechado dándole un segundo uso, (Lopez et al., 2014, pp. 1-3). Estos plásticos sintéticos convencionales son elaborados masivamente a nivel industrial por el gran uso que se le da en el mundo, lo que conlleva a que su producción y generación no disminuya, provocando daños a nuestro entorno. La forma en que estos plásticos son desechados o eliminados también puede llegar a la producción de diferentes gases tóxicos como el metano y etileno que se emiten a la atmosfera, generando concentraciones de contaminación ambiental.

En varios países del mundo se están buscando nuevas alternativas de fuentes renovables que sustituyan en gran parte a los plásticos convencionales elaborados esencialmente a base de recursos agotables como el petróleo. El 99% de los plásticos se producen a partir de combustibles fósiles, provocando así una presión excesiva sobre las limitadas fuentes de energía no renovables (Rosales, 2016, pp. 3-4).

El 11% de los desperdicios que son arrojados en el Ecuador pertenecen a plásticos lo que equivale aproximadamente a 531.461 toneladas de plásticos sintéticos, esta problemática radica en el mal manejo de los residuos plásticos que tenemos en nuestro país, por esta razón surge la necesidad de fabricar productos ecológicos y de fuentes renovables (S.A, 2021).

1.2. Objetivos

1.2.1. *Objetivo general*

Evaluar la biodegradabilidad en suelo de bioplásticos producidos a partir de *Colocasia esculenta* (malanga blanca) y *Manihot esculenta* (yuca).

1.2.2. Objetivos específicos

- Identificar las propiedades físicas y mecánicas de los bioplásticos obtenidos de malanga blanca y yuca.
- Establecer la influencia de las propiedades físico-químicas del suelo para determinar el nivel de biodegradabilidad de los bioplásticos.
- Determinar el impacto ambiental de la producción de bioplásticos a partir de malanga blanca y yuca mediante la matriz de valoración de impactos ambientales.

1.3. Justificación

La mayor demanda de plástico sintético se la lleva la industria de empaquetado los cuales lo usan para alimentos, cartones, juguetes entre otros. Gracias a que estos plásticos son fabricados a partir de una composición petroquímica, llegan a ser desechos que terminan en basureros o fuentes biológicas teniendo estos un gran impacto a nivel ambiental por la cantidad de contaminación que produce, (Ruiz Avilés, 2006, pp. 6-10).

Las investigaciones sobre plásticos biodegradables han sido un campo muy activo debido a los problemas derivados por los plásticos procedentes del petróleo presentes en el ambiente. El proyecto se enfoca en promover el uso de plástico amigable con el medio ambiente y trabajar para degradarlo en el menor tiempo posible para controlar la contaminación ambiental que se encuentra en varias ciudades de Ecuador, que en última instancia es causada por el plástico convencional. Suelos y cuerpos de agua excepto para cambiar el paisaje debido a la abundancia, (Br. Minchola Segovia, 2019, p. 20)

Los tubérculos seleccionados para la presente investigación se encuentran en mediana y gran cantidad en la Cosa y Amazonia Ecuatoriana. Ya que la obtención de almidón de fuentes convencionales no es lo suficientemente buena, buscan obtener este polímero de fuentes no convencionales, (Becerril, Carmona & Aguirre, 2015, pp. 905-906). Las alternativas en las que se basa este estudio es la *colocasia esculenta L.* (malanga blanca) teniendo un contenido de almidón de 30 – 85% en base seca (Villada, 2014, p. 99), y el tubérculo *Manihot esculenta* (yuca) con un porcentaje de 30,85% de almidón (Gottau Gabriela, 2018).

Ecuador es conocido como uno de los países exportadores de malanga blanca y yuca, siendo estos dos tubérculos consumidos como alimento a nivel nacional por su carga nutricional y los beneficios que estos aportan. Es por esto que con la elaboración de los plásticos biodegradables se busca una alternativa para impulsar su producción.

Basado en bibliografía la yuca y la malanga blanca son dos tubérculos con gran contenido de almidón lo que las hace una buena alternativa para realizar los plásticos biodegradables por el método de extracción del almidón según (Vergara Mendez, 2012, p. 27) la cual utiliza una solución de ácido cítrico al 3%, con procesos como molienda, tamizado, filtración, entre otros.

Al tener los plásticos biodegradables a partir del almidón de yuca y malanga blanca, se comparan los resultados obtenidos de cada uno de estos para así determinar la opción más factible y obtener un producto de mejor calidad que pueda ser usado de igual o mejor manera que los plásticos sintéticos, así mismo, contribuir a la reducción de los tiempos de degradación de los plásticos convencionales al reemplazar polímeros de origen vegetal. De tal manera que las inversiones en el tratamiento de los desechos plásticos sean menores.

La presente investigación tiene como finalidad obtener el plástico biodegradable con mejores características que pueda ser usado por industrias agrícolas como suplemento orgánico ayudando a la rentabilidad de los mismos ya que con esto se busca evitar el uso de plásticos sintéticos. Al tener productos a base de almidón como materia prima, este beneficiará al suelo y al medio ya que al degradarse con ayuda de las condiciones físico-químicas y microbiológicas pueden ser usados como abono para el mismo, evitando el daño que normalmente sufren por la cantidad de fundas plásticas o lonas plásticas que son colocados dentro del mismo.

1.4. Planteamiento de la hipótesis

A partir de los plásticos biodegradables a base de yuca y malanga blanca se comparan las características de su degradabilidad en el medio suelo.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

El uso desmedido que se le dan a los recursos derivados del petróleo como los plásticos sintéticos ha llevado a un peligro latente a la vida que se encuentra tanto en el medio terrestre como marítima el cual no disminuye con los años por sus propiedades inertes y la resistencia al ataque microbiano por lo tanto, se acumula en el medio ambiente (Espinilla, 2017, pp. 3-4).

Muchos son los investigadores que intervienen en los métodos de modificación de almidones para ser usados como principal componente para la elaboración de plásticos biodegradables. Gracias a que el almidón está formado por dos estructuras poliméricas: amilosa que corresponde un 20% del almidón, la cual está formada por 200 a 20.000 moléculas de glucosa aproximadamente y la amilopéctica con un 80%, es un buen elemento para ser usado en estos procedimientos, (RAMOS, 2021, p. 29).

Recientemente, y especialmente en los residuos, los plásticos biodegradables han surgido como una opción al polietileno ordinario y con ello minimizar la contaminación por estas manchas. Los materiales biodegradables tienen la posibilidad de descomponerse en el suelo por la acción cooperativa de 2 procesos: la fotodegradación, gracias a la exposición del plástico a la luz solar; y la biodegradación provocada por la acción de los microorganismos del suelo. Por lo tanto, los polímeros se pueden fraccionar en oligómeros, dímeros y monómeros de bajo peso molecular, que finalmente se mineralizan en CO₂ y H₂O (Espinilla, 2017, pp. 3-4).

Para la obtención de la información la cual sirvió de guía para la elaboración de los plásticos biodegradables se tomó documentación bibliográfica con fuentes confiables como documentos, artículos científicos y tesis en relación a la obtención de bioplásticos desde materias primas renovables, que presenten propiedades equivalentes o similares a los polímeros sintéticos convencionales, varias de las averiguaciones que se tomaron como alusión se resumen posteriormente:

Para poder entender de mejor manera la obtención del almidón de malanga Alberto Luis Torres Rapelo, Piedad Margarita Montero-Castillo, Lesbia Cristina Julio-González en su artículo científico dicen que se desarrolló un diseño empírico del todo al azar, con 3 repeticiones; cada muestra se analizó por triplicado. Para la obtención del almidón se usaron rizomas frescos de malanga blanca y morada los cuales se pelaron y se cortaron en cubos de alrededor de 3 centímetros por cada lado, después se molieron a lo largo de 2 minutos para minimizar la magnitud de partícula. La lechada de almidón ha sido filtrada en coladores de tela plástica, para borrar la fibra y otras partículas, y el filtrado se abandonó sedimentar a lo largo de 4 h a 4°C.

Transcurrido este tiempo, la mayoría del líquido sobrenadante se decantó y la lechada de almidón se lavó 3 veces con agua destilada, centrifugando en el último lavado; con el objetivo de recobrar el almidón sobrenadante. Después, se secó en una estufa a 55°C, a lo largo de 24 h. Después se procedió a guardar el almidón en tarros de plástico con cierre de tapa hermética para su siguiente estudio, (Torres, Montero & Julio, 2014, pp. 99-100).

Uno de los estudios recientes en el Ecuador basados en la elaboración de bioplásticos usando los tubérculos de yuca y malanga blanca:

Se trabajó con el almidón de 1,560 g/ml de densidad, trabajando con 10g de almidón y adicionando 100 ml de agua destilada, 5 ml de glicerina y 5 ml de vinagre para posteriormente ser agitada y calentada obteniendo una muestra gelatizante de almidón. Se la colocó a una temperatura de 50 °C por 24 horas para así tener el bioplástico con espesor de aproximadamente 0,112 mm las cuales cumplen con lo establecido para ser empleadas como láminas plásticas y una humedad de 23,910% para la oca y 21,814% correspondiente a la yuca. Concluyendo que estas láminas de bioplástico tienen una buena biodegradabilidad, (CASTRO, 2020, pp. 7-60).

2.2. Referencias teóricas

2.2.1. Polímeros

Las moléculas, comúnmente representadas como macromoléculas se encuentran en la naturaleza que constan de cientos de miles de átomos, por lo que su peso molecular es muy grande. Un polímero es un tipo especial de macromolécula caracterizada por unidades repetitivas a lo largo de su estructura (Carrasquero, 2005, pp. 1-2).

Los polímeros son moléculas grandes formadas por "enlaces" orgánicos llamados monómeros unidos por enlaces covalentes. Estos enlaces consisten esencialmente en átomos de carbono y pueden tener grupos colgantes o grupos con uno o más átomos. Estas moléculas orgánicas componen el material plástico tal como lo conocemos, así como los tejidos de los seres vivos (Élida Hermida, 2011, p. 14).

Las propiedades del polímero pueden cambiar; estas diferencias generalmente resultan de las cadenas poliméricas en todas sus construcciones. Los 3 equipos principales de estructura son: ramificado, en bloques y lineal. Sin embargo, existen otro tipo de construcciones más especializadas: escaleras, estrellas y dendrímeros que tienen propiedades únicas (Adolfo Estrada, 2018, p. 9).

2.2.1.1. Características de los polímeros

Al alterar estas propiedades de los polímeros, se pueden mejorar mucho sus propiedades, creando materiales con aplicaciones muy específicas. Cuando los monómeros se unen, pueden crear polímeros de diferentes formas, lo que puede afectar sus propiedades, por ejemplo, los materiales blandos y maleables tienen formas lineales cuyas cadenas se mantienen unidas por interacciones (fuerzas) débiles, mientras que los polímeros duros y quebradizos tienen formas lineales; sucursales, por lo que vemos muchas otras características (Cianciosi & Marino, 2014, p. 5).

- Estabilidad térmica
- Solubilidad
- Densidad baja
- Reactividad química baja
- Dúctiles
- Punto de fusión bajos
- Aislantes térmicos y eléctricos
- Maleabilidad (PÉREZ, 2018, p. 7 Citado de Pontificia Universidad Católica de Perú 2011)

2.2.1.2. Clasificación de los polímeros

Los polímeros se pueden clasificar según diferentes criterios.

Tabla 1-2: Clasificación de los polímeros

	Clasificación	Tipos	Detalles
Polímeros	Origen	Naturales	Animal o vegetal, son utilizados como: algodón, seda, lana, cuero, madera, caucho. Polímeros biológicos usados en procesos bioquímicos y fisiológicos como: proteínas, enzimas, almidón, celulosa.
		Sintéticos	Investigación científica y la industria: siliconas, nylon, teflón, bakelita, melaminas, PVC, policarbonatos.
	Estructura molecular	Lineales	Cadenas largas de macromoléculas no ramificadas.
		Ramificados	Cadena principal está conectada lateralmente con otras cadenas.
		Entrecruzados	Conexión de cadena de línea adyacente cruzables en diferentes posiciones de enlaces covalentes.
		Reticulados	Formados por macromoléculas con cadenas y ramificaciones entrelazadas en tres dimensiones.

	Polimerizados	Macromoléculas formadas por unión de moléculas monómeros no saturadas.
Forma de síntesis	Policondensados	Las macromoléculas son multifuncionales, con separación de algún producto de bajo peso molecular.
	Poliaductos	Las macromoléculas son multifuncionales, sin separación de moléculas sencillas.
Respuesta mecánica	Elastómeros	Sufren deformaciones elásticas.
	Plásticos	Pueden deformarse plásticamente y ser termoestables o termoplásticos.
	Fibras	Pueden estirar longitudinalmente

Fuente: (Ciencia y Tecnología de los Materiales, 2015, pp. 2-3)

Realizado por: Caluña, Miguel & Cellán, Dariana, 2023

2.2.1.3. *Polímeros sintéticos*

Son los que se producen sintéticamente en la industria o en el laboratorio y pueden formarse a partir de monómeros naturales. Los polímeros semisintéticos son el resultado de la modificación o purificación de monómeros naturales (Cianciosi & Marino, 2014, p. 4). Los polímeros sintéticos están compuestos por mezclas de moléculas que alcanzan diferentes grados de polimerización y por lo tanto difieren en peso molecular. En los polímeros sintéticos obtenidos por polimerización en cadena su longitud está determinada por el tiempo de crecimiento. Las fases de terminación, iniciación, propagación y transferencia responden a fenómenos aleatorios. En el caso de la polimerización por etapas, la longitud de la cadena está determinada principalmente por la disponibilidad local de grupos reactivos en los extremos de la cadena de propagación. Por lo tanto, en muestras de polímeros siempre podemos encontrar la distribución de pesos moleculares (Beltrán & Marcilla, 2011, pp. 3-9).

2.2.1.4. *Polímeros naturales*

Los polímeros naturales son todos los polímeros derivados de los seres vivos, por lo que podemos encontrar una gran variedad de ellos en la naturaleza. Las proteínas, los polisacáridos y los ácidos nucleicos son polímeros naturales que tienen funciones importantes en los organismos, por lo que a menudo se les llama biopolímeros (Cianciosi & Marino, 2014, p. 3).

Los cuatro tipos de biomoléculas/biopolímeros (naturales) son ácidos nucleicos, proteínas, lípidos y polisacáridos. Los componentes básicos de estos polímeros naturales son los nucleótidos, los aminoácidos, los ácidos grasos y los azúcares (Gómez, 2017, p. 1).

Los homopolímeros naturales más conocidos son el caucho, el almidón y la celulosa. Entre los copolímeros, cabe destacar las proteínas que incluyen lana y seda. Estas macromoléculas pueden

modificarse químicamente para producir productos con diferentes propiedades (convirtiendo la celulosa en papel), pero solo permiten un número limitado de modificaciones sin alterar su estructura básica (Blanco, 2007, p. 21).

2.2.2. *Bioplásticos*

Los bioplásticos son materiales derivados de fuentes renovables, normalmente de vegetales como el maíz, el aceite de soya o la fécula de patata, pero existen otras fuentes bacterianas. Estos materiales incluyen ácido poliláctico (PLA); poli-3-hidroxi-butarato (PHB) derivado de la caña de azúcar, poliamida 11 (PA-11) o polietileno (PE). Por tanto, el término bioplástico solo está relacionado con el origen del material y se debe tener en cuenta que no es sinónimo de biodegradable, aunque a menudo se confunden ambos conceptos (Labeaga, 2018, p. 5).

2.2.2.3. *Biodegradabilidad*

Los plásticos biodegradables son aquellos que están constituidos por recursos renovables o son conocidos como biodegradables cumpliendo con todos los criterios de las normas científicamente reconocidas para su biodegradabilidad. Estos plásticos biodegradables se han elaborado principalmente a partir de dos tipos de polímeros naturales. Por un lado, se trata del ácido poliláctico (PLA), que suele obtenerse por fermentación del almidón, y por otro lado, son biopolímeros de la familia de los polihidroxicanoatos (PHA) (Jaso, 2020, p. 3).

Entre las propiedades más relevantes de los plásticos biodegradables están las siguientes:

Tabla 1-2: Clasificación en sus propiedades

Propiedades mecánicas	Propiedades químicas	Propiedades físicas
Densidad	Degradación en suelo	Transparencia
Elasticidad		Grosor
Dureza		

Realizado por: Caluña, Miguel & Cellán, Dariana, 2023

2.2.3. *Clasificación de bioplásticos*

2.2.3.3. *Plásticos biobasados*

Los bioplásticos son plásticos hechos de biomasa (la materia orgánica que forma los seres vivos) de recursos naturales renovables (generalmente plantas, algas y microorganismos). En algunos

casos, incluso se pueden hacer a partir de residuos. A diferencia de los biopolímeros como el almidón, las proteínas, la lignina y el quitosano, que se producen directamente en la naturaleza, los bioplásticos requieren un tratamiento químico antes de su uso (Vázquez et al., 2015, p. 3).



Ilustración 1-2: Proceso de elaboración del plástico biobasado

Fuente: (Vázquez et al., 2015, p. 4)

2.2.3.4. Plásticos biodegradables

Aunque los plásticos biodegradables han existido durante décadas, las últimas dos décadas han visto el interés en los plásticos biodegradables como una oportunidad para reducir la persistencia de los desechos plásticos a través de la bioasimilación, particularmente con productos de vida útil corta. La biodegradación es un proceso en el que las sustancias son transformadas por microorganismos o enzimas producidas por ellos. El carbono orgánico en esa molécula se convierte en compuestos simples como dióxido de carbono (CO_2) y metano (CH_4) a través de un proceso llamado mineralización. El proceso debe ser medible por métodos estandarizados bajo condiciones y tiempos específicos (Vázquez et al., 2015, pp. 3-4).



Ilustración 2-2: Proceso de biodegradación del plástico

Fuente: (Vázquez et al., 2015, p. 5)

2.2.3.5. Plásticos a partir de bacterias

En respuesta al estrés nutricional, muchas bacterias almacenan compuestos que utilizan como fuente de carbono y energía conocidos como polihidroxialcanoatos (PHA). Estos son polímeros que se pueden reciclar en plásticos biodegradables. La ventaja de estos polímeros frente a los plásticos sintéticos es su rápida descomposición en el medio ambiente. Esto se debe a que muchos hongos y bacterias del medio ambiente (suelo, agua, aire) pueden utilizar estos polímeros como alimento. Además, estos bioplásticos tienen propiedades fisicoquímicas similares a los polímeros de uso común, ya que pueden moldearse, inyectarse y laminarse (El Cuaderno 48, 2019, p. 3).

El siguiente cuadro resume los conceptos centrales y los tipos de bioplásticos anteriormente explicados.



Ilustración 3-2: Cuadro de clasificación de los bioplásticos

Fuente: (Salguero, 2020, p. 10)

2.2.4. Materia prima para su elaboración

2.2.4.1. Malanga blanca

La malanga blanca es una planta anual y si no se cosecha se convierte en una planta perenne. Morfológicamente es una suculenta sin tallos aéreos. Las hojas provienen directamente del maíz primario subterráneo, que es más o menos vertical, y forman granos secundarios comestibles laterales y horizontales (Martínez Zapata & Escandón Velásquez, 2013, p. 11).

Es un tubérculo que se produce en zonas con climas subtropicales y tropicales. A pesar de que el Ecuador es un excelente productor de malanga, la mayoría de la producción es destinada a la exportación.

Además, dan a conocer que en esta planta los cormelos están recubiertos por escamas fibrosas o pueden ser lisos. El color de la pulpa generalmente es blanco pero también se presentan clones coloreados hasta llegar al de color marrón oscuro, tienen nudos de donde nacen las yemas (Martínez Zapata & Escandón Velásquez, 2013, p. 11-13).



Ilustración 4-2: Planta y tubérculo de malanga blanca

Fuente: Perla Sofía Curbelo

2.2.4.2. Zonas productoras en el Ecuador

Actualmente, en las regiones productoras del Ecuador, como Santo Domingo de los Tsáchilas y sus alrededores (Vía Quevedo, Vía Chone y Vía Esmeraldas), la malanga es un producto que los productores no consumen ni venden en el país, y todos los productos se utilizan para exportación. falta de información sobre su uso, diferentes métodos de preparación para su uso, nutrición humana y desconocimiento sobre sus beneficios nutricionales, los cuales, sin embargo, han demostrado ser superiores a otros tubérculos y rizomas (SALAZAR, 2013, p. 18).

➤ *Clasificación botánica.*

- Nombre científico: *Colocasia esculenta*
- Nombre Común: Malanga
- Sinónimo: Dashen, taro, quiquisque, ñampi
- División: Magnoliophyta
- Clase: Lilipsida
- Subclase: Aracidae
- Orden: Arales
- Familia: Araceae

- Género: Colocasia
- Epíteto específico: esculenta (REYES, 2018, p. 11)

2.2.4.3. *Usos*

Malanga es muy versátil. los bulbos se pueden hervir, freír o comer como harina para algunos propósitos. Se utiliza como sustituto de las patatas en sopas o guisos. Tiene un mayor contenido de almidón que la yuca. Las hojas verdes de taro son bajas en oxalatos y se pueden cocinar y comer como verdura. El taro a menudo se come cocinado, también se usa como harina para varios propósitos, como hornear, y se usa en muchos platos, como sopas y pastas, guisos, ensaladas, pasteles, panes, pasteles y galletas. En general, todas las partes de la planta se pueden utilizar como alimento, algunas variedades prefieren sus hojas y tallos, mientras que otras prefieren los bulbos (Juárez, 2018, p. 16).

2.2.4.4. *Beneficios*

La malanga que ofrece muchas ventajas, pero no se limitan. Tiene un alto contenido en tiamina, riboflavina, vitamina C y hierro, que son esenciales para la salud, pero también es un buen alimento con 1,7 a 2,5% de proteína láctea. Contiene una caloría por porción, más pequeño que las nueces y otros frutos secos (Caicedo & López, 2018, p. 8).

2.2.4.5. *Composición*

Los cormos de malanga blanca son considerados un alimento de alto valor energético en base a su valor nutricional, son ricos en vitamina A y vitamina C contenidas en las hojas, además, una ración cocida de 100 gramos contiene 142 calorías (Pillajo, 2016, pp. 18-21).

2.2.5. *Yuca*

Manihot esculenta conocida con su nombre científico es uno de los cultivos que crecen en lugares que contengan un clima cálido, la yuca presentan mayor resistencia y mayor adaptabilidad en comparación a otros tubérculos, creciendo en lugares que presentan aridez en su suelo de igual manera se la pueda obtener en zonas de precipitaciones excesivas siempre y cuando sus raíces no se encuentren en agua estancadas. Por sus características y ser relativamente fácil de encontrar en la lista de los alimentos más importantes en el mundo entero.



Ilustración 5-2: Tubérculo de yuca

Fuente: Patricia Sulbarán Lovera

2.2.5.1. *Zonas productoras en el Ecuador*

En su mayoría las zonas productoras de yuca en el Ecuador pertenecen a la región Amazónica, seguido por valles de la Sierra y Costa debido a que este tubérculo crece a temperaturas de 25 a 27 °C. Los mejores suelos en donde estos proliferan son en suelos francos con buen drenaje (García et al., 2014, pp. 3-5).

2.2.5.2. *Clasificación botánica*

- Nombre científico: *Manihot esculenta*
- Nombre Común: Yuca
- Familia: Euforbiaceae
- Género: Manihot (Rodríguez et al., 2016, p. 9).

- *Usos*

La yuca conociendo comúnmente es usada de diversas formas por el ser humano, esta sirve para alimento para seres vivos es decir tanto para animales y para personas, incluso es usada como materia orgánica o alimento para plantas. Su almidón es usado para la producción de bioplástico, para el mejoramiento de la viscosidad del yogur con frutas secas, materiales para empaques, entre otras.

2.2.6. Componentes del bioplástico

2.2.6.1. Almidón

El almidón es una materia prima con una amplia gama de aplicaciones, desde brindar textura y consistencia hasta la producción de papel, adhesivos y empaques biodegradables (Hernández-Medina et al., 2008, p. 718 citado en ZHAO; WHISTLER, 1994).

Estructuralmente, el almidón consta de dos polisacáridos químicamente diferentes: amilosa y amilopectina. La amilosa es un polímero lineal de unidades de glucosa unidas por enlaces α (1-4), algunos enlaces α (1-6) pueden estar presentes. La molécula es insoluble en agua, pero puede formar micelas hidratadas debido a su capacidad para formar enlaces de hidrógeno con moléculas vecinas y formar una estructura helicoidal que puede aparecer azul debido a la complicación con yodo (Hernández-Medina et al., 2008, p. 718 citado en ZHAO; WHISTLER, 1994).

La amilopectina, por otro lado, es un polímero ramificado de unidades de glucosa, 94-96% de las cuales están unidas por enlaces α (1-4) y 4-6% de las cuales están unidas por enlaces α (1-6). Estas sucursales se distribuyen aproximadamente cada 15-25 unidades de glucosa. La amilopectina es parcialmente soluble en agua caliente y produce un color rojo púrpura en presencia de yodo (Hernández-Medina et al., 2008, p. 718 citado en GUAN; HANNA, 2004).

2.2.6.2. Obtención

Los almidones tienen dos métodos de extracción sin importar el origen de estos. Los métodos conocidos son la molienda seca y la molienda húmeda (Hernández Bautista et al., 2016, p. 5) explica que en este procedimiento utiliza cubos de malanga blanca de aproximadamente 3 cm sumergidos en agua destilada para posteriormente ser licuados.

(Vergara Mendez, 2012) menciona que Este procedimiento utiliza trozos de la materia prima de tamaño de 5 a 6 cm³ sumergidos en una solución de ácido cítrico 3% para posteriormente ser licuados. (JARA & ASTUDILLO, 2019, p. 37) da a conocer que para este proceso se utilizan cubos de malanga blanca. 3 cm por cada lado, no sumergido en ninguna sustancia para ser triturada.

2.2.6.3. Propiedades

Una propiedad común del almidón es su capacidad de gelificación, lo que le permite moldearse formar una película. Proviene del maíz, la papa, el trigo, el sorgo, la yuca, la caña de azúcar, etc. El almidón se usa tal cual o modificado. Las propiedades comunes del almidón incluyen la gelatinización, desestructuración, biodegradación y retrogradación (Moreno Toasa, 2015, pp. 21-25).

Las propiedades del almidón nativo pueden mejorarse mediante modificación química, facilitando así las propiedades de adhesión y formación de película y, a su vez, logrando una mayor resistencia del almidón a la disminución de la viscosidad debido a la adición de ácidos, la temperatura y la acción mecánica (estrés), disminución de la tendencia a la retrogradación y propiedades iónicas hidrofílicas (Moreno Toasa, 2015, pp. 21-25).

Tabla 3-2: Contenido de almidón para diferentes fuentes

Fuentes de almidón	% Almidón
Maíz	71
Papa	82
Yuca	77
Maíz	71
Sorgo	75
Arroz	89
Mashua	70
Malanga	75

Fuente: Adaptado de Swinkels (1985)

Realizado por: Caluña, Miguel & Cellán, Dariana, 2023

2.2.6.4. *Plastificante*

Los plastificantes son sustancias no volátiles que se agregan a los polímeros con los que son compatibles para mejorar su manejo, elasticidad y flexibilidad (Ortiz Hernández, 2018, p. 7).

En términos generales, el plastificante es un producto orgánico líquido. Gracias a su capacidad de disolución o hinchamiento, forma un sistema homogéneo correspondiente al reblandecimiento (J, 2010, pp. 25-26 citado en Hellerich, 1989). Este efecto plastificante puede ser dado por sustancias como: agua, alcoholes, aldehídos, cetonas, ácidos orgánicos, aminas, ésteres, amidas y mezclas entre estos, pero de preferencia se recomienda utilizar plastificantes cuya presión de vapor sea baja para evitar que éste se volatilice al finalizar el proceso de extrusión o de calentamiento (MARIO ENRÍQUEZ, REINALDO VELASCO, 2012, pp. 186-187). Estos materiales son de particular importancia porque mejoran la ductilidad y el procesado de los polímeros (J, 2010, pp. 25-26 citado en Djilani, 2000; Magliozzi, 2003; Petersen, 1998; Tickner, 2001; Tsumura, 2001).

2.2.6.5. *Carboximetilcelulosa*

Los materiales de relleno y refuerzo se adicionan a las formulaciones para dar consistencia o volumen a la mezcla, biodegradabilidad, elasticidad, rigidez y resistencia. Entre los materiales

reportados se encuentran: materiales basados en celulosa, gomas, polímeros derivados de plantas y de animales (proteínas y otros). Pueden usarse también pequeñas cantidades de polímeros sintéticos hidrofóbicos como polietileno y polipropileno, en cantidades no superiores al 5 % del peso de la composición (Mario Enríquez, Reinaldo Velasco, 2012, p. 185).

2.2.6.6. *Agua destilada*

El agua destilada es molecularmente indistinguible del agua ordinaria, ya que consta de dos átomos de hidrógeno y un átomo de oxígeno (H₂O). Sin embargo, ha eliminado las sales minerales que normalmente lo acompañan, como el flúor y otros electrolitos. Dependiendo de qué tan bien se destile, muchas de las propiedades comunes del agua, como la conductividad eléctrica, disminuyen cuando sale del destilado. Esto se debe a la eliminación de iones metálicos disueltos en él; por lo tanto, el agua destilada no solo es un aislante sino también diamagnético (rechaza el magnetismo) (Danilo & Chaverra, 2020, p. 12 citado en Raffino, 2019).

2.2.6.7. *Cloruro de sodio*

El cloruro de sodio proporciona reponedores de electrolitos. El sodio es el principal catión de los fluidos extracelulares y desempeña un papel en el control de la distribución de agua, el equilibrio de electrolitos y la presión osmótica en los fluidos corporales. El anión extracelular predominante sigue la distribución fisiológica del sodio y los cambios en el equilibrio ácido-base del cuerpo reflejan cambios en la concentración de cloruro sérico (Vergara, 2013, pp. 7-8).

2.2.6.8. *Glicerina*

Los plastificantes solubles en agua como el glicerol son efectivos agentes suavizantes para los almidones, mejorando la flexibilidad de las películas resultantes. Cuanto más se incluye una sustancia plastificante en una matriz polimérica, la elongación y la deformación se incrementan mientras que el esfuerzo de ruptura disminuye (Mario Enríquez, Reinaldo Velasco, 2012, p.186).

2.2.6.9. *Ácido acético*

Se denominan así a los mediadores de fase o compatibilizadores, tiene como función servir como mediador de fases, permitiendo la mejora de las propiedades mecánicas de los biopolímeros, puede usarse en rangos que varían desde el 5 hasta el 50 % de la composición de la mezcla, debe ser biodegradable y soportar el proceso de fabricación de la película biodegradable. Los agentes

acoplantes de uso más común son principalmente grupos epóxicos y grupos de ácidos anhídridos, aunque se ha reportado el uso de sustancias amfifílicas como mediadores de fase tal como algunas proteínas y ácidos grasos (Mario enríquez, reinaldo velasco, 2012, p. 187).

2.2.6.10. *Desmoldante*

Estos componentes se agregan exclusivamente al almidón con el fin de “desbaratar” su estructura, mejorar su procesabilidad y su unión con otros polímeros, pues esta sustancia interrumpe los puentes de hidrógeno formados por la amilosa y la amilopectina, permitiendo que el porcentaje de agua empleado para procesar el material sea menor, así como la energía necesaria para el proceso. La úrea es el agente desestructurante más común, su presencia en la matriz amilácea permite que la estructura cristalina del almidón sea destruida con ayuda de pequeñas cantidades de agua (Mario enríquez, reinaldo velasco, 2012, p. 187).

2.2.7. *Degradabilidad de los bioplásticos*

La degradabilidad depende esencialmente de su estructura química y las condiciones a las cuales el material se encuentre para posteriormente proceder a la descomposición de dichos materiales de los bioplásticos, se describe como la mineralización de las estructuras orgánicas por un fenómeno celular (microorganismos, bacterias, enzimas, hongos) (Adolfo Estrada, 2018, p. 29), que generalmente habitan en el suelo, ayudando a convertir estos bioplásticos en metano, agua, carbono y biomasa las cuales pueden ser asimiladas más fácilmente por el medio ambiente, al igual que los plásticos sintéticos (que tiempo un tiempo de degradabilidad relativamente largo) los bioplásticos se degradan por la acción del calor, luz solar, humedad y enzimas que acortan y debilitan las cadenas del polímero (Eupc, 2008, p. 1).

2.2.8. *Mecanismo de degradación*

El proceso de degradación de los materiales poliméricos requiere una pérdida de funcionalidad y puede iniciarse de diferentes formas dependiendo de los factores externos que provocan la degradación (Jorge luis Peralta Quispe, 2017, p. 40).

Tabla 4-2: Clasificación de mecanismos de degradación

MODO DE DEGRADACIÓN	AGENTE INICIADOR DE LA DEGRADACIÓN
Química	Agentes químicos
Térmica	Temperatura

Biológica	Ataque enzimático fuerza de cizalla
Mecánica	fuerza de cizalla
Fotodegradación	Radiación UV o visible sobre grupo cromóforo
Ambiental	Luz solar y parámetros climáticos
Degradación por radiación	Radiación electromagnética Rayos X, Rayos y o de partículas

Fuente: (Jorge Luis Peralta Quispe, 2017, p.40)

Realizado por: Caluña, Miguel & Cellán, Dariana, 2023

2.2.8.1. *Biodegradación en suelo*

- *Suelos*

El suelo es conocido como un cuerpo natural, el cual se encuentra formado por materiales minerales (meteorización de las rocas) y orgánicos (humus, biomasa viva y muerta) en donde viven variedades de microorganismos como bacterias, virus, protozoarios, hongos, plantas y algas (Bautista & Palacio, 2005, p. 2). El suelo tiene la capacidad de desempeñar funciones naturales como de uso antropogénico. Son varios los tipos de suelos existentes entre ellos encontrando las arenas, limos, arcillas. Los poros existentes en el suelo pueden contener agua o aire, de manera que existen tres fases: sólida, líquida y gaseosa. El agua que se encuentra en los poros del suelo contiene sales minerales y nutrientes y es en donde se desarrolla la actividad metabólica de los microorganismos que lo colonizan (Marc Viñas Canals, 2005, pp. 141-142). El suelo es el lugar en donde inicia y termina la cadena alimenticia, es en donde se desarrolla la vegetación y los cultivos agrícolas (Bautista et al, 2005, p. 2).

La biodegradación en el suelo se da por ayuda de variables tanto físicas, biológicas y químicas. Según Cahuana (2019) nos menciona qué, Es un proceso en condiciones óptimas de temperatura, pH, humedad e incluso oxígeno, donde de igual forma intervienen bacterias, levaduras, microbios, hongos para generar energía y producir otros sustratos. (Gamboa Najarro, 2022, p. 7).

Para la biodegradación en el suelo de los bioplásticos existen la biodegradación aerobia y la biodegradación anaerobia en donde en la biodegradación anaerobia se la lleva a cabo de manera acelerada por poblaciones microbianas mixtas, en un ambiente húmedo, cálido y con presencia de oxígeno, mientras que la biodegradación anaerobia no interviene el oxígeno produciendo gas metano, dióxido de carbono, sulfuro de hidrogeno, agua, amoniacó e hidrogeno (Roman & Perez Arriola, 2019, p. 42).

- *Materia orgánica*

Es un indicador de la sostenibilidad de los sistemas agrícolas. Evalúa las proporciones, estructura y la distribución en el perfil suelo. La cantidad de materia orgánica en el suelo actúa en casi todas las propiedades referentes a la calidad del suelo y es destacado como un indicador significativo de su fertilidad y productividad (Lozano P. et al., 2011, pp. 35-36).

2.2.8.2. *Propiedades biológicas*

- *Actividad microbiana*

En el suelo existen grandes cantidades de poros los cuales tienen distintos tamaños y espacios lo que condiciona el tipo y la diversidad de las poblaciones microbianas existentes (Marc Viñas Canals, 2005, p. 142).

La actividad microbiana se considera un predictor de la degradación del recurso suelo, ya que se ve afectada por el uso de la tierra. Las propiedades biológicas del suelo están relacionadas con las propiedades físicas (como la textura) y las propiedades químicas (como la capacidad de intercambio catiónico y la disponibilidad de nutrientes para los cultivos) que contribuyen al soporte mecánico de las plantas (Pila, 2017, p. 9).

2.2.8.3. *Compostabilidad*

Los microorganismos, bacterias, hongos, enzimas son las que se encargan de metabolizar los plásticos biodegradables. El bioplástico es transformado en fuente de comida y energía os microorganismos luego transforman el plástico biodegradable en dióxido de carbón, agua y biomasa. A cierto nivel de temperatura caliente, el agua y el oxígeno son requeridos por activos microorganismos y bacterias de hongos para una eficiente y efectiva biodegradación (Eupc, 2008.). Un producto es compuesto sólo cuando las condiciones específicas (temperatura, humedad y tiempo) se encuentran en el sistema de compostaje. En este proceso, llamado biooxidación, el material se coloca en un recipiente metálico a 50°C durante 12 semanas (Adolfo Estrada, 2018, p. 29).

2.2.8.4. *Hidrobiodegradación y fotobiodegradación*

A esto se le llama degradación, la cual está determinada por fenómenos biológicos e hidrolíticos. Aunque la fotobiodegradación se refiere a la descomposición de los materiales como resultado de varios cambios químicos causados por la absorción de luz, es inferior a las propiedades de los materiales utilizados (Adolfo Estrada, 2018, p. 30).

2.2.9. Métodos de estimación de biodegradación

Se desarrolló un método capaz de cuantificar el grado de biodegradabilidad de materiales plásticos para ser utilizado como control de pruebas de laboratorio. El sistema de biorreactor fue diseñado en un intento de reproducir un microambiente con variables controladas de oxígeno, temperatura y humedad para promover las condiciones de biodegradación, lo que permite determinar la eficiencia del proceso en comparación con un blanco de referencia (Reyes Ramírez, Benitez & Salmoral, 2012, p. 2).

(Ecuador, 2012, p. 1) Establece que los métodos de prueba prescritos incluyen la selección de materiales plásticos o compost que contenga residuos de materiales plásticos después del compostaje para determinar la biodegradación aeróbica, obtener suelo como sustrato y fuente de inóculo al exponer materiales plásticos o compost que contenga residuos de materiales plásticos al suelo, la producción de CO₂ por microorganismos puede ser medida a lo largo del tiempo y el grado de biodegradación evaluado. La producción de CO₂ medida de un material, expresada como una fracción del contenido de carbono medido o calculado, informado a lo largo del tiempo, a partir del cual se estima el grado de biodegradabilidad.

Una técnica para la prueba de degradación del suelo es comenzar desde el sitio de prueba y preparar las muestras de la siguiente manera: de cada muestra de plástico, se cortan 3 tiras de 10 cm de largo y 1,0 cm de ancho, se cuenta el peso inicial de estas tiras. Cada grupo de tres repeticiones se colocó en hoyos en el suelo a una profundidad de 30 cm con una distancia de 30 cm entre los hoyos. Las muestras se obtuvieron después de 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120 días de exposición. Al mismo tiempo, se recolectaron muestras de suelo para determinar la temperatura y humedad del suelo en cada fecha de recolección, y se sometió el suelo a análisis físicos y químicos para caracterizar sus propiedades. A continuación, se determina la pérdida de peso para la posterior medición del pH y la humedad (Arevalo, 1996, pp. 63-64).

Otro enfoque es caracterizar el material (humus de lombriz) introducido en bioplástico casero usando ciertas formulaciones; para ello se midió pH, conductividad eléctrica, densidad aparente y verdadera, porosidad y humedad. Para calcular la porosidad, primero mida las densidades aparente y real usando las fórmulas apropiadas. Además, la humedad se mide por el método gravimétrico, que consiste en secar una cantidad mínima de la muestra en un horno a 105 °C durante 24 a 72 horas. Obtenemos el porcentaje de humedad. Coloque una placa de bioplástico (10 cm × 10 cm) de peso inicial (W_0) en suelo húmedo rico en humus en el terrario a una profundidad de 3,5 cm. Después de 1, 2 y 4 semanas, las muestras se retiraron del suelo, se limpiaron de partículas de suelo adheridas y se secaron a 105 °C durante 3 h. para determinar los nuevos pesos (W_t). Esto continúa hasta que se degrada aproximadamente el 30% de la muestra. (Antonio et al., 2020, pp. 24-25).

La evaluación de la biodegradabilidad de películas poliméricas de quitosano en compost se realizó bajo condiciones simuladas del proceso de compostaje aeróbico (suelo fertilizado), y se prepararon lechos de compost con material orgánico de dos regiones diferentes del país. Se enterraron membranas de quitosano de 5 cm (dos de cada tipo en cada sistema) y las compuestas por glicerol. Su degradación fue monitoreada midiendo las siguientes variables (Rivas, Loaiza & Sabino, 2010, p. 3).

2.2.9.1. Variación o pérdida de peso

La medida de la variación de peso, se realizó para determinar si las películas que fueron colocadas en degradación en un sistema de compostaje sufrían pérdida de masa. Esto se determinó mediante la pesada en una balanza, de las películas antes y después de la degradación, y de esta forma, crear un registro en una hoja de cálculo que permitiera procesar los resultados obtenidos y determinar el porcentaje de pérdida de peso.

2.2.9.2. Estudios morfológicos

La inspección morfológica de la superficie degradada, en medio de compost, se realizó a través de MEB, para lo cual se empleó un microscopio electrónico de barrido marca Phillips, modelo S-500. Todas las muestras fueron recubiertas con oro, para crear una densidad electrónica en el material, ya que los polímeros carecen de la misma, y se utilizó un voltaje de 10 KV para evitar dañar las muestras durante su observación. Esto sirvió para observar a nivel microscópico la superficie de las películas degradadas tanto en el compost de Punto Fijo.

2.2.10. Evaluación de impacto ambiental

2.2.10.1. Matriz evaluación de impacto ambiental

Una matriz de impacto ambiental es un método de análisis que se puede utilizar para asignar peso a los impactos ambientales potenciales en cada etapa de ejecución del proyecto. El método se atribuye a (Hidroar, 2015, p. 1 citado en Vicente Cones Fernández-Vitor (1997)).

El objetivo principal de la evaluación ambiental es elegir la solución que tenga el menor impacto en el medio ambiente de todas las alternativas. Para poder comparar diferentes alternativas de trabajo, se debe evaluar el impacto esperado del proyecto sobre los factores ambientales y, si es posible, cuantificar en cada etapa del proyecto (Romero Gil, 2019, p. 1).

Para evaluar adecuadamente el impacto ambiental y poder elegir entre diferentes alternativas, necesitamos examinar el impacto potencial de cada actividad del proyecto descrita en la sección "Descripción del proyecto" en cada uno de los componentes ambientales descritos (Romero Gil, 2019, p. 1).

CAPITULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.1. *Características de lugar*

La parte experimental del proyecto se realizó en laboratorios de la facultad de ciencias como, laboratorio de procesos industriales y laboratorio del grupo de investigación desarrollo para el ambiente y cambio climático (GIDAC). Además, se utilizó los predios ubicados en los invernaderos de la facultad de recursos naturales de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo ESPOCH, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo.

3.1.2. *Materiales y equipos*

Tabla 1-3: Extracción de almidón

Materiales	Equipos
Materia prima (yuca y malanga blanca)	Molino de grano (marca corona)
Cuchillos	Estufa ESCO OFA-110-8
Tabla de picar	Pulverizadora ESCO OFA-085
Mallas nylon	
Bandejas de aluminio	
Tamices	

Realizado por: Caluña, Miguel & Cellán, Dariana, 2023

Tabla 2-3: Elaboración de bioplástico

Materiales	Equipos	Aditivos
Almidón (yuca y malanga blanca)	Estufa ESCO OFA-110-8	Carboximetilcelulosa CMC
Vasos de precipitación 600ml	Balanza analítica OHAUS AX224	Glicerina C ₃ H ₈ O ₃
Pipeta 10ml		Agua destilada
Probeta de 100ml		Ácido acético CH ₃ COOH
Espátula		Cloruro de sodio NaCl
Varilla de agitación		
Pera de succión		
Bandejas de aluminio		

Realizado por: Caluña, Miguel & Cellán, Dariana, 2023

Tabla 3-3: Caracterización del bioplástico

Materiales	Equipos
Bioplástico	Balanza analítica OHAUS AX224
Probeta 100ml	Maquina universal de ensayos MUE
Bisturí	Durómetro shore
Agua destilada	Microscopio electrónico de barrido
Porta y cubre objetos	
Cinta reductora	

Realizado por: Caluña, Miguel & Cellán, Dariana, 2023

Tabla 4-3: Muestreo de suelo

Materiales	Equipos
Pala pequeña	
Fundas Ziploc	
Cilindro metálico 100cm ³	
Papel film	GPS
Rotulador	
Cinta adhesiva	
Fundas plásticas	

Realizado por: Caluña, Miguel & Cellán, Dariana, 2023

Tabla 5-3: Caracterización del suelo

Materiales	Equipos
Mortero y piceta	Balanza analítica OHAUS AX224
Vaso de precipitación 250ml	Ph-metro
Varilla de agitación	Estufa
Solución buffer	Mufla
Agua destilada	Desecador
Crises	
Guantes de cuero	
Pinzas	
Lápiz	

Realizado por: Caluña, Miguel & Cellán, Dariana, 2023

Tabla 6-3: Ejecución experimental

Materiales	Equipos
Moldes espuma Flex	
Espátulas	
Muestras de suelos	Termo Higrómetro digital BOE 327
Libreta de apuntes	Balanza analítica OHAUS AX224
Rotulador	
Esfero grafico	

Realizado por: Caluña, Miguel & Cellán, Dariana, 2023

3.2. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS

Para la obtención de almidón de malanga y yuca se consideró la metodología propuesta por (Heredia & Pulgar, 2019, p.153 citado en Brenda et al 2012) quienes sugieren que el tamaño de la materia prima debe estar comprendida entre 5 a 6 cm³ y, deben ser sumergidos en una solución de ácido cítrico 3% para posteriormente ser licuados.

3.2.1. *Dosificación de Aditivos*

Para la realización del bioplástico se aplicó la metodología propuesta por (Heredia & Pulgar, 2019, pp.54-59) en donde mencionan las cantidades apropiadas para la obtención del bioplástico, mismas que se describen a continuación:

La dosificación adecuada de: Almidón (2,5 g) como la base del bioplástico, agua destilada (40 mL) como plastificante y humectante, NaCl (1 g de sal de mesa) como un potenciador de transparencia y en cierto porcentaje es agente antimicrobiano y aceite de girasol (1 mL) como un lubricante desmoldante. Para darle al polímero características de: resistencia, dureza, flexibilidad, extensión, se variaron las concentraciones de aditivos como: Carboximetilcelulosa (0,75 g CMC) como extensor, Glicerina (6 mL C₃H₈O₃) como plastificante, ácido acético (2,50 mL CH₃COOH) como estabilizante, extensor y como modificador químico, ya que tiene la propiedad de disminuir el carácter hidrofílico del almidón, brindándole propiedades hidrofóbicas al material.

3.2.2. *Identificación de las propiedades físicas y mecánicas de los bioplásticos obtenidos de malanga blanca y yuca*

3.2.2.1. Propiedades físicas

- *Grosor*

El grosor es considerado como el nivel de espesor que contienen las láminas de bioplásticos. Según la metodología de (Heredia & Pulgar, 2019, p. 154 citado desde Sánchez et al., 2015 pp.17-25) mencionan que, para determinar la cantidad de grosor de las láminas de los bioplásticos se debe realizar lo descrito en la figura 4 -3.

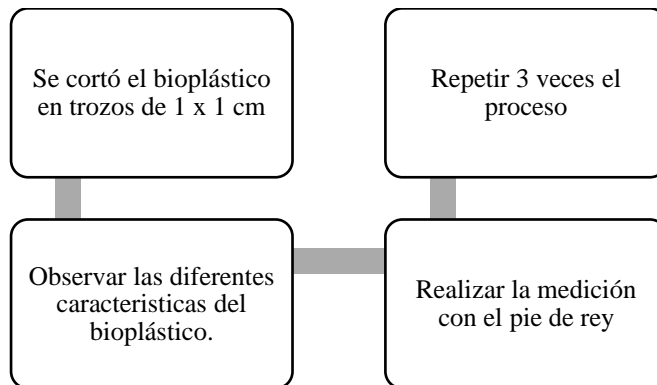


Ilustración 1-3: Proceso para determinar grosor

Realizado por: Caluña, Miguel & Cellán, Dariana, 2023

- *Transparencia*

Especifica la transparencia u opacidad que contienen las láminas de bioplásticos. Según la metodología propuesta por (Heredia & Pulgar, 2019, p. 154 citado desde Rivera, 2014 p. 147) se realizó lo detallado en la figura 5-3.

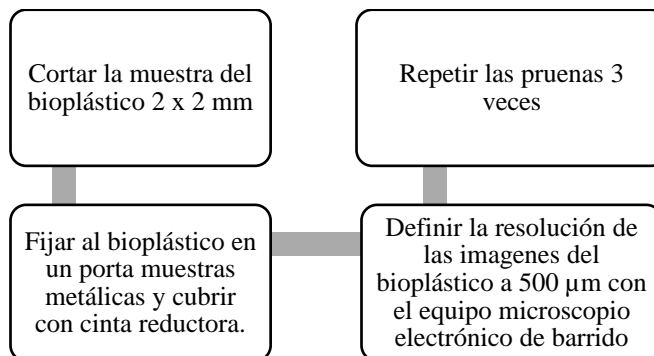


Ilustración 2-3: Proceso para determinar Transparencia

Realizado por: Caluña, Miguel & Cellán, Dariana, 2023

3.2.2.2. Propiedades mecánicas

- *Densidad*

Es la relación que existe entre el peso y el volumen del bioplástico en función del agua. Para la determinación de este parámetro se consideró la metodología propuesta por (Heredia & Pulgar, 2019, p. 153 citado desde Gonz, 2018, pp. 33-44) quienes mencionan que, para la obtención de la densidad se deben seguir los pasos descritos en la figura 6 -3.

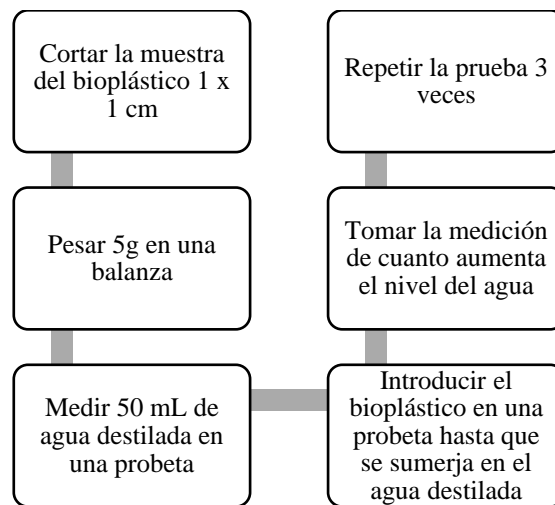


Ilustración 3-3: Proceso para determinar la densidad

Realizado por: Caluña, Miguel & Cellán, Dariana, 2023

Para la determinación de la densidad se usa la siguiente fórmula:

$$d = \frac{m}{v}$$

Donde:

d = densidad

m = masa

v = volumen

- *Dureza*

Es determinada como la resistencia que presenta el material a ser quebrado, quemado o rayado. Para obtener la cantidad de dureza del bioplásticos se hace uso de la metodología propuesta por (Heredia & Pulgar, 2019, p.154 citado desde Rosales, 2016) donde mencionan el procedimiento descrito en la Ilustración 4-3.

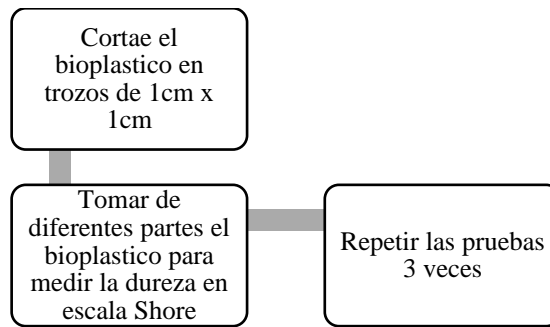


Ilustración 4-3: Proceso para determinar la dureza

Realizado por: Caluña, Miguel & Cellán, Dariana, 2023

- *Elasticidad*

Es conocida como la capacidad o la fuerza que tiene el material para romperse o craquearse a cierta cantidad de fuerza. Para determinar la elasticidad tomamos en consideración la metodología propuesta por (Heredia & Pulgar, 2019, p. 154 citado desde Meneses, 2007 pp.57-67) quienes detallan el procedimiento descrito en la Ilustración 5-3.

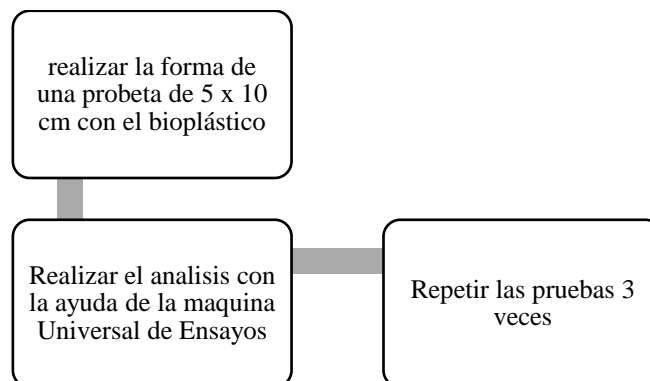


Ilustración 5-3: Proceso para determinar elasticidad

Realizado por: Caluña, Miguel & Cellán, Dariana, 2023

3.2.3. *Identificar la influencia de las propiedades físico-químicas del suelo para la determinación de la biodegradabilidad de los bioplásticos*

3.2.3.1. *Localización de puntos de muestreo*

La toma de muestras de suelo se realizó en tres puntos ubicados en las parroquias de San Andrés, Lizarzaburu y San Juan del cantón Riobamba, provincia de Chimborazo.

Tabla 7-3: Coordenadas de puntos de muestreo

Puntos	Longitud	Latitud	Altura (msnm)	Descripción
1	758145,40	9817048,59	2825	R. N. ESPOCH
2	756367,34	9823539,55	2979	San Andrés
3	745509,90	9820290,56	3249	Rio Chimborazo

Realizado por: Caluña, Miguel & Cellán, Dariana, 2023



Ilustración 6-3: Mapa de ubicación

Realizado por: Caluña, Miguel & Cellán, Dariana, 2023

3.2.3.2. Caracterización de suelos

Las muestras obtenidas de suelo se analizaron en el laboratorio del grupo de investigación GIDAC, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo ESPOCH, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo.

3.2.3.3. Propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo

- *pH*

Esto ayudara a determinar si el suelo es alcalino, neutro o ácido. Es considerado como uno de los parámetros más importantes en la caracterización del suelo. Basados en la bibliografía descrita en guía para la descripción de suelos (FAO, 2009, pp. 42-43) se realizó el siguiente procedimiento descrito en la Ilustración 7-3.

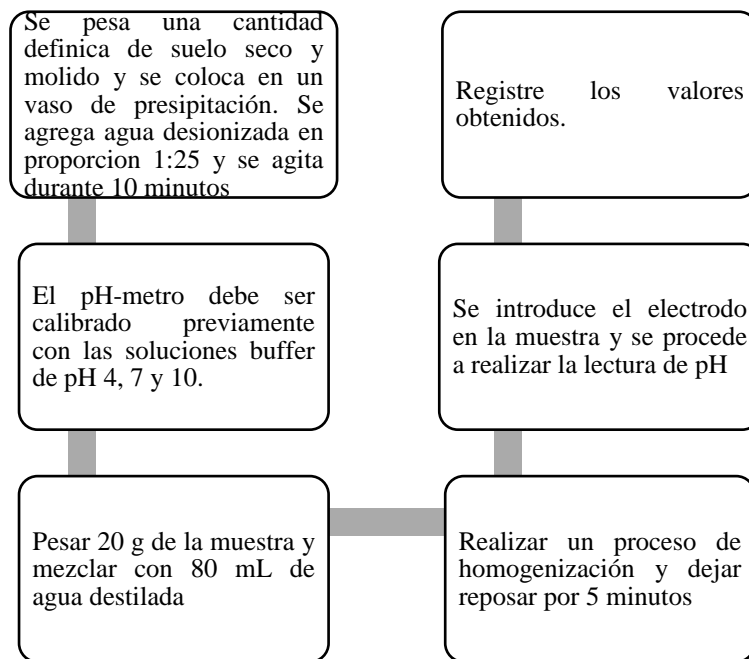


Ilustración 7-3: Proceso para determinar el pH

Realizado por: Caluña, Miguel & Cellán, Dariana, 2023

- *Materia orgánica*

Es conocida por estar compuesta principalmente de carbono, hidrogeno, oxígeno, nitrógeno, fosforo y azufre. Es aquella que queda como residuos después de que los microorganismos degradaran los alimentos ricos que se encuentran en el suelo. (López, 2020). Basados en la bibliografía descrita en guía para la descripción de suelos (FAO, 2009, pp. 42-43) se utilizó el procedimiento especificado en la figura 7-3.

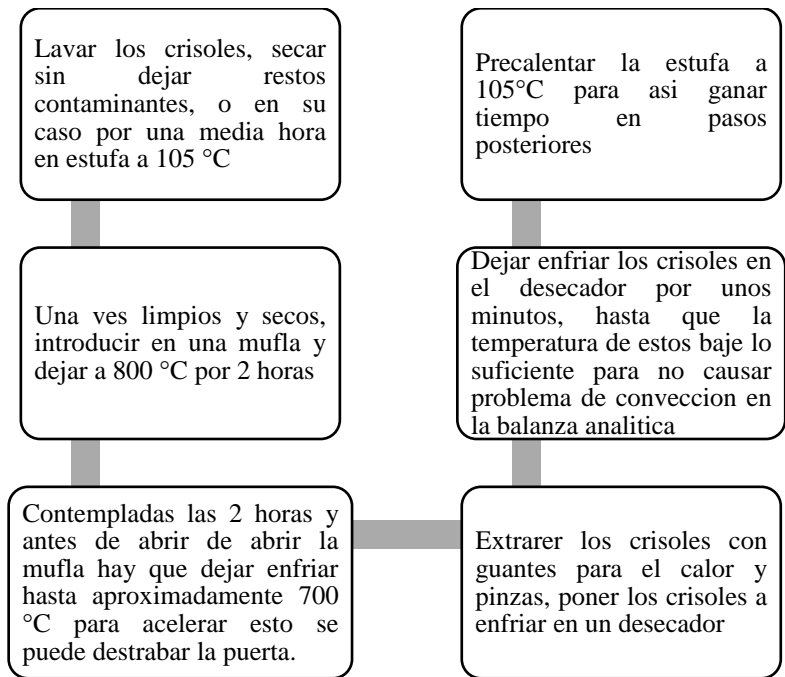


Ilustración 8-3: Proceso para tarar crisoles

Realizado por: Caluña, Miguel & Cellán, Dariana, 2023

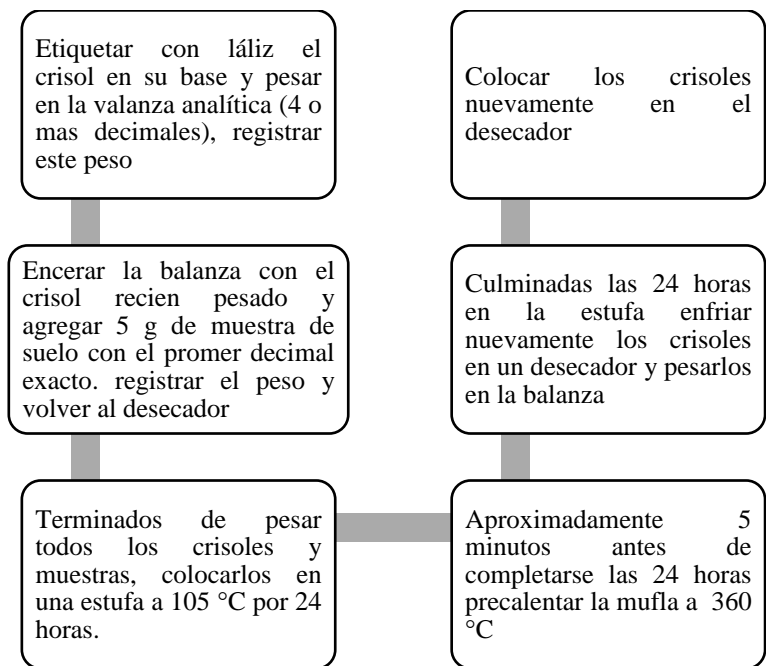


Ilustración 9-3: Proceso para eliminar la humedad

Realizado por: Caluña, Miguel & Cellán, Dariana, 2023

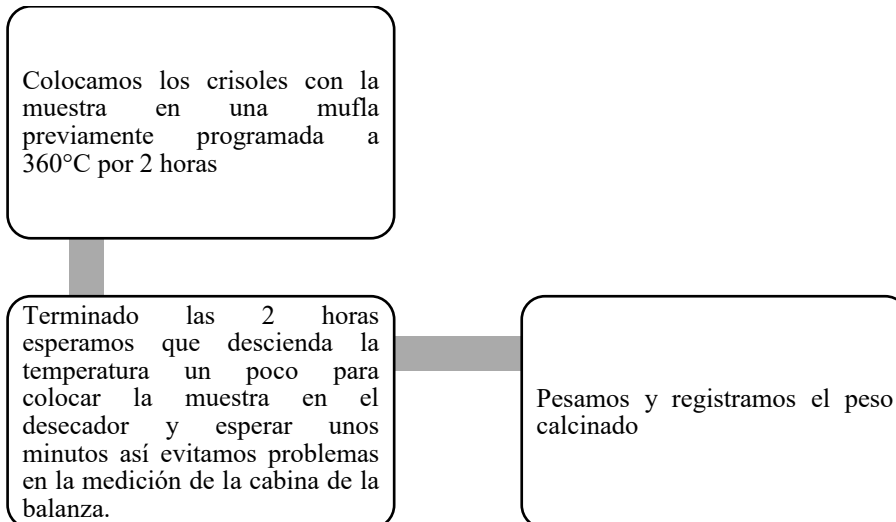


Ilustración 10-3: Proceso para calcinación

Realizado por: Caluña, Miguel & Cellán, Dariana, 2023

Para el cálculo del porcentaje de materia orgánica utilizó la siguiente fórmula

$$\% MO = \frac{(Peso\ en\ seco - Peso\ de\ calcinación)}{Peso\ en\ seco} \times 100$$

Donde:

MO= Materia orgánica

Peso en seco (g) = el peso del suelo seco descontando el crisol tarado

Peos de la calcinación (g) = el peso del suelo calcinado luego de haber sido secado, descontando el peso del crisol tarado

- *Humedad y temperatura*

La humedad es conocida como el porcentaje de agua contenida en el suelo mientras que la temperatura es la variación que se da en el clima. Para la toma de datos de estos parámetros se utilizó un termo higrómetro equipo que permitió registrar valores durante todos los días en una hora en específico para tener un mejor control de la degradabilidad del bioplásticos en el suelo.

- *Biodiversidad microbiana*

Basados en bibliografía se trabajó con suelos previamente estudiados enfocándose principalmente en su biodiversidad microbiana. Para esto se tomó en consideración 3 tipos de suelo obtenidos de diferentes lugares.

(Vega Moreno Andres Javier, 2019, pp. 28-29) especifica en su trabajo de titulación “Caracterización de la diversidad microbiana presente en suelos de tres ecosistemas de la microcuenca del río Chimborazo”, uno de los suelos con mayor carga microbiana considerado para el estudio proviene de la parroquia de San Juan, en las orillas del río Chimborazo.

Enfocándonos en lo que especifica (Andres Guzman Estrada, 2011. pp. 28-29) en su trabajo de titulación “Aislamiento y caracterización de bacterias solubilizadoras de fósforo a partir de cuatro suelos de la provincia de Chimborazo”, dos de los mejores suelos en calidad microbiana son los provenientes de la parroquia de San Andrés con un tipo de suelo arenoso y del campus de la ESPOCH con un tipo de suelo arena franca en cual se tienen cultivos.

3.2.3.4. *Determinación del nivel de biodegradabilidad*

La determinación del nivel de biodegradabilidad en suelo con bioplásticos se basó en lo que dice (Versino & García, 2018, pp. 4-5).

Se obtuvieron tres tipos de suelos los cuales fueron obtenidos de las orillas del río Chimborazo en la parroquia de San Juan, San Andrés y del campus de la ESPOCH, muestra a las que fue necesario determinar en primera instancia su pH, cantidad de materia orgánica, y conductividad eléctrica. Las muestras de lámina de bioplásticos a base de almidón de yuca y malanga blanca fueron cortadas en cuadrados de 3 x 3 cm y enterradas en recipientes a aproximadamente 3 cm desde la superficie, con la finalidad de tener una degradación aeróbica a temperatura ambiente, por un tiempo de exposición de 42 días durante los meses de noviembre a enero.

Se evaluó la pérdida de peso en porcentaje en distintos tiempos de exposición a 0, 11, 18, 27, 40 y 47 días para hacer un seguimiento del grado de biodegradabilidad del bioplásticos en el suelo. Para comparar la velocidad de degradación de los bioplásticos estudiados se hace uso de la fórmula de pérdida de peso la cual es:

$$\% \text{ Pérdida de peso} = \frac{(P_i - P_f)}{P_i} \times 100\%$$

Donde:

P_i= peso inicial

P_f= peso final

3.2.4. *Método matriz de valoración de impactos ambientales*

Existen diferentes enfoques para la evaluación del impacto de un conjunto de acciones y/o actividades del proyecto. Se deben implementar métodos de evaluación de impacto ambiental

para identificar, predecir, cuantificar y evaluar el impacto ambiental de varias actividades y/o actividades del proyecto (Escuela de Ingeniería y medio Ambiente, 2022).

Para aplicar un método específico, es necesario considerar y determinar el tipo de impacto en el ambiente, el área afectada y la duración del impacto, los componentes del ambiente afectado, impactos directos e indirectos, impactos principales, efectos sinérgicos y sus tamaño, importancia y riesgos (Escuela de Ingeniería y medio Ambiente, 2022).

- **Evaluación cualitativa** de los impactos según criterios que determinen su naturaleza, trascendencia o extensión. El método consiste en ubicar cada efecto identificado en un rango de escala de calificación, cuyo tamaño depende del nivel de confianza disponible. Las evaluaciones pueden ser simples (cuando un valor está representado por un solo valor) o compuestas (cuando un efecto está representado por varios valores) (Escuela de Ingeniería y medio Ambiente, 2022).
- **Evaluación de impacto cuantitativa** requiere más información, conocimiento y juicio del equipo de evaluación. Se basa en determinar indicadores de impacto y comparar la situación sin proyecto con la situación con proyecto. Este tipo de evaluación permite sumar impactos para obtener un valor global del impacto de un proyecto o actividad (Escuela de Ingeniería y medio Ambiente, 2022).

3.2.5. *Matriz de valorización*

Tabla 8-3: Criterios de evaluación de impactos ambientales

INDICADORES		INDICADORES	
A. Carácter del impactado (CI)	(+) positivo (-) negativo (X) previsto, pero difícil de calificar sin estudio detallado	G. Momento del impacto (MO)	(1) largo plazo (2) mediano plazo (4) corto plazo (+4) crítico
B. Intensidad (I)	(1) Baja (2) Media (4) Alta (8) Muy alta (12) total	H. Acumulación (AC)	(1) simple (4) acumulativo

C. Extensión (EX)	(1) Puntual (2) Parcial (4) Extenso (8) Total (+4) Critico	I. Recuperabilidad (MC)	(1) recuperable de inmediato (2) recuperable a mediano plazo (4) mitigable (8) irrecuperable
D. Sinergia (SI)	(1) No sinérgico (2) Sinérgico (4) Muy sinérgico	J. Reversibilidad (RV)	(1) corto plazo (2) mediano plazo (4) irreversible
E. Persistencia (PE)	(1) Fugaz (<1 año) (2) Temporal (de 1 a 10 años) (4) Permanente (>10 años)	K. Periodicidad (PR)	(1) irregular (2) periódica (4) continua
F. Efecto (EF)	(D) directo o primario (I) indirecto o secundario		

Fuente: (Hidroar, 2015, p. 2)

Realizado por: Caluña, Miguel & Cellán, Dariana, 2023

CAPITULO IV

4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se analizarán todos los datos y resultados obtenidos a lo largo de la investigación, experimentación y el tiempo requerido para la degradación de los bioplásticos de Yuca y Malanga blanca.

4.1. Evaluación de las propiedades mecánicas y físicas del bioplástico

Para obtener las mejores características del bioplástico obtenido a base de Yuca y Malanga blanca se evaluaron propiedades mecánicas y físicas como densidad, elasticidad, dureza, grosor y transparencia las cuales son representadas con un análisis estadístico descriptivo como se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 1-4: Estadístico descriptivo de las propiedades físicas-mecánicas de la malanga blanca.

DESCRIPTIVO		DENSIDAD (g/ml)	DUREZA Shore A	ELASTICIDAD (MPa)	GROSOR (μ m)
Media		0,369	10	2,240	0,103
95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	0,271	7,516	1,829	0,065
	Límite superior	0,467	12,484	2,650	0,141
Mediana		0,385	10	2,250	0,100
Desv. Desviación		0,039	1	0,165	0,015
Mínimo		0,32	9	2,07	0,09
Máximo		0,40	11	2,40	0,12
Promedio		0,369	10	2,24	0,10

Realizado por: Caluña, Miguel & Cellán, Dariana, 2023

Tabla 2-4: Transparencia de Malanga Blanca

MALANGA	
Muestras	Transparencia
A1	Medianamente opaco
A2	Medianamente opaco
A3	Medianamente opaco

Realizado por: Caluña, Miguel & Cellán, Dariana, 2023

Observando lo que especifica la Tabla 13-4 en base a la densidad la media o el promedio obtenido es de 0,369 (g/ml) con una dispersión de batos relativamente bajos teniendo un valor de 0,039 con máximos y mínimos de 0,32 (g/ml) y 0,40 (g/ml) respectivamente.

Lo correspondiente a la Dureza se tomó la medida con una escala de Shore A en donde obtenemos un promedio de 10 en la escala con una dispersión de datos de 1 la cual es más alta en comparación con las demás propiedades, con un valor de 9 como mínimo y 11 como el valor máximo obtenido. La elasticidad es medida en MPa en la cual se observa un promedio de 2,24 MPa con una dispersión de datos de 0,165 respectivamente de igual manera se observa un valor mínimo de 2,07 MPa y un máximo de 2,40 MPa. En base a lo obtenido con el grosor observamos que su promedio es de 0,10 μm con una muy baja dispersión de datos obteniendo un valor de 0,015.

Mediante el análisis de transparencia que se detalla en la Tabla 14-4 se puede denotar que las láminas del bioplástico de malanga blanca presentan una tonalidad medianamente opaca.

Tabla 3-4: Estadístico descriptivo de las propiedades físicas-mecánicas de la Yuca.

DESCRIPTIVO		DENSIDAD (g/ml)	DUREZA Shore A	ELASTICIDAD (MPa)	GROSOR (μm)
Media		0,574	13,333	1,887	0,130
95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	0,335	11,899	1,769	0,080
	Límite superior	0,814	14,768	2,004	0,179
Mediana		0,593	13	1,870	0,130
Desv. Desviación		0,096	0,577	0,047	0,020
Mínimo		0,47	13	1,85	0,11
Máximo		0,66	14	1,94	0,15
Promedio		0,574	13	1,89	0,13

Realizado por: Caluña, Miguel & Cellán, Dariana, 2023

Tabla 4-4: Transparencia de Yuca

YUCA	
Muestra	Transparencia
B1	Opaco
B2	Opaco
B3	Opaco

Realizado por: Caluña, Miguel & Cellán, Dariana, 2023

Observando lo que especifica la Tabla 15-4 en base a la densidad la media o el promedio obtenido es de 0,574 (g/ml) con una dispersión de batos relativamente bajos teniendo un valor de 0,096 con máximos y mínimos de 0,47 (g/ml) y 0,66 (g/ml) respectivamente.

Lo correspondiente a la Dureza se tomó la medida con una escala de Shore A en donde obtenemos un promedio de 13 en la escala con una dispersión de datos de 0,577 la cual es más alta en comparación con las demás propiedades, con un valor de 13 como mínimo y 14 como el valor máximo obtenido. La elasticidad es medida en una unidad de MPa en la cual se observa un promedio de 1,89 MPa con una dispersión de datos de 0,047 respectivamente de igual manera se observa un valor mínimo de 1,85 MPa y un máximo de 1,94 MPa. En base a lo obtenido con el grosor observamos que su promedio es de 0,13 μm con una muy baja dispersión de datos obteniendo un valor de 0,020.

Mediante el análisis de transparencia que se detalla en la Tabla 16-4 se puede denotar que las láminas del bioplástico de yuca presentan una tonalidad opaca.

4.2. Influencia de las propiedades físico - químicas del suelo

Para obtener un mejor conocimiento de las características de los tres tipos de suelo que se utilizaron y de cómo ésta afectaría al grado de degradabilidad de los bioplásticos, se toman propiedades físico – químicas del mismo las cuales se detallan a continuación:

4.2.1. *pH y conductividad eléctrica*

Tabla 5-4: Determinación de pH y conductividad eléctrica

Muestra de suelo	pH	Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
San Andrés	8,36	130,7
ESPOCH	8,12	114,8
Río Chimborazo	8,17	108,7
Promedio	8,22	118,1

Realizado por: Caluña, Miguel & Cellán, Dariana, 2023

Los datos evaluados en la tabla 17-4, en consideración al pH y conductividad eléctrica de los tres tipos de suelos obtenidos para la experimentación, dan como promedio general los siguientes valores de 8,22 en su pH y 118,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ de conductividad eléctrica.

4.2.2. *Materia orgánica*

Tabla 6-4: Determinación de Materia orgánica

IFM C	Densidad aparente y humedad (cilindro)					Materia orgánica y carbono orgánico					Densidad y humedad (cilindros)		Materia y carbono orgánico				
	cd g	P.S.H (g)	P.S.C EST. (g)	V. C (cm3)	H (%)	Dap (g/cm3)	P. muestra	P. muestra	MO (g)	MO (%)	P. de la	P.S.H (g)	peso de la canasta + Peso suelo	P.C tarado (g)	P.C+ muestra después de 24	P.C + muestra	
R. N. ESPOCH	186	142,1	89,7	23,84	1,58	4,96	4,84	0,116	2,3	4,92	186,6	147,0	5,01	42,19	47,15	47,04	
San Andrés	163	139,2	94,4	14,69	1,47	4,97	4,92	0,047	0,9	4,75	163,2	144,0	5,02	42,21	47,19	47,14	
Río Chimborazo	176	151,5	93,8	13,91	1,61	5,03	4,9	0,094	1,9	4,93	176,0	156,4	5,08	26,82	31,85	31,76	

Realizado por: Caluña, Miguel & Cellán, Dariana, 2023

Las muestras de suelos fueron obtenidas a una profundidad de 30 cm cada una para determinar el porcentaje de materia orgánica presentes en ellos, en el cual observamos que el mayor porcentaje de materia orgánica se obtuvo en la facultad de recursos naturales de la ESPOCH con un valor de 2,3%, seguido de la muestra de suelo del Río Chimborazo con 1,9% y el mínimo porcentaje de materia orgánica se encuentra presente en el suelo de San Andrés con un 0,9%.

4.2.3. *Diversidad microbiana*

Tabla 7-4: Biodiversidad microbiana en suelos

LUGAR DE MUESTREO	DIVERSIDAD MICROBIANA
San Andrés	Bacterias Gram positivas
	Bacterias Gram negativas
ESPOCH	Bacterias Gram positivas (bacilo)
	Bacterias Gram negativas

- Río Chimborazo
- **Bacterias**
 - Firmicutes*
 - Verrucomicrobia*
 - Cyanobacteria*
 - Proteobacteria*
 - Actinobacteria*
 - Bacteroidetes*
 - **Hongos**
 - Ascomycota*
 - Basidiomycota*
 - Mortierellomycota*
 - Gloderomycota*

Fuente: (Andres Guzman Estrada, 2011) (Vega Moreno Andres Javier, 2019)

Realizado por: Caluña, Miguel & Cellán, Dariana, 2023

Basados bibliográficamente determinamos la cantidad de microorganismos existentes en los tres tipos de suelos a ser usados en el presente proyecto, donde se observó que el suelo del Río Chimborazo es quien contiene mayor diversidad microbiana, encontrando tanto hongos como bacterias los cuales ayudaron favorablemente a la degradabilidad de los bioplásticos con mayor eficacia y rapidez, mientras que en los otros dos suelos pertenecientes a la parroquia de San Andrés y de la facultad de recursos naturales de la ESPOCH se encontraron bacterias tanto Gram positivas como Gram negativas.

4.2.4. *Biodegradabilidad*

Los resultados obtenidos de la degradación del bioplástico para determinar su porcentaje de degradación en el tiempo de 47 días se detallan en la siguiente tabla haciendo uso del análisis de varianza (ANOVA).

Tabla 8-4: Análisis de varianza para malanga blanca en el suelo 1

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	P-valor	F critico
Entre las muestras	9756,819	3	3252,273	26,283	$5,586 \times 10^{-11}$	2,758
Dentro de las muestras	7424,511	60	123,742			
Total	17181,330	63				

Realizado por: Caluña, Miguel & Cellán, Dariana, 2023

Tabla 9-4: Análisis de varianza para malanga blanca en el suelo 2

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	P-valor	F crítico
Entre las muestras	1226,076	3	408,691	5,887	0,001	2,758
Dentro de las muestras	4165,435	60	69,424			
Total	5391,511	63				

Realizado por: Caluña, Miguel & Cellán, Dariana, 2023

Tabla 10-4: Análisis de varianza para malanga blanca en el suelo 3

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	P-valor	F crítico
Entre las muestras	39118,129	3,000	13039,376	1,167	0,330	2,758
Dentro de las muestras	670569,020	60,000	11176,150			
Total	709687,149	63,000				

Realizado por: Caluña, Miguel & Cellán, Dariana, 2023

Tabla 11-4: Análisis de varianza para yuca en el suelo 1

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	P-valor	F crítico
Entre las muestras	1224,588	3	408,196	18,182	$2,3218 \times 10^{-8}$	2,769
Dentro de las muestras	1257,207	56	22,450			
Total	2481,795	59				

Realizado por: Caluña, Miguel & Cellán, Dariana, 2023

Tabla 12-4: Análisis de varianza para yuca en el suelo 2

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	P-valor	F crítico
Entre las muestras	517,692	3,000	172,564	6,095	0,001	2,769
Dentro de las muestras	1585,561	56,000	28,314			
Total	2103,253	59,000				

Realizado por: Caluña, Miguel & Cellán, Dariana, 2023

Tabla 13-4: Análisis de varianza para yuca en el suelo 3

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	P-valor	F crítico
Entre las muestras	954,265	3,000	318,088	0,904	0,445	2,769
Dentro de las muestras	19699,352	56,000	351,774			
Total	20653,617	59,000				

Realizado por: Caluña, Miguel & Cellán, Dariana, 2023

En los suelos 1 y 2 pertenecientes a la facultad de recursos naturales de la ESPOCH y a San Andrés se rechaza la hipótesis ya los valores de degradabilidad son relativamente iguales dándonos que los valores de P son menores que el nivel de significancia de 0,05, mientras que en el suelo 3 se acepta la hipótesis demostrando que no existen diferencias significativas por lo que no intervine la degradabilidad con respecto al tiempo, es decir mientras más tiempo pase no significa que existirá mayor degradabilidad.

4.2.4.1. *Biodegradabilidad malanga blanca*

Para determinar la biodegradabilidad total del bioplástico de malanga blanca usamos un análisis de varianza en el cual se determinó lo siguiente:

Tabla 14-4: Análisis de varianza para malanga blanca

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	P-valor	F crítico
Entre las muestras	3988,235	2,000	1994,118	6,032	0,005	3,204
Dentro de las muestras	14877,180	45,000	330,604			
total	18865,415	47,000				

Realizado por: Caluña, Miguel & Cellán, Dariana, 2023

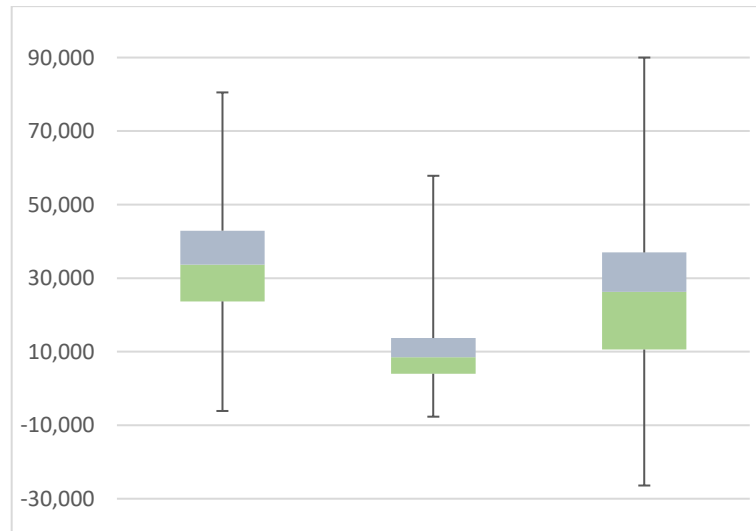


Ilustración 1-4: Diagrama de cajas malanga blanca

Realizado por: Caluña, Miguel & Cellán, Dariana, 2023

En el Grafico 1-4 tenemos un diagrama de cajas el cual representa los 3 tipos de suelos con los que se trabajó en el presente proyecto en el cual en el diagrama de cajas 1 representa el suelo 1 con el cual denotamos al suelo perteneciente a la facultad de recursos naturales de las ESPOCH en donde tenemos que el mínimo valor es de 13,096 y un máximo de 80,515, el bigote superior tiene un valor de 37,607 y el bigote interior 29,812, observamos el valor de la mediana en donde tenemos 33,676 es decir que en la campana gaussiana tenemos una pequeña asimetría. En el diagrama de cajas 2 perteneciente al suelo de San Andrés obtenemos un valor mínimo de 2,023 y un valor máximo de 57,840 con el bigote superior de 44,130 y el bigote inferior 11,687, mientras que el valor de la mediana es de 8,507. El diagrama de cajas 3 que hace referencia al suelo del río Chimborazo tiene un máximo de 26,275 y un mínimo de 0, los valores del bigote superior son 53,013 y el del bigote inferior es 36,987 con una mediana de 26,278 el cual nos da una asimetría. Evaluando la comparativa de la degradabilidad del bioplástico de malanga blanca podemos denotar qué, en el suelo 3 hay una mayor degradabilidad con valores muy dispersos en el tiempo de evaluación. A diferencia del suelo 1, que tiene una degradabilidad media con sus valores simétricos y el suelo 2 cuenta con una degradabilidad baja y su valor es concentrado.

4.2.4.2. *Biodegradabilidad de yuca*

Para determinar la biodegradabilidad total del bioplástico de yuca en el periodo de los 47 días usamos un análisis de varianza (ANOVA) en el cual se determinó lo siguiente:

Tabla 15-4: Análisis de varianza para yuca

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	P-valor	F crítico
Entre las muestras	1690,9266	2,0000	845,4633	3,9190	0,0270	3,2043
Dentro de las muestras	9708,1342	45,0000	215,7363			
total	11399,0608	47,0000				

Realizado por: Caluña, Miguel & Cellán, Dariana, 2023

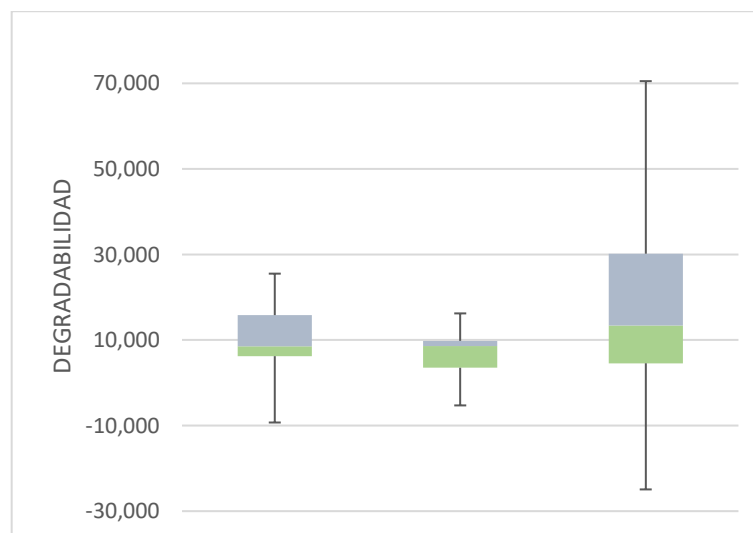


Ilustración 2-4: Diagrama de cajas Yuca

Realizado por: Caluña, Miguel & Cellán, Dariana, 2023

En el Grafico 2-4 tenemos un diagrama de cajas el cual representa los 3 tipos de suelos con los que se trabajó en el presente proyecto en el cual en el diagrama de cajas 1 representa el suelo 1 con el cual denotamos al suelo perteneciente a la facultad de recursos naturales de las ESPOCH en donde tenemos que el mínimo valor es de 0,312 y un máximo de 25,521, el bigote superior tiene un valor de 9,702 y el bigote inferior 15,507, observamos el valor de la mediana en donde tenemos 8,546 es decir que en la campana gaussiana tenemos una asimetría notable. En el diagrama de cajas 2 perteneciente al suelo de San Andrés obtenemos un valor mínimo de 1 y un valor máximo de 16,224 con el bigote superior de 6,421 y el bigote inferior 8,803, mientras que el valor de la mediana es de 8,569 con una asimetría grande. El diagrama de cajas 3 que hace referencia al suelo del río Chimborazo tiene un máximo de 70,513 y un mínimo de 0,693, los valores del bigote superior son 40,570 y el del bigote inferior es 29,486 con una mediana de 13,369 el cual nos da una asimetría.

La comparativa de la degradabilidad del bioplástico de yuca podemos denotar qué, en el suelo 3 hay una mayor degradabilidad con valores muy dispersos en el tiempo establecido de

experimentación en comparación al suelo 1, que tiene una degradabilidad concentrada y el suelo 2, su degradabilidad baja y sus valores tienen menor variabilidad.

4.2.4.3. Biodegradabilidad en blancos

En el presente proyecto se trabajó con blancos los cuales nos ayudaron a determinar qué tipo de bioplástico se degrada más fácilmente sin necesidad de trabajar con una biodegradación anaerobia en el suelo.

Tabla 16-4: Biodegradabilidad de blancos

	BIODEGRADABILIDAD CONTROL	MALANGA	YUCA
1	Día 11-18	3,691	3,733
2	Día 18-27	1,771	2,625
3	Día 27-40	6,262	6,403
4	Día 40-47	19,237	8,838

Realizado por: Caluña, Miguel & Cellán, Dariana, 2023

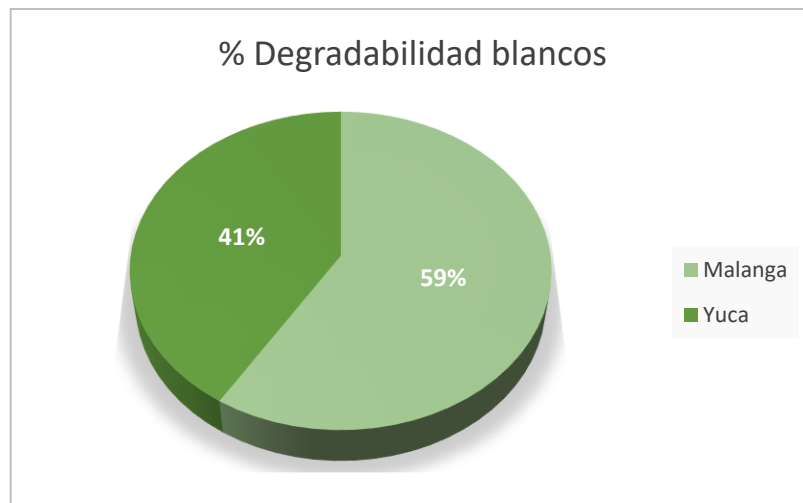


Ilustración 3-4: Biodegradabilidad de blancos

Realizado por: Caluña, Miguel & Cellán, Dariana, 2023

En el Gráfico 3-4 se representa el porcentaje total de degradabilidad de los bioplásticos en el transcurso de los 47 días, donde las unidades experimentales blancos de malanga blanca presentan una mayor tasa de degradación, con un porcentaje del 59%. A diferencia del biopolímero blanco de yuca que presentan que presenta un porcentaje de degradación de 41%. Las dos unidades experimentales fueron expuestas a condiciones ambientales.

4.2.5. Correlación de humedad y temperatura con la biodegradabilidad de los bioplásticos

4.2.5.1. Bioplásticos de malanga blanca

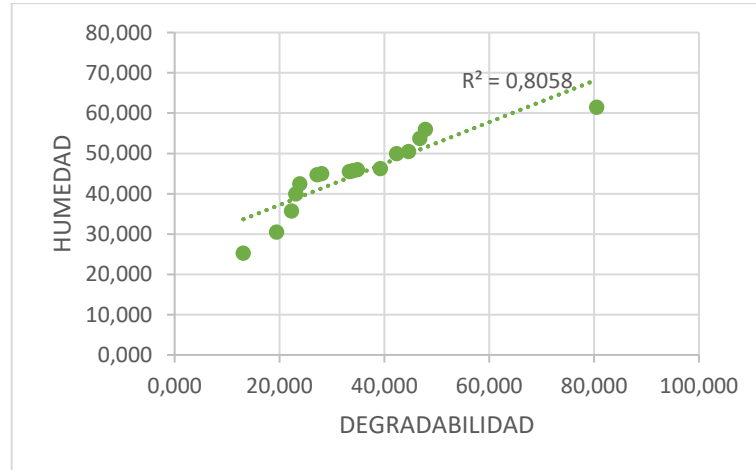


Ilustración 4-4: Correlación entre humedad y degradabilidad de malanga blanca en el suelo 1

Realizado por: Caluña, Miguel & Cellán, Dariana, 2023

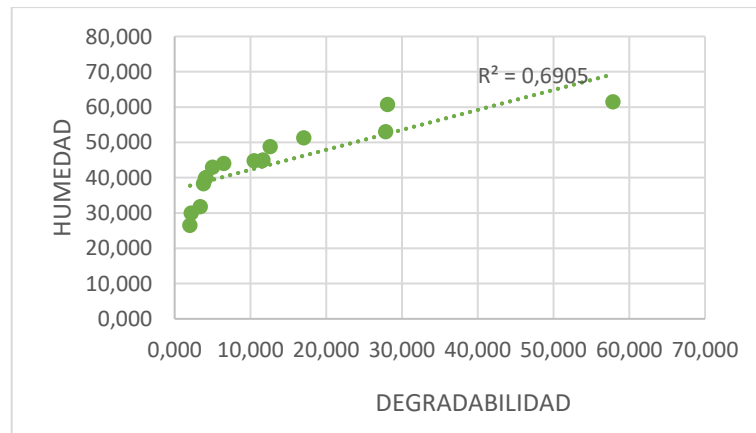


Ilustración 5-4: Correlación entre humedad y degradabilidad de malanga blanca en el suelo 2

Realizado por: Caluña, Miguel & Cellán, Dariana, 2023

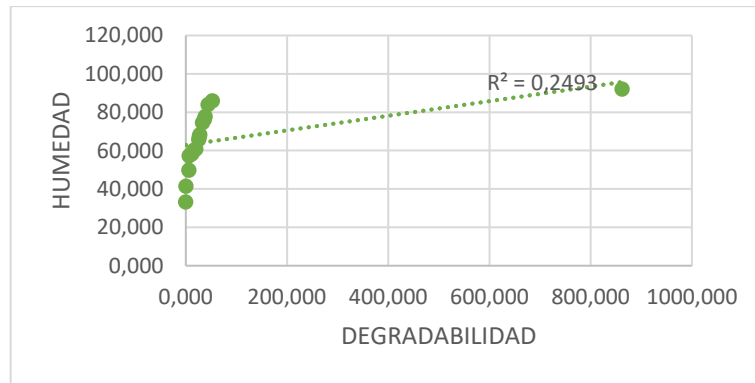


Ilustración 6-4: Correlación entre humedad y degradabilidad de malanga blanca en el suelo 3

Realizado por: Caluña, Miguel & Cellán, Dariana, 2023

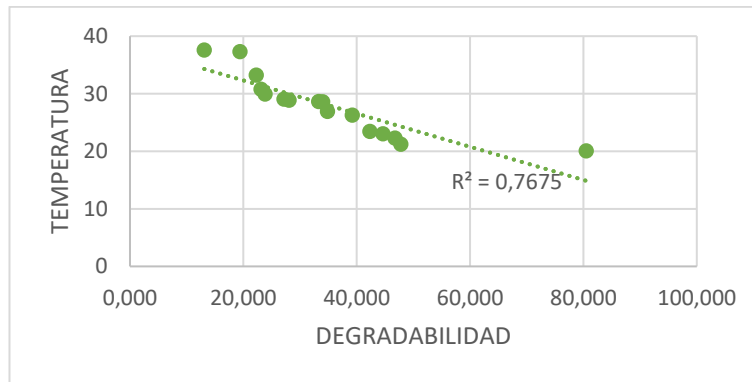


Ilustración 7-4: Correlación entre temperatura y degradabilidad de malanga blanca en el suelo 1

Realizado por: Caluña, Miguel & Cellán, Dariana, 2023

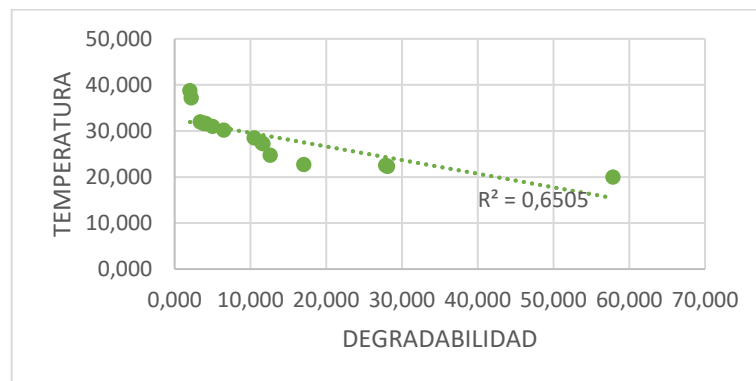


Ilustración 8-4: Correlación entre temperatura y degradabilidad de malanga blanca en el suelo 2

Realizado por: Caluña, Miguel & Cellán, Dariana, 2023

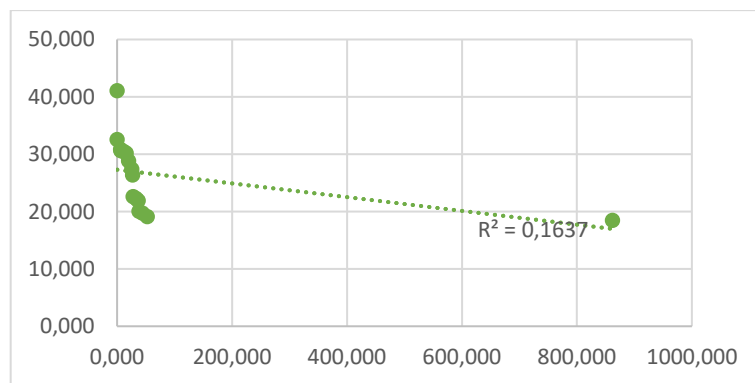


Ilustración 9-4: Correlación entre temperatura y degradabilidad de malanga blanca en el suelo 3

Realizado por: Caluña, Miguel & Cellán, Dariana, 2023

4.2.5.2. *Bioplástico de Yuca*

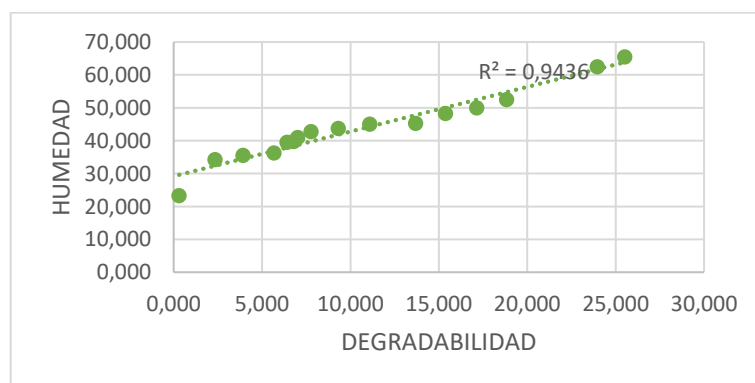


Ilustración 10-4: Correlación entre humedad y degradabilidad de yuca en el suelo 1

Realizado por: Caluña, Miguel & Cellán, Dariana, 2023

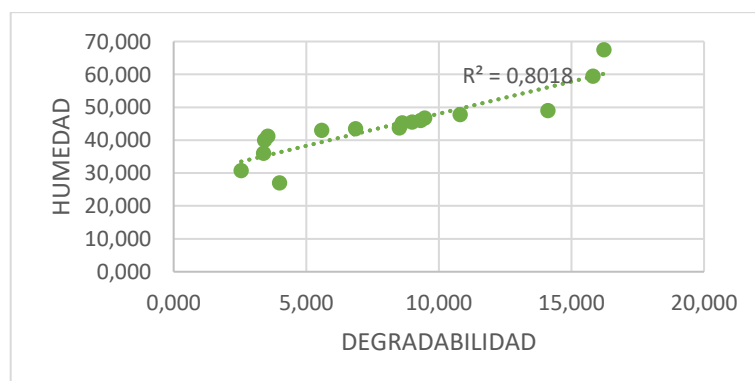


Ilustración 11-4: Correlación entre humedad y degradabilidad de yuca en el suelo 2

Realizado por: Caluña, Miguel & Cellán, Dariana, 2023

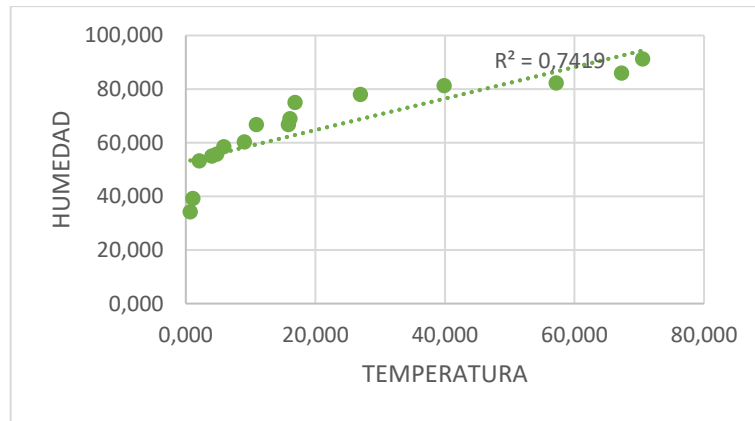


Ilustración 12-4: Correlación entre humedad y degradabilidad de yuca en el suelo 3

Realizado por: Caluña, Miguel & Cellán, Dariana, 2023

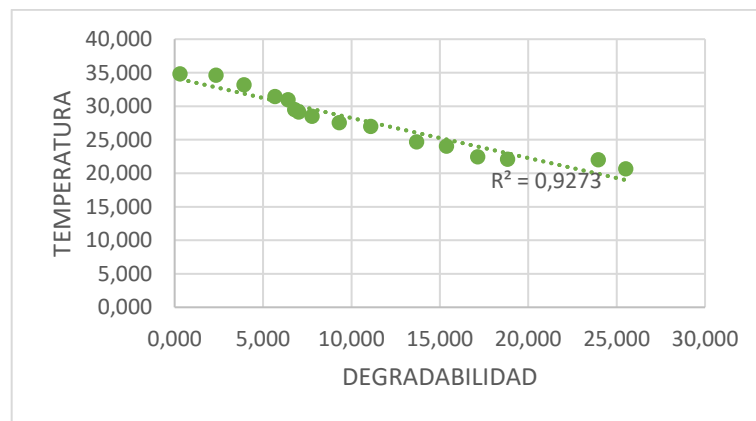


Ilustración 13-4: Correlación entre temperatura y degradabilidad de yuca en el suelo 1

Realizado por: Caluña, Miguel & Cellán, Dariana, 2023

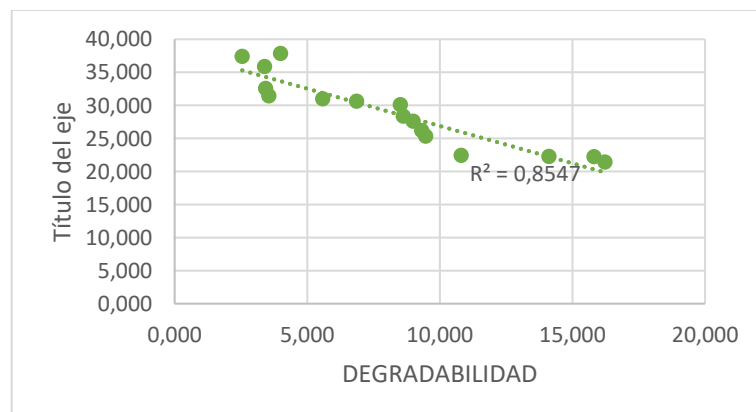


Ilustración 14-4: Correlación entre temperatura y degradabilidad de yuca en el suelo 2

Realizado por: Caluña, Miguel & Cellán, Dariana, 2023

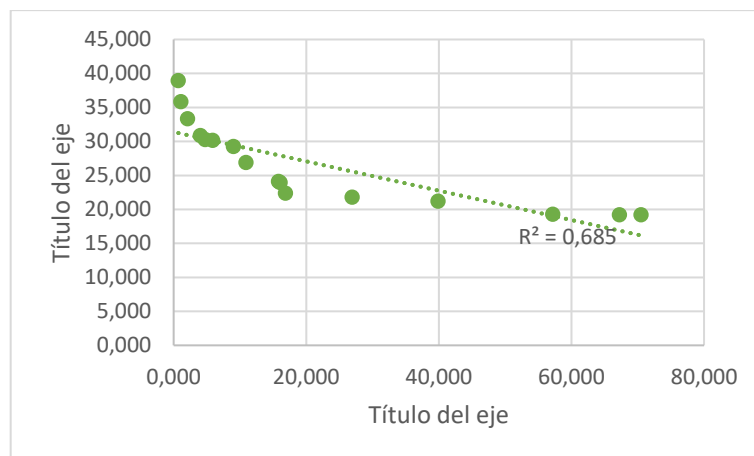


Ilustración 15-4: Correlación entre temperatura y degradabilidad de yuca en el suelo 3

Realizado por: Caluña, Miguel & Cellán, Dariana, 2023

Observando lo especificado en cada uno de los gráficos deducimos que entre la humedad y la degradabilidad hay una relación lineal positiva demostrándonos que entre mayor es el rango de humedad mayor es el nivel de biodegradabilidad de los bioplásticos tanto para malanga blanca como para yuca.

Ya que se observa que los valores de correlación entre estas variables son cercanos a 1 dando una correlación directa muy fuerte a perfecta. En las gráficas de temperatura y degradabilidad se observa una correlación lineal negativa lo que significa que entre mayor es la temperatura menor es el porcentaje de degradabilidad de los dos tipos de bioplásticos.

4.2.6. Comparativa de degradabilidad

Tabla 17-4: Tiempo de degradación PET, Bioplásticos y Bioplásticos industriales

	Plásticos PET	Bioplásticos de base orgánica	Bioplásticos industriales
Tiempo de degradabilidad	Entre 100 a 1000 años de degradación	De 3 a 4 meses	Alrededor de 5 a 7 años

Realizado por: Caluña, Miguel & Cellán, Dariana, 2023

Existen varios tipos de plásticos derivados del Tereftalato de polietileno (PET) tales como películas fotográficas, papel radiográfico, máquinas expendedoras y vallas publicitarias. Dependiendo de este material varía el tiempo de degradabilidad. Con los bioplásticos de base orgánica (almidón y aditivos orgánicos) se logra una degradación total de 3 a 4 meses en sus condiciones ambientales. Los bioplásticos industriales también llamados ecoplásticos, en sus

estudios realizados por la preocupación ambiental han logrado añadir resinas de maíz con microorganismos bacterianos (*Ideonella sakaiensis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Thermobifida fusca*) y hongos filamentosos (*Fusarium culmorum*, *Trichoderma spp.*) (Edgar Fernando Moreno, 2021) capaces de degradar los polímeros en el tiempo de 5 a 7 años aproximadamente.

4.3. MATRIZ DE VALORACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

Tabla 18-4: Matriz de valoración de impactos

FACTORES AMBIENTALES			IMPACTO	CRITERIOS DE EVALUACIÓN										Importante del efecto (IM)	Clasificación del impacto	
				Carácter del impacto	Intensidad	Extensión	Sinergia	Persistencia	Efecto	Momento del impacto	Acumulación	Recuperabilidad	Reversibilidad			Periodicidad
				CI	I	EX	SI	PE	EF	MO	AC	MC	RV			PR
A. CONDICIONES FÍSICAS Y QUÍMICAS	1	Suelo	Erosión	(-)	1	2	2	1	D	4	1	2	1	2	20	COMPATIBLE
			Contaminación del suelo	(-)	2	2	2	1	D	2	1	2	2	2	22	COMPATIBLE
			Impacto visual	(-)	4	2	2	2	D	4	4	2	1	2	33	MODERADO
	2	Agua	Contaminación del agua	(-)	2	2	2	1	I	4	1	1	1	2	22	COMPATIBLE
			Sólidos en suspensión	(-)	4	1	2	2	D	4	1	2	2	1	28	MODERADO
	3	Aire	Generación de Ruido por maquinarias	(-)	1	2	1	1	D	4	1	1	1	1	17	COMPATIBLE
			Material particulado	(-)	1	1	1	1	D	4	1	1	1	1	15	COMPATIBLE
	4	Procesos	Erosión del suelo	(-)	2	2	2	1	D	4	1	2	1	2	23	COMPATIBLE
B. CONDICIONES BIOLÓGICAS	1	Flora	Alteración de los micro-hábitats	(-)	1	2	2	2	D	4	1	1	1	2	20	COMPATIBLE
	2	Fauna	Alteración de los micro-hábitats	(-)	1	2	2	2	I	4	1	1	1	2	20	COMPATIBLE
C. FACTORES CULTURALES	1	Proceso primario	Recolección de materia prima	(-)	1	2	2	1	I	4	1	1	2	1	19	COMPATIBLE
			Trasporte de materia prima	(-)	4	1	2	1	I	4	1	1	2	2	27	MODERADO
	2	Proceso Secundario	Lavado de materia prima	(-)	2	2	1	2	D	4	1	2	2	2	24	COMPATIBLE
			Secado y triturado	(-)	2	1	1	1	D	4	1	1	1	2	19	COMPATIBLE
			Desprendimiento de olores	(-)	4	2	2	1	D	4	1	1	1	1	27	MODERADO
			Tamizado	(-)	2	1	1	1	D	4	1	1	1	2	19	COMPATIBLE
	3	Proceso terciario	Pesaje y dosificación	(+)	4	4	2	2	D	2	4	2	2	2	36	MODERADO
Pruebas Físicas, Químicas y			(-)	1	2	2	1	I	4	1	1	2	1	19	COMPATIBLE	

		Biológicas del bioplástico																
		Degradación de bioplástico en suelo	(-)	2	1	2	2	D	2	1	2	2	1	20	COMPATIBLE			
IMPACTO GLOBAL															COMPATIBLE			
RESULTADO DE IMPACTOS AMBIENTALES								VALORACIÓN										
No.	ÍTEM		SUMA	COLOR		No.	ÍTEM		RANGO	COLOR								
1	COMPATIBLE		14			1	COMPATIBLE		< 25									
2	MODERADO		5			2	MODERADO		26 - 50									
3	SEVERO		0			3	SEVERO		51 - 75									
4	CRÍTICO		0			4	CRÍTICO		> 75									

Realizado por: Caluña, Miguel & Cellán, Dariana, 2023

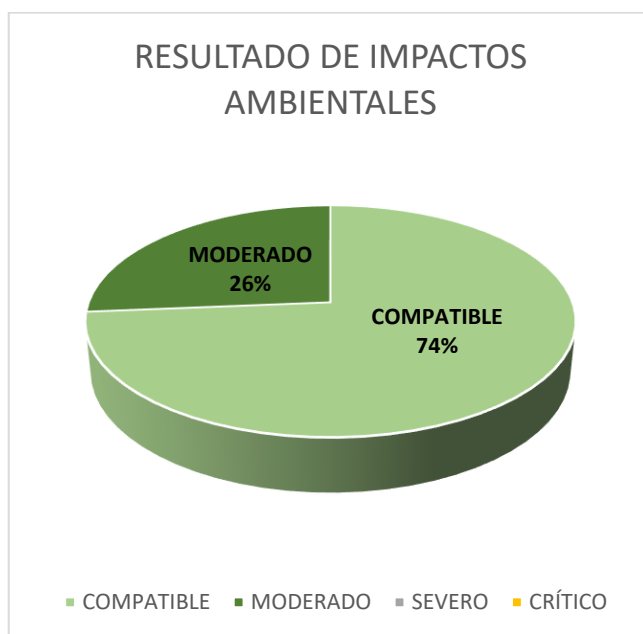


Ilustración 16-4: Resultados en porcentajes de impactos

Realizado por: Caluña, Miguel & Cellán, Dariana, 2023

De acuerdo al análisis de los impactos ambientales generados por la degradación de bioplásticos a base de malanga blanca y yuca, se determina que los impactos severos y el impacto crítico presentan un 0%, mientras que el 74% corresponde a impactos compatibles y el 26% a impactos moderados, motivo por el cual el impacto global del proyecto es compatible.

La producción de bioplásticos a partir de malanga blanca y yuca ayuda a reducir la erosión del suelo y mejora la salud y el bienestar de la vida silvestre al reemplazar los plásticos derivados del petróleo. Mientras que el impacto negativo es que el uso excesivo del suelo para la producción de

materias primas puede resultar en degradación del mismo suelo y pérdidas de hábitats y la disminución de la biodiversidad.

4.4. Discusión

Basados en los resultados obtenidos se observa que el mejor resultado de degradabilidad se da en el suelo perteneciente al río Chimborazo el cual se obtiene un pH de 8,17, un porcentaje de materia orgánica de 1,9% y además es poseedora de una gran cantidad de hongos y bacterias, el cual es un indicador fundamental para la degradación, demostrando que este suelo es el que posee mejores características para biodegradar los bioplásticos.

El biopolímero que se degradó de mejor manera y más rápido fue el que se utilizó como materia prima la *Colocasia esculenta* (Malanga blanca). Al tomar la humedad y temperatura cada 3 días durante los 47 días que duró la experimentación, deducimos que entre menor sea la temperatura y mayor el porcentaje de humedad existía una mejor degradabilidad en los bioplásticos tanto de malanga blanca y yuca. Al comparar con los resultados de otras investigaciones se pudo determinar que el tiempo de degradabilidad de la malanga blanca es de aproximadamente dos meses. Esto se debe a que las propiedades mecánicas de estos biopolímeros son generalmente inferiores a la de los polímeros derivados del petróleo. Son fáciles de procesar lo que los hace vulnerables a la degradación (Bra. Abigail de los Ángeles Rosales, 2016, p. 54), mientras que la biodegradabilidad de la yuca es de 4 a 5 meses (Edgar Fernando Moreno, 2021), siendo este el doble del tiempo que tarda en degradarse los bioplásticos a base de malanga blanca.

Una vez realizado el análisis en cuanto a los impactos ambientales que pueda provocar el desarrollo del presente trabajo de investigación, se determinó que como el proyecto trabaja con materias primas renovables e insumos que son poco o nada contaminantes, la experimentación resulta con un impacto ambiental compatible del 74% siendo precisa para evitar contaminación y remediación en el medio suelo.

CONCLUSIONES

- Se evaluó la degradabilidad de los bioplásticos en suelo producidos a partir de malanga blanca y yuca, experimentados en tres tipos de suelos como; suelo cultivado de los predios de Recursos Naturales de la ESPOCH, suelo de jardín obtenida de la parroquia de San Andrés y suelo del Río Chimborazo ubicada en la parroquia de San Juan, todos pertenecientes al cantón Riobamba, provincia de Chimborazo.
- Se identificó las propiedades físicas y mecánicas de los polímeros biodegradables, para lo cual los bioplásticos obtenidos presentaron propiedades similares, entre las más importantes se recalca una dureza de 10 para el bioplástico de malanga blanca y 13, para el bioplástico de yuca, ambos en la escala de Shore A. La elasticidad está en los rangos adecuados con valores de 2,24 MPa y 1,89 MPa respectivamente en ambos biopolímeros, las propiedades del plastificante posee menor densidad, alta solubilidad en agua y tiene una mayor absorción de agua lo que genera una viscosidad al entrar en contacto con la humedad y su transparencia se denotaron de medianamente opaco para el biopolímero de yuca y opaco para el biopolímero de malanga blanca, todas estas propiedades las hacen útiles en aplicaciones industriales como, en bolsas plásticas, envasado y embalaje de alimentos ya que presentan una similitud con los plásticos convencionales pero con la ventaja de ser degradados en menor tiempo.
- Se estableció la influencia de sus propiedades físico-químicas que existió en la degradación de los tres tipos de suelos en estudio; se obtuvo mayor degradación del bioplástico *Colocasia esculenta* (malanga blanca) con un promedio total del 48,8%. A diferencia del biopolímero *Manihot esculenta* (yuca) que tuvo una menor tasa de degradabilidad con un valor promedio total de 13,5%, cada una de estas pruebas se realizaron en el tiempo de 47 días que duró la experimentación a condiciones ambientales para simular la realidad en el ambiente.
- Se determinó el impacto ambiental con la matriz de valoración de impactos ambientales, en la cual se evaluó la biodegradabilidad de los bioplásticos producidos a base de almidón de malanga blanca y yuca, donde el proyecto es satisfactoriamente compatible ya que sus resultados no se encuentran en los rangos de severos o críticos que perjudique al ambiente.

RECOMENDACIONES

- Seguir investigando la obtención de bioplásticos a partir de almidón en todos los productos que tengan un alto contenido de amilasa para registrar más información y probar la aplicabilidad de estas láminas a nivel industrial.
- Se recomienda utilizar diferentes concentraciones de almidón de distintas materias primas para una mejor característica del bioplástico y comparar la degradación en distintos tipos de suelos
- Para verificar la biodegradación en suelo, se pueden realizar convenientemente análisis microbiológicos de las muestras de suelo donde será aplicada la experimentación para identificar microorganismos que interfieren con el proceso de descomposición.
- Se sugiere más investigación para extender el tiempo de biodegradación de las muestras de bioplásticos para analizar su vida útil total, especialmente en el medio ambiente.

BIBLIOGRAFÍA

ADOLFO, A. & ESTRADA, V. MANGO (*Mangifera indica L.*) A ESCALA LABORATORIO. Guatemala. 2018.

AREVALO, K., "Elaboración de plásticos biodegradables a partir de polisacáridos y su estudio de biodegradación a nivel de laboratorio y campo" Facultad De Ciencias Biológicas [en línea], 1996, vol. 1, (no. 1), pp. 84-85. Disponible en: <http://eprints.uanl.mx/4767/1/1080073271.PDF%0Ahttp://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2016/Q60-M49-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y%0Ahttp://gacetai.iingen.unam.mx/>.

BAUTISTA et al. *Caracterización y manejo de los suelos de la Península de Yucatán* [en línea]. , 2005. [Consulta: 28 octubre 2022]. Disponible en: [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=ywZn3-HeMEkC&oi=fnd&pg=PA1&dq=caracterizacion+de+los+suelos&ots=ykGfYjOzn8&sig=rEatGU2kY4OeTzp6l2MWqiUTOh4#v=onepage&q=caracterizacion de los suelos&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=ywZn3-HeMEkC&oi=fnd&pg=PA1&dq=caracterizacion+de+los+suelos&ots=ykGfYjOzn8&sig=rEatGU2kY4OeTzp6l2MWqiUTOh4#v=onepage&q=caracterizacion+de+los+suelos&f=false).

BAUTISTA, F. & PALACIO, G. *Caracterización y Manejo de los Suelos de la Península de Yucatán* [en línea]. S.l.: s.n. 2005. [Consulta: 28 octubre 2022]. ISBN 9685722137. Disponible en: [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=ywZn3-HeMEkC&oi=fnd&pg=PA1&dq=caracterizacion+de+los+suelos&ots=ykGfYjOzn8&sig=rEatGU2kY4OeTzp6l2MWqiUTOh4&pli=1#v=onepage&q=caracterizacion de los suelos&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=ywZn3-HeMEkC&oi=fnd&pg=PA1&dq=caracterizacion+de+los+suelos&ots=ykGfYjOzn8&sig=rEatGU2kY4OeTzp6l2MWqiUTOh4&pli=1#v=onepage&q=caracterizacion+de+los+suelos&f=false).

BECERRIL, M.T., CARMONA, R. & AGUIRRE, A. "Obtención y caracterización estructural y funcional de almidón acetilado de malanga (*Colocasia esculenta Schott*)". *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, [en línea], 2015. vol. 6, pp. 905-906.

BELTRÁN, M. & MARCILLA, A. "Estructura y propiedades de los polímeros". *Tecnología de Polímeros* [en línea], 2011. pp. 3-9. [Consulta: 6 noviembre 2022]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10045/16883>.

BLANCO, M. GENERALIDADES SOBRE POLÍMEROS. *Introducción a los polímeros*, 2007. p. 21.

DE LOS ÁNGELES, Abigail. Obtención de biopolímero plástico a partir del almidón de malanga (*Colocasia esculenta*), por el método de polimerización por condensación en el

laboratorio 110 de la UNAN-Managua, Mayo –Abril 2016. [en línea] (Trabajo de titulación). 2016. pp. 34-40.

DEL CARMEN, Lauro. "Biodegradabilidad de los bioplásticos elaborados a partir de cáscaras de *Mangifera indica* y *Musa paradisiaca*" [en línea], 2020, vol. 47, (no. 4), p. 3. [Consulta: 7 noviembre 2022]. ISSN 2072-2001. Disponible en: <http://cagricola.uclv.edu.cu>.

CAICEDO, S.B. & LÓPEZ, D.H. "Propuesta de Emprendimiento para elaboración de un snack a base de la malanga (*Colocasia Esculenta*) en la ciudad de Guayaquil." [en línea]. 2018. S.l.: s.n. [Consulta: 31 octubre 2022]. ISBN 0968747728. Disponible en: <https://secure.urkund.com/view/16964445-251036-988649#DccxDglxDADBv6>.

CARRASQUERO, F.L. FUNDAMENTOS DE POLÍMEROS. VII Escuela Venezolana para la Enseñanza de la Química [en línea], 2005, pp. 1-2. [Consulta: 14 marzo 2023]. Disponible en: <https://www.studocu.com/latam/document/universidad-jose-antonio-paez/ingenieria-mecanica/polimeros/9180312>.

CASTRO, M.M.P. OBTENCIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A PARTIR DE LA OCA (*Oxalis tuberosa*) Y DE LA YUCA (*Manihot esculenta*) PARA LA UTILIZACIÓN COMO ENVOLTURA DE ALIMENTOS (trabajo de titulación). Escuela Superior Politecnica de Chimborazo. 2020. pp. 20-26

CIANCIOSI, P. & MARINO, M. Polímeros. Universidad Tecnológica Nacional [en línea], 2014. p. 5. Disponible en: <http://www.frlp.utn.edu.ar/materias/qaplicada/polimeros.pdf>.

CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS MATERIALES. "Fenol formol fenol." Polímeros [en línea], 2015, vol. 1, (no. 1), pp. 2-3. [Consulta: 6 noviembre 2022]. Disponible en: https://jmcacer.webs.ull.es/CTMat/Practicas Laboratorio_archivos/polimeros.pdf.

DANILO, E. & CHAVERRA, V. Efecto del agua destilada y agua lluvia en la respuesta físico mecánica de un suelo residual originado de rocas ígneas. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Minas, Departamento de Ingeniería Civil Medellín, Colombia. 2020. p. 32.

ECUADOR, Q. METHOD FOR DETERMINING AEROBIC BIODEGRADATION IN SOIL OF PLASTIC MATERIALS OR RESIDUAL PLASTIC MATERIALS AFTER COMPOSTING First Edition. 2012.

EL CUADERNO. "Plásticos Biodegradables o Bioplásticos". El Cuaderno de *Porqué* Biotecnología [en línea], 2019, p. 3. Disponible en:

https://porquebiotecnologia.com.ar/Cuadernos/El_Cuaderno_48.pdf.

ESPINOZA, Edwin. MÉTODOS DE VALORACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES | (trabajo de titulación) Cursos de Ingeniería, Medio Ambiente y Calidad. 2022. pp. 52-55 [Consulta: 28 febrero 2023]. Disponible en: <http://eimaformacion.com/metodos-de-valoracion-de-impactos-ambientales/>.

ESPINILLA, M. Estudio preliminar de la degradación de plásticos por poblaciones bacterianas presentes en suelo del Complejo Ambiental de Arico. 2017. S.l.: s.n.

ENRÍQUEZ, M. & VELASCO, J. "Películas Biodegradables Basadas En Almidón Composição E Transformação De Filmes Biodegradáveis". *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 2012. vol. 10, (no. 1), p. 5. ISSN 1692-3561.

EUPC. La importancia de los bioplásticos y la biodegradabilidad. [en línea]. 2008. p. 1. [Consulta: 7 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/24610-La-importancia-de-los-bioplasticos-y-la-biodegradabilidad.html>.

FAO. Guía para la descripción de suelos. [en línea]. 2009. pp. 42-43. [Consulta: 6 julio 2018]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-a0541s.pdf>.

GAMBOA S. Obtención de bioplástico a partir de *Opuntia ficus indica* reforzado con almidón de *Ipomoea batatas*. [en línea]. 2022. p. 15. [Consulta: 7 noviembre 2022]. Disponible en: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/50737/Cusma_GM-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

GARCÍA, I et al. CULTIVO DE YUCA EN EL ECUADOR. *INIAP - ESTACION EXPERIMENTAL PORTOVIEJO* [en línea]. 2014. vol. 436, (no. 2), pp. 3-5. [Consulta: 27 marzo 2023]. Disponible en: <http://www.agricultura.gob.ec/sinagap/>.

GÓMEZ, J. Estructura y aplicaciones de los polímeros. [en línea]. 2017. S.l.: [Consulta: 6 noviembre 2022]. Disponible en: http://webdeptos.uma.es/qicm/doc_docencia/tema5_cm.pdf.

GOTTAU, Gabriela. Todo sobre el ñame: propiedades, beneficios y su uso en la cocina [en línea]. 2018. [Consulta: 14 marzo 2023]. Disponible en: <https://www.vitonica.com/alimentos/yuca-propiedades-beneficios-y-su-uso-en-la-cocina>.

GUZMAN, Andres. AISLAMIENTO Y CARACTERIZACION DE BACTERIAS SOLUBILIZADORAS DE FÓSFORO APARTIR DE CUATRO SUELOS DE LA PROVINCIA

DE CHIMBORAZO [En línea] (Trabajo de titulación) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 2011. pp. 34-36.

HEREDIA, D.A. & PULGAR, L.J. *Comparación de dos métodos de extracción de almidón de Colocasia esculenta (Malanga blanca) para la obtención de un polímero biodegradable.* [en línea], , 2019. p. 153. Disponible en: <http://dspace.espe.edu.ec/bitstream/123456789/13256/1/156T0007.PDF>.

HERNÁNDEZ, M., TORRUCO, J.G., CHEL, GUERRERO, L. & BETANCUR ANCONA, D. "Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México". *Ciencia e Tecnología de Alimentos*, vol. 28, no. 3, p. 718. ISSN 0101-2061. DOI 10.1590/s0101-20612008000300031.

HERNÁNDEZ BAUTISTA, M. et al. ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA INSTANTÁNEA ALTAMENTE NUTRITIVA A BASE DE ALMIDÓN DE MALANGA (*Xanthosoma Sagittifolium*) Y LECHE DE SOYA (*Glycine Max*). *Gastronomía ecuatoriana y turismo local*. 2016. p. 5.

HIDROAR, "Metodología para el Cálculo de las Matrices Ambientales Metodología para el Cálculo de las Matrices Ambientales". (no. 1) 2015. p. 2.

HERMIDA, Élida. *Polímeros*. 2011. p. 14.

INEC, *Resumen Estadístico*. . S.l.: 2021.

J, M.S. Utilización de plastificantes naturales para obtención de PVC flexible bajo impacto medioambiental. 2010. pp. 17-18.

JARA, D.A.H. & ASTUDILLO, L.J.P. "COMPARACIÓN DE DOS MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN DE *Colocasia esculenta* (Malanga blanca) PARA LA OBTENCIÓN DE UN POLÍMERO BIODEGRADABLE". S.l.: 2019.

JASO, M.A. "El surgimiento de los bioplásticos: un estudio de nichos tecnológicos". *Acta Universitaria* [en línea], 2020, vol. 30, p. 3. [Consulta: 27 marzo 2023]. ISSN 0188-6266. DOI 10.15174/au.2020.2654. Disponible en: <http://doi.org/10.15174.au.2020.2654>.

JUÁREZ. Recetario de productos a base de malanga. Facultad de ciencias de la nutrición y alimentos [en línea], 2018. p. 16. Disponible en: <https://repositorio.unicach.mx/handle/20.500.12114/1746>.

LABEAGA, A. Polímeros biodegradables. Importancia y potenciales aplicaciones. [en línea], 2018. p. 5. [Consulta: 6 noviembre 2022]. Disponible en: http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:master-Ciencias-CyTQ-Alabeaga/Labeaga_Viteri_Aitziber_TFM.pdf.

LOPEZ, M., SANDÍA, T. et al Escuela superior politécnica agropecuaria de manabí tesis previa a la obtención del título de ingeniero agrícola [en línea]. S.l.: 2014. s.n. [Consulta: 14 marzo 2023]. Disponible en: <http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/33>.

LÓPEZ, P. "Indagan la composición de la materia orgánica del suelo". GACETA UNAM [en línea]. 2020. [Consulta: 20 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.gaceta.unam.mx/indagan-la-composicion-de-la-materia-organica-del-suelo/>.

LOZANO P., Z., RIVERO, C., BRAVO, C. & HERNÁNDEZ, R.M. "Soil organic matter fractions on no-tillage and cover crops systems". Revista de la Facultad de Agronomía, vol. 28, (no. 1), 2011. pp. 35-36. ISSN 16909763.

MARC VIÑAS CANALS. "Biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos: caracterización microbiológica, química y ecotoxicológica". Barcelona [en línea]. 2005. [Consulta: 28 octubre 2022]. Disponible en: http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/42392/1/TESIS_MVINAS_CANALS.pdf.

MORENO, Edgar. EVALUACIÓN DE MICROORGANISMOS (TRICHODERMA SPP. Y PSEUDOMONA AERUGINOSA) PARA LA DEGRADACIÓN DEL PET (Trabajo de titulación) FACULTAD DE INGENIERIA PROGRAMA DE INGENIERIA QUÍMICA. 2021. pp. 10-15.

MINCHOLA, G.V. Elaboración y degradación de bioplástico de residuos de Solanum tuberosum y Tropaeolum tuberosum en lugares de bajas temperatura - Oyón, 2019. S.l.: s.n 2019.

MARTÍNEZ ZAPATA, J. & ESCANDÓN VELÁSQUEZ, C. "Estudio De La Producción Y Comercialización De La Malanga: Estrategias De Incentivos Para La Producción En El País Y Consumo En La Ciudad De Guayaquil". Universidad Politécnica Salesiana [en línea], 2013. p. 11. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/4331/1/UPS-GT000395.pdf>.

MORENO TOASA, G.A. "Utilización de harina de plátano (Musa balbisiana), en el desarrollo de películas biodegradables activas". UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO Ecuador [en línea], 2015. pp. 21-25. [Consulta: 31 marzo 2023]. Disponible en:

http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/11979/1/AL_572.pdf.

ORTIZ HERNÁNDEZ, A.J. Determinación de Plastificantes en films poliméricos. Escuela Politécnica Superior de Linares, 2018. p. 7.

PÉREZ, M.A.E. EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE *Aspergillus niger*. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS S.l.: 2018. s.n.

PILA, R. Determinación de propiedades físico químicas del suelo en la granja "Chacras" Universidad Técnica de Machala, provincia de El Oro [en línea]. S.l.: 2017. s.n. [Consulta: 28 octubre 2022]. Disponible en: http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/11701/1/DE00021_TRABAJO_DETITULACION.pdf.

PILLAJO. Aplicación y utilización gastronómica de la malanga [en línea]. S.l.: 2016. s.n. Disponible en: <http://200.24.220.94/handle/33000/5960>.

PERALTA, Jorge Luis. *Bioplásticos degradables a base de almidón termoplástico modificado y alginato de sodio reforzado con montmorillonita sódica*. [en línea], S.l.: 2017. s.n. [Consulta: 31 marzo 2023]. Disponible en: https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/UPEU/1188/Jorge_tesis_Titulo_2017.pdf?sequence=5&isAllowed=y.

RAMOS, P.N.M. "ELABORACIÓN DE BIOPLÁSTICOS A PARTIR DE ALMIDÓN RESIDUAL OBTENIDO DE PELADORAS DE PAPA Y DETERMINACIÓN DE SU BIODEGRADABILIDAD A NIVEL DE LABORATORIO" [en línea]. S.l.: 2021. s.n. [Consulta: 14 marzo 2023]. Disponible en: https://repositorio.concytec.gob.pe/bitstream/20.500.12390/187/3/2017_Puicon_Evaluacion-resistencia-natural.pdf.

REYES, L.L.M.I. GALLETA A BASE DE HARINA DE MALANGA. 2018. p. 14.

REYES RAMÍREZ, C., BENITEZ, K. & SALMORAL, E.M. "UN MÉTODO EFICAZ PARA CONTROL DE LA BIODEGRADACIÓN TOTAL DE MATERIALES PLÁSTICOS". La Plata Argentina, 2012. pp. 2-4.

RIVAS, J., LOAIZA, M. & SABINO, M. Revista de la facultad de ingeniería - Universidad central de Venezuela, hacia su mejora continua. vol. 25, 2010. (no. 2), p. 3. ISSN 07984065.

RODRÍGUEZ, A.S. et al. "Cultivo de yuca (*Manihot esculenta Crantz*)". [en línea]. S.l.: 2016. s.n. ISBN 9789968586160. Disponible en: <http://www.rediaf.net.do/publicaciones/guias/download/yuca.pdf>.

ROMAN, M.C. & PEREZ ARRIOLA, Y.K. "Bioplásticos degradables a base de almidón termoplástico modificado y alginato de sodio reforzado con montmorillonita sódica". Universidad Peruana Unión [en línea], 2019. p. 49. [Consulta: 7 noviembre 2022]. Disponible en: https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/UPEU/1188/Jorge_tesis_Titulo_2017.pdf?sequence=5&isAllowed=y.

ROMERO, I. Metodologías de valoración de impactos en los EsIA [en línea]. S.l.: 2019. s.n. [Consulta: 28 febrero 2023]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/118715/Romero - Metodologías de valoración de impactos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

ROSALES, B. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, MANAGUA. S.l.: 2016. s.n.

RUIZ AVILÉS, G. "Obtención y caracterización de un polímero biodegradable a partir del almidón de yuca". [en línea]. 2006. Medellín: [Consulta: 14 marzo 2023]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83520401>.

S.A, C. LOS BENEFICIOS AL MEDIO AMBIENTE AL REDUCIR EL CONSUMO DE BOTELLAS PLÁSTICAS. [en línea]. 2021. [Consulta: 14 marzo 2023]. Disponible en: <https://www.clorid.com/post/los-beneficios-al-medio-ambiente-al-reducir-el-consumo-de-botellas-plásticas>.

SALAZAR, I.C. ANALISIS DE LA COMERCIALIZACION DE LA MALANGA BLANCA COMO PRODUCTO ALTERNATIVO DE CONSUMO NACIONAL E INTERNACIONAL PERIODO 2009-2012. *PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR SEDE ESMERALDAS*, vol. 53, 2013. (no. 9), p. 18. ISSN 1098-6596.

SALGUERO, J. "¿Qué son los plasticos Biodegradables?" Ecoplas, 2020. (no. 54), p. 10.

TORRES, A., MONTERO, P. & JULIO, L. "Utilización de almidón de malanga (*colocasia esculenta* L.) en la elaboración de salchichas tipo frankfurt". Scielo [en línea], vol. 12, 2014. (no. 2), pp. 99-100. [Consulta: 14 marzo 2023]. ISSN 1692-3561. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-

35612014000200011&lng=en&nrm=iso&tlng=es%0Ahttp://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1692-

35612014000200011&lng=en&nrm=iso&tlng=es%0Ahttp://www.scielo.org.co/scielo.php?sc.

VÁZQUEZ, A. et al. "Bioplásticos y plásticos degradables". Universidad Autónoma Metropolitana, p. 3.

VEGA MORENO, Andres javier. CARACTERIZACIÓN DE LA DIVERSIDAD MICROBIANA PRESENTE EN SUELOS DE TRES ECOSISTEMAS DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIMBORAZO. S.l.: 2019. s.n.

VERGARA, E.A.P. COMPARACIÓN DE CLORURO DE SODIO (NaCl) Y FOSFATO SÓDICO (K₇) EN LA VIDA ÚTIL DE. *UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS.* 2013. pp. 27-28.

VERGARA MENDEZ, B.Z. Efecto de la modificación química dual del almidón de plátano (*Musa paradisiaca* L), sobre las propiedades térmicas, morfológicas y estructurales.pdf. S.l.: 2012. s.n.

VERSINO, F. & GARCÍA, M.A. "Materiales eco-compatibles reforzados a base de almidón de mandioca para aplicaciones agronómicas". *REVISTAMATERIA* , vol. 23, 2018. (no. 4), pp. 4-5. ISSN 1517-7076. DOI 10.1590/S1517-707620180002.0545.

VILLADA, H.S. "Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial Revista de la Facultad de Ciencias Agropecuarias Universidad del Cauca". Silvio Andres MosqueraGrupo CYTBIADepartamento de AgroindustriaFacultad de Ciencias AgrariasUniversidad del Cauca [en línea], vol. 12, 2014. (no. 2), p. 99. [Consulta: 14 marzo 2023]. Disponible en: <https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/1770/1364>.

ANEXOS

ANEXO A: Materia Prima



Obtención de materia prima



Lavado y pelado de materia prima



Pesado de ácido cítrico



Molido de materia prima

ANEXO B: Realización De Bioplásticos



Aditivos



Plancha de bioplásticos

Preparación de bioplásticos



Láminas de bioplásticos

ANEXO C: Laboratorio De Suelo



Recolección de suelo



Medición de pH y conductividad



Tres tipos de suelo



Tamizado de suelo

ANEXO D: Experimentación De Biodegradabilidad



Prueba de densidad



Bioplástico en laminas



Colocación de bioplásticos en suelo



Bioplásticos con suelo



Bioplástico de control



Control de humedad y temperatura

ANEXO E: Pesado De Bioplásticos



Control de humedad y temperatura



Peso de bioplásticos según la metodología



Bioplásticos después de 11 días



Bioplástico con suelo de río



Ultimo pesado de bioplásticos

ANEXO F. Tabla de humedad y temperatura

Bioplásticos FECHAS	Yuca						Malanga blanca					
	% Humedad			°C Temperatura			% Humedad			°C Temperatura		
	S1. ESPOCH	S2. San Andres	S3. Rio Chimborazo	S1. ESPOCH	S2. San Andres	S3. Rio Chimborazo	S1. ESPOCH	S2. San Andres	S3. Rio Chimborazo	S1. ESPOCH	S2. San Andres	S3. Rio Chimborazo
25/11/2022	36,250	46,000	91,250	34,825	37,850	21,800	46,000	31,750	92,000	37,325	37,175	19,700
29/11/2022	43,750	41,250	81,250	24,675	28,350	30,300	42,500	38,250	86,000	30,800	31,600	30,600
3/12/2022	65,500	67,500	82,250	22,025	22,225	30,850	53,750	60,750	77,750	23,075	22,700	28,850
7/12/2022	42,750	43,000	75,000	27,550	27,600	22,375	45,500	43,000	76,250	26,300	27,225	22,300
9/12/2022	39,750	45,500	34,250	31,475	31,000	38,967	46,250	45,000	33,250	28,600	31,650	41,067
11/12/2022	23,250	27,000	78,000	33,200	32,550	23,975	25,250	26,500	74,500	33,275	30,975	26,375
15/12/2022	48,250	45,250	86,000	22,100	22,250	35,850	45,750	44,750	84,000	21,225	22,525	32,550
19/12/2022	52,500	47,750	55,000	27,000	26,200	26,900	56,000	53,000	41,500	23,475	24,750	30,450
23/12/2022	62,500	59,500	66,750	20,675	21,425	33,350	61,500	61,500	60,000	20,100	19,975	21,925
27/12/2022	50,000	49,000	60,250	30,975	30,625	19,300	50,500	51,250	60,750	29,950	31,550	20,025
31/12/2022	45,000	43,750	69,000	29,500	30,100	30,175	45,000	44,000	68,250	26,950	28,500	30,175
4/1/2023	39,500	40,000	58,500	34,625	35,875	24,125	44,750	44,750	57,250	29,075	31,950	27,375
8/1/2023	45,250	46,750	66,750	22,475	22,425	19,225	50,000	48,750	65,750	22,300	22,325	18,450
12/1/2023	34,250	30,750	55,750	28,525	31,425	19,200	35,750	40,000	58,250	28,675	27,375	19,100
16/1/2023	35,500	36,000	39,250	29,150	37,400	29,275	30,500	30,000	67,250	37,625	38,725	30,825
19/1/2023	41,000	43,500	53,250	24,075	25,325	21,200	40,000	39,750	49,750	28,900	30,200	22,625

ANEXO G. Tabla de pesos de biodegradabilidad

MALANGA BLANCA											
DEL DIA 11 AL DIA 18			DEL DIA 18 AL DIA 27			DEL DIA 27 AL DIA 40			DEL DIA 40 AL DIA 47		
SUELO 1	SUELO 2	SUELO 3	SUELO 1	SUELO 2	SUELO 3	SUELO 1	SUELO 2	SUELO 3	SUELO 1	SUELO 2	SUELO 3
43,794	7,441	46,160	5,772	15,905	58,443	19,959	16,289	42,481	80,515	57,840	861,937
12,935	7,294	41,342	2,377	10,875	38,309	14,356	15,928	30,650	47,826	28,089	52,761
12,094	6,960	40,199	2,377	8,683	24,081	18,799	15,364	26,221	46,755	27,844	44,173
10,387	6,880	31,332	2,146	2,586	21,684	52,602	14,202	23,378	44,651	17,034	38,223
10,319	5,285	28,643	1,894	1,308	19,970	18,607	13,559	20,879	42,327	12,602	36,575
9,613	5,164	28,311	1,319	1,295	17,180	13,734	12,963	18,126	39,241	11,659	33,008
9,288	5,012	25,410	0,684	1,144	15,189	13,568	12,948	17,712	34,859	11,527	27,844
9,244	4,500	24,834	0,304	0,904	14,418	9,038	11,192	16,139	34,018	10,518	26,917
9,111	3,774	20,961	0,298	0,869	8,926	12,796	9,661	14,576	33,333	6,497	25,639
7,251	3,147	20,473	0,246	0,769	8,383	23,242	9,372	14,096	28,064	4,994	20,060
5,112	2,842	18,492	0,224	0,000	3,156	12,621	7,495	12,200	27,176	4,115	15,704
3,710	2,163	17,875	0,210	-0,896	2,743	30,762	6,131	12,087	23,860	4,058	11,874
3,602	2,045	17,145	0,177	-1,323	2,065	9,199	5,298	10,206	23,131	3,826	6,693
3,202	1,162	12,411	3,000	-2,273	0,824	14,318	3,359	9,892	22,312	3,404	6,183
2,603	0,904	12,075	5,000	-2,708	0,744	37,647	0,602	9,368	19,444	2,191	0,200
1,153	0,000	5,237	6,000	-5,725	0,667	8,502	-1,949	3,094	13,096	2,023	-0,596

YUCA											
DEL DIA 11 AL DIA 18			DEL DIA 18 AL DIA 27			DEL DIA 27 AL DIA 40			DEL DIA 40 AL DIA 47		
SUELO 1	SUELO 2	SUELO 3	SUELO 1	SUELO 2	SUELO 3	SUELO 1	SUELO 2	SUELO 3	SUELO 1	SUELO 2	SUELO 3
5,918	6,556	10,720	2,802	-0,460	81,757	9,098	1,968	2,849	7,023	3,391	1,092
7,880	3,980	8,396	0,654	-2,465	59,379	15,377	2,982	18,723	5,683	16,224	39,881
7,995	1,763	46,953	4,816	1,669	11,213	8,628	6,238	16,358	11,094	15,817	67,264
4,233	2,625	5,065	-4,223	1,898	83,780	1,806	9,754	33,271	15,377	10,808	70,513
5,936	9,313	7,829	-0,548	0,410	57,688	7,597	8,680	27,104	6,411	8,622	57,175
5,882	10,453	9,663	0,887	0,663	6,719	7,085	9,429	15,212	18,837	9,316	9,028
9,001	11,031	5,680	-3,450	2,155	18,537	15,840	1,058	13,491	3,923	9,469	5,894
9,938	1,435	7,330	0,413	0,602	8,999	13,250	7,782	12,276	23,961	8,515	4,748
3,972	3,551	11,640	2,207	13,669	14,446	17,531	6,647	13,668	25,521	6,860	0,693
5,890	6,817	14,706	-0,504	-11,261	8,339	16,605	24,420	22,204	9,317	2,545	15,835
9,495	5,030	13,305	-3,125	0,300	7,657	8,094	6,390	13,229	2,348	3,437	26,945
4,734	6,406	35,940	0,470	2,780	-3,530	9,377	4,992	3,245	6,790	-4,053	16,861
7,920	5,525	5,917	-0,454	1,401	25,495	13,669	4,897	14,664	17,145	3,550	4,035
5,384	5,618	11,546	0,804	3,206	9,966	9,581	24,766	12,519	7,774	8,998	10,903
3,116	4,353	7,193	2,277	1,276	13,733	9,402	14,628	33,953	0,312	14,112	2,098
1,388	3,013	5,401	2,664	4,926	6,661	13,025	2,797	10,657	13,694	5,587	16,069

ANEXO H. Tabla de materia orgánica

Punto	Código	Profundidad muestra (cm)	pH húmedo	Conductividad húmeda (µs/cm)	DENSIDAD APARENTE Y HUMEDAD (CILINDRO)				DATOS DERIVADOS				INGRESO DATOS PARA CALCULOS						
					P. SUELO HUMEDO (g)	P. SUELO SECO EST. 105 °C (g)	V. CILINDRO (cm ³)	HUMEDAD (%)	Densidad aparente (g/cm ³)	Peso muestra seca, luego de estufa 24h, 105 °C sin humedad ni	Peso muestra calcinada, luego de mufla, 360 °C, 2h (sin humedad ni	Materia orgánica (g)	Materia orgánica (%)	peso de la canast a a suelo seco (g)	peso de la canast a a suelo húmedo (g)	peso de la canast a a suelo tamizado puesto en cistal que ha sido	peso del cistal a despu es de 24 h en la mufla	peso de cistal+ muestr a	peso de cistal+ muestr a luego de 2h 360 °C
1	P. N. ESPOCH	30	8,12	114,8	142,1448	83,73	23,8487	1,5841	4,9617	4,8457	0,1160	2,3	4,3263	186,661	147,0117	5,0076	42,1976	47,1930	47,0433
2	San Andrés	30	8,36	130,7	133,2836	94,42	14,6316	1,4752	4,9715	4,3246	0,0463	0,9	4,7439	163,273	144,0335	5,027	42,216	47,1835	47,1426
3	Río Chimborazo	30	8,17	106,7	151,5473	93,89	13,3100	1,6141	5,0301	4,3365	0,0936	1,3	4,3039	176,0335	156,4632	5,0693	26,8264	31,8955	31,7629



epoch

**Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje**

**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL**

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 22 / 06 / 2023

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Dariana Stefania Cellán Gómez Miguel Angel Caluña Chela
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería Ambiental
Título a optar: Ingeniero Ambiental
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Rafael Inty Salto Hidalgo

0893-DBRA-UPT-2023