

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA AMBIENTAL



TESIS

“Evaluación de la biodegradabilidad en bioplásticos a partir de almidón de olluco (*Ullucus tuberosus*) mediante la técnica de compostaje”

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA
AMBIENTAL**

AUTORA: Mallqui Berrospi, Andrea Melody

ASESOR: Cabrera Montalvo, Abrahams Moises

HUÁNUCO – PERÚ

2023

U

D

H



UDH
UNIVERSIDAD DE HUANUCO
<http://www.udh.edu.pe>

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

- Tesis (X)
- Trabajo de Suficiencia Profesional ()
- Trabajo de Investigación ()
- Trabajo Académico ()

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Biotecnología y Nanotecnología

AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Biotecnología Industrial

Disciplina: Bioproductos, Biomateriales, Bioplásticos, Biocombustibles, Materiales nuevos bioderivados

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título

Profesional de Ingeniera ambiental

Código del Programa: P09

Tipo de Financiamiento:

- Propio (X)
- UDH ()
- Fondos Concursables ()

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 73600809

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 71034553

Grado/Título: Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental

Código ORCID: 0000-0003-2052-0081

DATOS DE LOS JURADOS:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Cajahuanca Torres, Raúl	Maestro en gestión pública	22511841	0000-0002-5671-1907
2	Cámara Llanos, Frank Erick	Maestro en ciencias de la salud con mención en: salud pública y docencia universitaria	44287920	0000-0001-9180-7405
3	Valdivia Martel, Perfecta Sofía	Maestro en ingeniería con mención en: gestión ambiental y desarrollo sostenible	43616954	0000-0002-7194-3714



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO(A) AMBIENTAL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 16:00 horas del día 17 del mes de abril del año 2023, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron el sustentante y el **Jurado Calificador** integrado por los docentes:

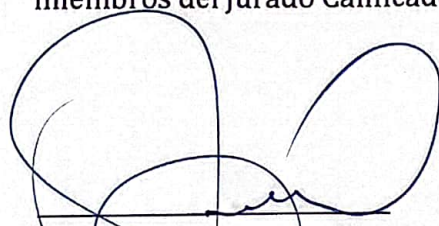
- Mg. Raúl Cajahuanca Torres (Presidente)
- Mg. Frank Erick Cámara Llanos (Secretario)
- Mg. Perfecta Sofía Valdivia Martel (Vocal)

Nombrados mediante la **Resolución N° 818-2023-D-FI-UDH**, para evaluar la Tesis intitulada: **"EVALUACIÓN DE LA BIODEGRADABILIDAD EN BIOPLÁSTICOS A PARTIR DE ALMIDÓN DE OLLUCO (*Ullucus tuberosus*) MEDIANTE LA TÉCNICA DE COMPOSTAJE"**. presentado por el (la) Bach. **MALLQUI BERROSPI, ANDREA MELODY**, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Ambiental.

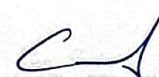
Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) **APROBADA** por **UNANIMIDAD** con el calificativo cuantitativo de **17** y cualitativo de **Muy Bueno** (Art. 47)

Siendo las **17:00** horas del día **17** del mes de **ABRIL** del año **2023**, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.



Mg. Raúl Cajahuanca Torres
ORCID: 0000-0002-5671-1907
Presidente



Mg. Frank Erick Cámara Llanos
ORCID: 0000-0001-9180-7405
Secretario



Mg. Perfecta Sofía Valdivia Martel
ORCID: 0000-0002-7194-3714
Vocal

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

Yo, **CABRERA MONTALVO ABRAHAMS MOISES**, asesor(a) del PA de **INGENIERÍA AMBIENTAL** y designado(a) mediante documento: **RESOLUCIÓN N° 233-2022-D-FI-UDH DEL 03 DE FEBRERO DE 2022** de la (los) egresada **MALLQUI BERROSPI ANDREA MELODY**, de la investigación titulada **“EVALUACIÓN DE LA BIODEGRADABILIDAD EN BIOPLÁSTICOS A PARTIR DE ALMIDÓN DE OLLUCO (*Ullucus tuberosus*) MEDIANTE LA TÉCNICA DE COMPOSTAJE”**.

Puedo constar que la misma tiene un índice de similitud del **21%** verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 19 de abril del 2023



CABRERA MONTALVO ABRAHAMS MOISES

DNI N° 71034553

Código Orcid N° 0000-0003-2052-0081

TESIS

ORIGINALITY REPORT

21 %
SIMILARITY INDEX

21 %
INTERNET SOURCES

3 %
PUBLICATIONS

11 %
STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	repositorio.lamolina.edu.pe Internet Source	2 %
2	www.repositorio.usac.edu.gt Internet Source	2 %
3	repositorio.udh.edu.pe Internet Source	2 %
4	repository.udistrital.edu.co Internet Source	2 %
5	hdl.handle.net Internet Source	1 %
6	repositorio.uss.edu.pe Internet Source	1 %
7	distancia.udh.edu.pe Internet Source	1 %
8	repositorio.unas.edu.pe Internet Source	1 %
9	dspace.esPOCH.edu.ec Internet Source	1 %



Apellidos y Nombres: Cabrera Montalvo
Abrahams Moises DNI N°: 71034553 Código
ORCID N° 0000-0003-2052-0081

DEDICATORIA

En primer lugar, agradezco a Dios por brindarme salud y sabiduría para seguir alcanzando mis metas. A mis padres y abuelos por ser los pilares fundamentales de lo que soy, así como su incondicional apoyo a través del tiempo.

Toda esta investigación ha sido posible gracias a ellos.

AGRADECIMIENTOS

Al ver la palabra agradecimiento no puedo dejar de pensar en la Universidad de Huánuco, siendo la institución a la que agradezco mi formación y enseñanza y la satisfacción de haber convivido con el mejor plantel de docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental que fueron un claro ejemplo de apoyo y conocimientos.

Agradecer a mis padres y abuelos por apoyarme incondicionalmente en mis decisiones y ayudarme a no desistir nunca en este recorrido.

A la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Huánuco, por el apoyo al brindarme las instalaciones del Laboratorio de Química para el desarrollo de la parte experimental de la presente investigación.

Al Mg. Abrahams Cabrera Montalvo, asesor de tesis respectivamente, por su asesoría brindada desde los inicios de la investigación.

Al Mg. Elmer Riveros Agüero, por su gentil apoyo, así como brindando su asesoría en la Elaboración de los bioplásticos, en el Laboratorio de Química.

Al Mg. Carlos Ballarte Zevallos, por su apoyo técnico y asesoría brindada en las pruebas y evaluación de los bioplásticos, en las instalaciones del Laboratorio de Física y Estructuras en la Universidad Nacional Hermilio Valdizán.

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva por su apoyo en la evaluación de la biodegradabilidad de los bioplásticos en el Laboratorio de Suelos.

Así como a todas aquellas personas que de una u otra manera colaboraron para la culminación del presente trabajo de investigación.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
ÍNDICE	IV
ÍNDICE DE TABLAS.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE ANEXOS.....	X
RESUMEN.....	XI
ABSTRACT.....	XII
INTRODUCCIÓN.....	XIII
CAPÍTULO I.....	15
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	15
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	15
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	18
1.2.1. PROBLEMA GENERAL	18
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	18
1.3. OBJETIVO GENERAL.....	19
1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	19
1.5.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA.....	19
1.5.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA	20
1.5.3. JUSTIFICACIÓN SOCIAL	20
1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	20
1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	21
CAPITULO II.....	22
MARCO TEÓRICO.....	22
3.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	22
3.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	22
3.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES.....	25
3.1.3. ANTECEDENTES LOCALES.....	27
2.2. BASES TEÓRICAS	28

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	41
2.4. HIPÓTESIS.....	43
2.5. VARIABLES.....	44
2.5.1. VARIABLE EVALUATIVA.....	44
2.5.2. VARIABLE DE CALIBRACIÓN	44
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	45
CAPÍTULO III	46
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	46
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	46
3.1.1. ENFOQUE.....	46
3.1.2. ALCANCE O NIVEL.....	46
3.1.3. DISEÑO.....	47
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	47
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS	49
3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	49
3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS.....	66
3.3.3. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS ...	66
CAPÍTULO IV	67
RESULTADOS.....	67
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS	67
CAPÍTULO V	87
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	87
CONCLUSIONES.....	91
RECOMENDACIONES.....	92
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	93
ANEXOS.....	102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de Variables	45
Tabla 2 Muestra de Bioplásticos a partir del almidón de Olluco (Ullucus tuberosus).....	48
Tabla 4 Diseño de Experimentación de Bioplásticos	53
Tabla 5 Caracterización del Compost.....	63
Tabla 6 Técnicas e Instrumentos para la Recolección de Datos	66
Tabla 7 Resultados del almidón obtenido de la extracción del olluco (Ullucus tuberosus).....	67
Tabla 8 Acondicionamiento de muestras para el Ensayo de Dureza	70
Tabla 9 Resultados del Ensayo de Dureza Muestra 1 – M1	71
Tabla 10 Resultados del Ensayo de Dureza Muestra 2 – M2.....	72
Tabla 11 Resultados del Ensayo de Dureza Muestra 3 – M3.....	73
Tabla 12 Resultados del Ensayo de Dureza Muestra 4 – M4.....	74
Tabla 13 Resultado total del Ensayo de Dureza de las M1, M2, M3 y M4	75
Tabla 14 Resultados del Ensayo de Tracción y Elongación en bioplásticos.	76
Tabla 15 Resultados Ensayo Físico: Peso y Grosor	78
Tabla 16 Cantidad de CO ₂ generado por compost en proceso de biodegradación de bioplásticos a tres días de incubación	80
Tabla 17 Cantidad de CO ₂ generado por compost en proceso de biodegradación de bioplásticos a siete días de incubación.....	80
Tabla 18 Cantidad de CO ₂ generado por compost en proceso de biodegradación de bioplásticos a catorce días de incubación	81
Tabla 19 Cantidad de CO ₂ generado por bioplástico más compost en proceso de biodegradación a tres días de incubación	81
Tabla 20 Cantidad de CO ₂ generado por bioplástico más compost en proceso de biodegradación a siete días de incubación.....	82

Tabla 21 Cantidad de CO ₂ generado por bioplástico más compost en proceso de biodegradación a catorce días de incubación.....	82
Tabla 22 Cantidad total de CO ₂ generado por el compost y bioplástico en proceso de biodegradación en los 14 días de ensayo	82
Tabla 23 Cantidad de CO ₂ generado por el compost y bioplástico en los 45 días de biodegradación total.....	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Acondicionamiento de muestras para el ensayo de dureza.....	56
Figura 2: Equipo acondicionado para el ensayo de dureza	56
Figura 3: Funcionamiento y resultados de la prueba	57
Figura 4: Materiales de Ensayo de Tracción y Elongación	58
Figura 5: Ensayo acondicionado de Tracción y Elongación.....	59
Figura 6: Ensayo acondicionado de Tracción y Elongación.....	59
Figura 7: Medidas Ensayo de Elongación	60
Figura 8: Peso de los bioplásticos en balanza digital.....	60
Figura 9: Medida del grosor con Vernier electrónico.....	61
Figura 10 Extracción del almidón.....	67
Figura 11 Resultados del almidón obtenido de la extracción del olluco (<i>Ullucus tuberosus</i>).....	68
Figura 12 Bioplásticos elaborados.....	69
Figura 13 Resultados del Ensayo de Dureza Muestra 1 – M1	71
Figura 14 Resultados del Ensayo de Dureza Muestra 2 – M2	72
Figura 15 Resultados del Ensayo de Dureza Muestra 3 – M3	73
Figura 16 Resultados del Ensayo de Dureza Muestra 4 – M4	74
Figura 17 Resultado total del Ensayo de Dureza de las M1, M2, M3 y M4 ...	75
Figura 18 Resultados del Ensayo de Tracción y Elongación en bioplásticos	77
Figura 19 Resultados Ensayo Físico: Peso y Grosor	78
Figura 20 Cantidad total de CO ₂ generado por el compost y bioplástico en proceso de biodegradación en los 14 días de ensayo	83
Figura 21 Cantidad de CO ₂ generado por el compost y bioplástico en los 45 días de biodegradación total.....	84
Figura 22 Porcentaje de biodegradabilidad de los bioplásticos ensayados ..	85
Figura 23 Apariencia física de las muestras al inicio del ensayo	86

Figura 24 Apariencia física de las muestras al final del ensayo.....	86
--	----

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 01 Matriz de Consistencia	103
Anexo 02 Flujograma del Trabajo de Investigación.....	104
Anexo 03 Diagrama de Causas y Efectos.....	105
Anexo 04 Diagrama de Medios y Fines.....	106
Anexo 05 Recolección de Datos.....	107
Anexo 06 Plano de Ubicación y Localización	110
Anexo 07 Panel Fotográfico	111
Anexo 08 Resultados Muestra de Compost.....	119

RESUMEN

La presente investigación “Evaluación de la biodegradabilidad en bioplásticos a partir de almidón de olluco (*Ullucus tuberosus*) mediante la técnica de compostaje”, tuvo como objetivo evaluar la biodegradabilidad de bioplásticos elaborados a partir de almidón de olluco (*Ullucus tuberosus*) en un sistema controlado de compostaje. La metodología se dividió en tres etapas: Extracción del almidón de olluco, elaboración de bioplásticos a nivel laboratorio y evaluación de su biodegradabilidad en referencia a la norma ISO 17556. En la primera se utilizó la metodología de decantación para extraer el almidón de olluco de manera óptima. En la segunda se elaboraron los bioplásticos a partir del almidón extraído, se adicionaron agua, glicerol, y ácido acético, asimismo se evaluaron las características físicas y mecánicas de los bioplásticos, propiedades de dureza, tracción y elongación. En la última etapa se cuantifico la biodegradabilidad en referencia a la ISO 17556. Se determinaron los resultados para la etapa uno, de 12 kg de olluco procesado se obtuvieron 60g de almidón en polvo fino, para la etapa dos, se determinó una dureza de 1.830 kg/cm², un esfuerzo máximo de tracción de 0.5047 kg/cm² y un porcentaje de elongación del 10%; por último, se determinó una biodegradabilidad del 83% en 45 días. En conclusión, se logró evaluar la biodegradabilidad de los bioplásticos, indicando que el bioplástico dos presento un alto nivel de biodegradación del 83% a los 45 días y el bioplástico tres demostró mejores propiedades de resistencia y flexibilidad, para ser utilizado en futuros campos de investigación y aplicación.

Palabras clave: Bioplástico, olluco (*Ullucus tuberosus*), almidón, biodegradación, ISO 17556.

ABSTRACT

The present investigation "Evaluation of biodegradability in bioplastics from olluco (*Ullucus tuberosus*) starch using the composting technique", had the objective of evaluating the biodegradability of bioplastics made from olluco (*Ullucus tuberosus*) starch in a controlled system. of composting. The methodology was divided into three stages: Extraction of olluco starch, preparation of bioplastics at the laboratory level and evaluation of their biodegradability in reference to the ISO 17556 standard. In the first, the decantation methodology was used to extract olluco starch in a optimal. In the second, the bioplastics were made from the extracted starch, water, glycerol, and acetic acid were added, and the physical and mechanical characteristics of the bioplastics, hardness, traction, and elongation properties were also evaluated. In the last stage, the biodegradability was quantified in reference to ISO 17556. The results for stage one were determined, from 12 kg of processed olluco 60g of fine powdered starch were obtained, for stage two, a hardness of 1,830 was determined. kg/cm², a maximum tensile stress of 0.5047 kg/cm² and an elongation percentage of 10%; finally, a biodegradability of 83% was determined in 45 days. In conclusion, it was possible to evaluate the biodegradability of bioplastics, indicating that bioplastic two presented a high level of biodegradation of 83% at 45 days and bioplastic three demonstrated better resistance and flexibility properties, to be used in future fields of research. and application.

Keywords: Bioplastic, olluco (*Ullucus tuberosus*), starch, biodegradation, ISO 17556.

INTRODUCCIÓN

La presente tesis titulada “Evaluación de la biodegradabilidad en bioplásticos a partir de almidón de olluco (*Ullucus tuberosus*) mediante la técnica de compostaje”, se ejecutó con el fin de generar una alternativa sustentable al problema ambiental más destacado en la actualidad: la problemática de la lenta degradación de los productos plásticos; elaborando un bioplástico en base a una fuente orgánica que puede ser biodegradado completamente.

En la presenta investigación se expuso como objetivo evaluar la biodegradabilidad de los bioplásticos elaborados a partir de almidón de Olluco (*Ullucos tuberosus*) en un medio de compostaje, demostrando un material sustentable para ser usado como alternativa a los materiales plásticos; reduciendo la contaminación ambiental. Para realizar esta investigación se elaboraron cuatro películas de bioplásticos con almidón de olluco extraído y se evaluó su biodegradabilidad capturando el dióxido de carbono liberado durante el proceso de biodegradación en sistemas controlados de compostaje.

La invetigación representa un valor importante, ya que hoy en día, a nivel mundial se buscan nuevas medidas frente al problema socioambiental más significativo debido a la contaminación de grandes cantidades de materiales plásticos derivados del petróleo. Por lo que se busca reducir este impacto negativo generando una nueva alternativa con insumos que, si son renovables, siendo un impacto positivo para la conservación del ambiente.

Además de que el producto orgánico utilizado como fuente de almidón es producida en las zonas altas de nuestra región; cuyo consumo no es masivo, por lo que no es un riesgo su disponibilidad como alimento, sino una oportunidad para otorgarle un nuevo valor agregado a este tubérculo.

Este informe cuenta con cinco capítulos, es así que en el capítulo I se expresa el problema de la investigación, la formulación del problema, los objetivos, así como la justificación, limitaciones que se presentaron en la ejecución, y finalizando con la viabilidad de la investigación; por otro lado en

el capítulo II se muestran los antecedentes relacionados con la investigación, las bases teóricas, las definiciones conceptuales para fundamentar la investigación, las variables y por últimos el cuadro de operacionalización de variables para mayor detalles de los indicadores; asimismo en el capítulo III se determina la metodología, donde se precisan el tipo, alcance y diseño de la investigación, la población y muestra del estudio, las técnica e instrumentos de recolección de datos que sirvieron para la ejecución del proyecto; seguidamente en el capítulo IV se presentan los resultados mediante tablas y graficas que precisan los datos obtenidos; y por último en el capítulo V se expresan las discusiones y análisis de los resultados. Asimismo, se concluye el informe con las conclusiones y recomendaciones, la bibliografía revisada y los anexos.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

A nivel mundial, el impacto medioambiental debido a la contaminación por la presencia de grandes cantidades de materiales plásticos es muy significativo, ya que la contaminación plástica y sus consecuencias en el medio ambiente terrestre y marino no son nada nuevo, se remonta a décadas. Nuestras playas contienen una gran cantidad de plástico que destruye la biodiversidad marina y tiene un impacto enorme en los animales que viven en estas playas (aves, mamíferos, entre otros), obligándonos a implementar acciones trascendentales.

En la actualidad es complicado no depender de los plásticos, no solamente por ser útil, sino por su gran desempeño económico en diversos sectores y aplicaciones; esto lo demuestran las cifras alarmantes de uso de plástico en el Perú, donde se expresa que al año se utilizan aproximadamente 30 kilos por ciudadano, desatando una de las principales problemáticas de acumulación de estos materiales, causando una significativa contaminación ambiental y riesgos para la salud de las personas. (Chinchayhuara, y Quispe, 2018)

En el Perú, es muy necesario entender el uso masivo del plástico, porque según estimaciones, se suman 3 mil millones de bolsas plásticas cada año. Pero esto solamente no es un problema al bienestar de vida de la población, ya que además vemos un impacto enorme en la fauna del territorio nacional debido a que en el 2015 se reportó que el 90% de las aves marinas habían ingerido plástico. (MINAM, 2017).

En cuanto a la gestión de la disposición de los residuos, en el Perú se generan distintos manejos como la incineración, rellenos sanitarios, botaderos y el reciclaje. De las cuales solo una cuarta parte se convierte en productos con mayor vida útil gracias al reciclaje, mientras que las otras

disposiciones generan incertidumbres como los humos contaminantes y la acumulación de desechos, esta última ocasionando la multiplicación de vectores (insectos, roedores y otros) que transmiten enfermedades. (OCEANA, 2016)

En cuanto a la degradación de los plásticos, se convierte en el problema fundamental de esta investigación, ya que para un plástico convencional que este proceso se dé es necesario un aproximado de 400 años a más, aun así, no lográndose degradar por completo, y convirtiéndose en pequeñas partículas de plástico, acumulándose excesivamente en el ambiente. (García, 2015)

Actualmente la sociedad en la que vivimos, está estrechamente relacionada con el consumismo, nuestras vidas se han visto obligadas a utilizar productos innecesarios, principalmente plásticos, siendo su insumo base el petróleo, un recurso no renovable muy sobreexplotado. Así pues, lo más conveniente es hacer el menor uso posible de los recursos no renovables y sustituirlos por aquellos que sí lo son, asimismo reduciendo la problemática industrial en cuanto al petróleo. (García, 2015)

Por otro lado, los problemas regionales de Huánuco en la gestión de residuos sólidos son preocupantes, ya que cada día se transportan alrededor de 100 toneladas diarias al vertedero de Huánuco, entre ellos los materiales plásticos, donde no son dispuestas adecuadamente, ya que una poca cantidad llegan a puntos de reciclaje porque deben recogerse, trasladarse y limpiarse antes del procesamiento, lo cual es caro; por lo cual se acumulan a cielo abierto generando distintos vectores (insectos, roedores y otros) que transmiten enfermedades. (DIRESA HCO, 2016)

De igual forma Manrique, (2016), nos dice que, en Huánuco, la inadecuada gestión para la disposición de estos residuos ha generado su esparcimiento alrededor de las calles en los distintos distritos, representando una grave contaminación ambiental y sanitaria; que nos obliga a tomar decisiones determinantes de acuerdo a la normativa correspondiente para caracterizar y reducir estos desechos.

Según RPP Noticias, (2017), el uso excesivo que se le está dando a los materiales plásticos viene afectando uno de nuestros principales ríos en la región: El Huallaga. El comisionado de una organización, expreso que el anterior año se retiraron 19 toneladas de plásticos de este río y en los primeros cuatro meses del presente año se retiraron 5 tn de plásticos, que llevaron a que se produzcan alteraciones de las funciones ecológicas, reducción de la diversidad biológica, así como la contaminación a los cauces bajos. Viendo esto podemos darnos cuenta que la problemática de los materiales plásticos abarca perjudicando hasta uno de nuestros recursos hídricos más importantes para subsistir. Por esta cuestión se buscó una alternativa más sostenible y amigable con el ambiente: siendo estos los bioplásticos elaborados a partir de una fuente orgánica y su importancia de ser biodegradables, demostrando ser una mejor opción a favor del bienestar de vida de la población, así como la preservación de nuestro ambiente.

Según Labeaga Viteri, (2018) “Los biopolímeros, tienen las características físicas y químicas para poder sustituir a los plásticos sintéticos, el más empleado es el almidón que tiene dos macromoléculas amilo- asa y amilo pectina”. Convirtiéndose en la mejor alternativa al problema de los polímeros sintéticos utilizados actualmente, la cual la mayor parte son sintetizados a partir del petróleo, generando consecuencias por ser fuente de energía de origen fósil y de carácter no renovable, además de ser este su mayor campo de uso.

Debido a esto Pimentel y Piscoya, (2017), nos manifiestan que en base a toda la problemática actualmente de los materiales plásticos acumulados y principalmente por su tiempo de degradabilidad, los bioplásticos nos brindan muchas ventajas cuando los comparamos con los sintéticos convencionales, y más en el contexto de la necesidad de tecnologías más limpias y sostenibles, ya que se degradan totalmente en sustancias que no alteran significativamente al ambiente.

Por esto, el olluco (*Ullucus tuberosus*) de la familia *Basellaceae*, en especial de las variedades *Muru lisa* y *Bela api chuccha* producidas en las zonas altas de nuestra región de Huánuco, tienen un potencial económico y

de investigación que actualmente no se aprovecha, como su considerable contenido de almidón, siendo la fuente orgánica principal de estos bioplásticos. Además de brindarle un nuevo valor agregado a este tubérculo, al no ser de consumo masivo como fuente de alimento.

Por esa cuestión en esta investigación se elaboró bioplásticos a partir de una fuente orgánica: olluco (*Ullucus tuberosus*) a nivel de laboratorio y se evaluó su biodegradabilidad con la técnica del compostaje. De esta manera, aportando una nueva alternativa sostenible, amigable con el ambiente utilizando compuestos orgánicos, ajustándose perfectamente a las nuevas necesidades industriales y sociales.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cómo se da la biodegradabilidad en bioplásticos elaborados a partir de almidón de Olluco (*Ullucus tuberosus*) mediante la técnica de compostaje?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

¿La metodología de extracción del almidón a partir del Olluco (*Ullucus tuberosus*) es eficiente?

¿De qué manera se da la elaboración de los bioplásticos a partir del almidón de olluco (*Ullucus tuberosus*) y que propiedades presentan?

¿En cuánto tiempo se da la biodegradación de los bioplásticos mediante un sistema controlado de compostaje, evaluando las condiciones físicas de desintegración del material y la liberación de CO₂ en referencia a la norma ISO 17556?

1.3. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la biodegradabilidad en bioplásticos elaborados a partir de almidón de Olluco (*Ullucus tuberosus*) mediante la técnica de compostaje.

1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Evaluar la metodología elegida en la extracción del almidón de Olluco (*Ullucus tuberosus*).

Elaborar cuatro películas de bioplásticos a partir del almidón de olluco (*Ullucus tuberosus*) y caracterizar las propiedades del material.

Determinar el tiempo de biodegradación de los bioplásticos mediante un sistema controlado de compostaje, evaluando las condiciones físicas de desintegración del material y la liberación de CO₂ en referencia a la norma ISO 17556.

1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La contaminación por los plásticos derivados del petróleo es un problema complicado de tratar en el Perú, debido a la elevada cantidad de plásticos utilizados diariamente y su acumulación masiva por el bajo nivel de degradabilidad que muestra. Nuestra capacidad de recuperar y dar un destino adecuado al plástico es muy limitada ya que, apenas hemos sido capaces de reciclar el 9% de residuos plásticos que hemos generado.

1.5.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

En esta investigación se propone la aplicación de un compuesto orgánico que contiene almidón: el Olluco (*Ullucus tuberosus*) de la familia *Basellaceae*, en especial de las variedades *Muru Lisa* y *Bela api chuccha* producida en las zonas altas de nuestra región de Huánuco, para obtener un biopolímero que cumpla con la función de ser biodegradable, es decir que se degrade en un tiempo menor a los

plásticos derivados del petróleo, sin dañar al ambiente y que no genere acumulación. (Villalta, 2018)

1.5.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

La implementación de los bioplásticos se impulsa por distintos factores, entre los cuales está el alto precio de las resinas derivadas del petróleo y la conciencia de los consumidores sobre su necesidad de protección ambiental. Los bioplásticos mejoran la posibilidad de eliminación y reciclaje, logrando reducir la carga de residuos existentes sobre el ambiente. Demostrando un enfoque de un proceso práctico, económico, y de un alto rendimiento. (Quipuzco y Meza, 2019)

1.5.3. JUSTIFICACIÓN SOCIAL

La gestión de residuos sólidos en el Perú es un asunto que nos obliga a mejorar cuanto antes. La aplicación de los bioplásticos como alternativa sustentable ayudará a contrarrestar, en los sucesos rutinarios de ver por las avenidas montículos de basura, la acumulación de desechos plásticos en las aguas superficiales, daños económicos y sociales que impiden el desarrollo del país. (Villalta, 2018)

1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

En el proceso de la investigación se pueden presentar las posteriores limitaciones:

Podemos decir que descienda la producción del olluco (*Ullucus tuberosus*), un tubérculo rico en nuestra región, por temporadas no aptas para la producción afectando la proporción del almidón para la elaboración de bioplásticos.

Otro factor externo sería el tiempo en cuanto a la recolección de datos por la presencia de una dificultad en la evaluación, desempeñando un factor limitante para que se dé a cabo el proyecto en el tiempo premeditado.

1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación reunió las características y condiciones necesarias para poder llevarse a cabo. Se contaron con los recursos humanos, financieros y materiales necesarios, lo que hizo factible esta investigación.

Disponibilidad de Tiempo:

El desarrollo de la elaboración de los bioplásticos se realizará en un periodo de tiempo corto, promedio de tres días; siendo la fase de biodegradabilidad la de mayor tiempo, con duración de 2 – 3 meses.

Práctica:

Se cuentan con los recursos necesarios para la experimentación y evaluación de los bioplásticos.

Humanos:

La elaboración y biodegradabilidad de los bioplásticos se realizará con mínimo recurso humano.

Económicos:

La recolección y análisis de muestras serán cubiertas íntegramente por el investigador.

En resumen, la investigación es viable debido a que las características que reúne el proyecto cumplen con la ejecución de las finalidades y objetivos, logrando una estrategia que busca consolidar los esfuerzos realizados.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

3.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Villalta, (2018), universitario de San Carlos de Guatemala, desarrollo un trabajo de investigación titulado: *“Evaluación de la biodegradabilidad de diferentes formulaciones de un bioplástico sintetizado, a partir del almidón obtenido de la cáscara de mango (mangifera indica l.) a escala laboratorio”*, en donde como objetivo se buscó evaluar según las propiedades físicas del preparado bioplástico su biodegradabilidad en diferentes formulaciones, cambiando la cantidad de los adicionantes del polímero. Esta prueba paso a desarrollarse a través de dos métodos, de una biodegradabilidad a la intemperie y otra biodegradabilidad por agua, que consistió en colocarlo al aire libre y en agua durante 30 días; además, de evaluar las características mecánicas de la tensión y dureza del polímero extraído a través de las normas ASTM D 638-89 y ASTM D 2240-86, respectivamente. Como resultado al poner las soluciones a la intemperie y agua por un tiempo de un mes, se dedujo que, al entrar en contacto con el agua es en donde se reduce más el peso de la fórmula. Y en lo que es los resultados de biodegradación por la metodología de intemperie se consiguió valores dentro de una categoría entre 1,330 % y 3,150 %; entre tanto, en el método de contacto con el agua, la categoría de biodegradación se dio entre 14,25 % y 15,58 %. Como conclusión del estudio tenemos que usando las tres soluciones fabricadas a base del almidón de la cáscara de mango se alcanzó sintetizar un bioplástico con un periodo de degradación alrededor de 30 días, y designar una probabilidad de funcionamiento del almidón de la cáscara de mango de 66,91 %.

Ruiloba, Li, Quintero y Correa, (2018), estudiantes de Panamá, sustentaron su investigación “Fabricación de bioplástico a base del almidón de las semillas de mango”, donde debido al uso excesivo de plásticos y su impacto negativo en el medio ambiente se busca como objetivo principal implementar alternativas de desarrollo sustentable, promoviendo la indagación y el desarrollo de nuevos materiales eco amigables. Su método consistió en de separar el almidón que se encuentra en las semillas del mango inmaduro, que tiene propiedades comparables al almidón de otras fuentes, para producir plásticos biodegradables con glicerina como plastificante; esto fue posible con el método de casting, donde se promueve el rompimiento de cadenas de amilopectina en un vaso químico con almidón; asimismo se determinó el contenido de Amilosa y Amilopectina, realizándose conforme al método descrito por G. Hassan, donde se pasó a pesar almidón de semilla de mango verde y agua en proporciones de 1:3 (m/v). Se agregó 1 mL vinagre blanco comercial (5% acidez). Se adicionó glicerina (1mL/g almidón) como plastificante. Se agregó una gota de colorante vegetal rojo. Se agitó la mezcla continuamente mientras se calentaba hasta que ocurriera la gelatinización. Luego después de bajar su temperatura, se colocó la mezcla sobre un vidrio reloj engrasado para evitar la adherencia. Como resultado el método tuvo un rendimiento de 4.67%, siendo una décima parte menor a comparación con el producido por Nawab (58%). Esta situación puede ocurrir por la falta en el método de obtención, que debe ser mejorado. Asimismo, puede influenciar en la fase de maduración de los mangos, ya que en la presente investigación se trabajó con el mango verde. En conclusión, este bioplástico fabricado resultó que, si contiene la capacidad para que se siga utilizando la semilla de mango verde como una fuente de almidón, en comparación de otros almidones convencionales, además de que Panamá es un gran productor de esta fruta por lo que es un eficiente aprovechamiento de este recurso.

Álvarez (Bogotá, 2019), se basó en la “*Evaluación de la Biodegradabilidad de una Película de Plástico de Biopolímero*

Sintetizado a Partir de Xiloglucano de Tamarindo”. En su campo de investigación, tuvo como objetivo evaluar la biodegradación de una película de plástico sintetizada a partir de xiloglucano de tamarindo y acrilato de etilo a partir de un sistema de compostaje en condiciones controladas de laboratorio. Se uso como método de estudio 5 biorreactores tanto para las muestras como para los controles, haciendo mediciones muestrales de gases específicos, de la misma forma se determinó la biodegradación a través de la pérdida de masa, las condiciones físicas de desintegración de material y el grado de biodegradabilidad por liberación de CO₂ de la muestra experimental de xiloglucano de tamarindo a través de un método de prueba bajo condiciones controladas de compostaje en biorreactores, así como la realización de la caracterización de los organismos agentes de la biodegradación presentes en el sistema controlado de compostaje, los biorreactores a partir del aislamiento, descripción de morfología celular y colonial, clasificación de Gram, perfil de enzimas y conteo bacteriano. Como resultado se obtuvo que el tiempo de biodegradación fue de 18 días, con pérdida de masa del 40.34%; también se pudo determinar los microorganismos esenciales utilizados en la biodegradación a través de una siembra primaria en agar sangre y Sabouraud; de la misma forma el intercambio gaseoso, la retención de humedad, la actividad microbiana, estabilización de la temperatura y la movilidad de nutrientes; resultó siendo favorable para el crecimiento microbiano, pues regula el metabolismo energético de las células y la actividad enzimática; correspondiendo a una cantidad de carbono adecuada para la obtención de energía por los microorganismos y para incorporarlo a su estructura celular. En conclusión, se pudo determinar que la biodegradabilidad de los materiales es una propiedad que está dada por la disposición de los compuestos en las moléculas de los polímeros, su estructura química o el tipo de enlaces presentes, con las condiciones adecuadas que presenta el medio, en este caso el sistema de compostaje, en el que son liberados para que las gentes degradantes puedan desintegrarlos y assimilarlos.

3.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Escribano, (2020), estudiante de la Universidad de Sipán en Pimentel, desempeño una investigación sobre el “*Desarrollo y caracterización de un bioplástico a partir de Cáscara de Maracuyá (Passiflora edulis)*”, con el objetivo de obtener un bioplástico a partir de cáscara de maracuyá y como aditivo plastificante la glicerina. De esta manera la metodología consistió en la incorporación de glicerina a partir de 25%. La incorporación de glicerina redujo la absorción de agua en los bioplásticos. Es así que el bioplástico elaborado 100% cascara de maracuyá expreso las mejores propiedades mecánicas de tracción y elongación, en comparación con la que tenían glicerina. El espesor fue aumentando con la agregación de la glicerina, y el bioplástico hecho con cascara de maracuyá demostraron ser más resistentes y menos flexibles, la formulación basada en una mezcla de cascara de maracuyá y glicerina obtuvo resultados de ser menos resistentes a la tracción y elongación. Como resultado el bioplástico tenía alto contenido de absorción de agua y buenas propiedades mecánicas. Cumpliendo con la Norma UNEEN 13432:2001.33 se obtuvo que en el día 43 perdió el 93% de masa inicial en compostaje, demostrando ser un producto biodegradable. Los resultados mostrados nos muestran una alternativa para dar valor agregado a los residuos agroindustriales, en la elaboración de bioplásticos para diferentes aplicaciones industriales

Meza, (2016), llevo a cabo otro proyecto de investigación en la Universidad Nacional Agraria de la Molina, cuyo tema denominado fue: “Elaboración de bioplásticos a partir de almidón residual obtenido de peladoras de papa y determinación de su biodegradabilidad a nivel de laboratorio”, donde como objetivo fabricaremos un bioplástico en el laboratorio de la papa "Yungay", y determinar su biodegradación de acuerdo al ISO 17556: 2012. Por esta cuestión se siguió una metodología dividida en tres categorías: donde inicialmente se realizó la obtención del almidón a través de la decantación trabajando con el residuo, de la misma manera añadiendo antioxidantes y cambiando la

variabilidad de la temperatura. En la siguiente etapa se usó otro método basado en una hidrólisis del almidón consiguiendo polimerizarlo, incluyendo la suma de diversos plastificantes así como el agua y glicerol, de la misma forma también se evaluaron las distintas propiedades físicas y mecánicas de los bioplásticos elaborados con diferentes porciones de aditivos para determinar el más fuerte bioplástico, por lo que pasaron a hacer pruebas de tracción y elongación indicando las variabilidades en los distintos niveles que dan a entender la creación de vínculos específicos del determinado bioplástico; y ya como paso final se dio la utilización del compost para una adecuada degradabilidad. El estudio tuvo como resultados en la primera etapa un dato porcentual de 89.8% de semejanza según el espectro valorado con respecto al otro espectro a base de almidón soluble, y ya como segunda fase paso a observarse que los estudios de tracción y elongación indicando un esfuerzo máximo de 1.47 MPa y una elongación máxima de 19.99%, y ya en la última etapa dio como resultado que el bioplástico logro alcanzar un 64.21%. Por último, se concluyó que el método más eficaz en la fabricación del bioplástico más fuerte se encuentra conformado por 5 ml de glicerina, 3 ml de ácido acético, 10 g de almidón, 60 ml de agua destilada y pasa a ser fabricado a 150°C; de tal manera que la biodegradabilidad aeróbica tomando como antecedente la Norma ISO 17556:2012 nos llegan a señalar que el bioplástico resultante nos muestra un mayor nivel de biodegradación llegando a un valor de 64.21% en 92 días.

Salgado y Herrera, (2020)., estudiantes de la Universidad de Lambayeque, realizan otra investigación denominada: *“Análisis de la Sostenibilidad para la producción de bioplásticos a partir de los residuos de Musa Balbisiana y Zea Mays”*. Busca como objetivo proporcionar un análisis retrospectivo de la sostenibilidad de la producción de bioplásticos, que se elaboran con residuos de Musa Balbisiana y Zea Mays, existiendo evidencia de que se degradan por completo sin dañar el medio ambiente. Según la investigación como metodología de extracción del almidón se utilizó la de Montiel y Romero

en el 2015, de selección y entrega de productos, limpieza de materia prima, reducción del tamaño, secado y pesado, para luego pasar a la metodología de Castillo con adición de la solución anti pardeamiento, rayado del endocarpio y deshidratación, así también para verificar si en efecto se estaba consiguiendo el almidón se procedió a colocar gotas de yodo sobre muestras del producto. Así se concluyó que la investigación mostró que la producción de bioplásticos es sostenible debido a la cantidad de almidón que contiene los núcleos de las cañas Balbisiana y Zea Mays y su rápida degradación tienen buena resistencia, lo que también se debe al número de materias primas, que permitirá alcanzar la producción de bioplásticos.

3.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

García, (2022)., estudiante de la UNAS, nos expresa en su tesis “Obtención de empaques biodegradables a partir del almidón de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) y maíz (*Zea mays*)”, la elaboración de películas biodegradables que pueden sustituir a los materiales plásticos convencionales a partir de almidón de yuca y el almidón de maíz. Se realizaron 8 tratamientos de los cuales 4 tratamientos con 20% de glicerina y 4 tratamientos con 40% de glicerina ambos con proporciones de almidón de yuca y maíz. Las propiedades mecánicas del bioplástico elaborado se mostraron deficientes frente a un plástico convencional como la tensión de 0.3133 MPa y 0.2500 MPa correspondientes a los tratamientos T5 y T8 respectivamente y como el espesor obteniendo 0.16mm, mientras que, si demostró ser biodegradable y tener resistencia térmica comprobado por los termogramas DSC y TGA.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. MECANISMO DE BIODEGRADABILIDAD

La desintegración de un material biodegradable en el medio ambiente puede ser mediante tres mecanismos:

- Biodegradabilidad
- Degradabilidad
- Compostabilidad

2.2.1.1. BIODEGRADABILIDAD

Consiste en la descomposición de las sustancias y los materiales orgánicos en sustancias más sencillas debido a la actividad enzimática de microorganismos, como bacterias, algas y hongos, lo cuales producen cambios químicos en la estructura del material. De esta manera logramos un proceso biológico completo, dándose una transformación total de las sustancias orgánicas iniciales en moléculas inorgánicas simples como agua, dióxido de carbono y metano. (Ecozema, 2012 - 2020).

2.2.1.2. DEGRADABILIDAD

Villalta, (2018), nos dice que se conoce como la capacidad por descomposición química o biológica de un material. La degradabilidad de un material depende principalmente de su estructura química y las condiciones a las cuales el material se encuentre.

La palabra “degradable” sólo significa que algo se rompe; produciéndose por este efecto en pequeñas piezas como de un plástico. En una cuestión de años, es posible que las piezas puedan ser lo suficientemente pequeñas como para ser asimiladas por los microorganismos, pero todavía hay una gran cantidad de investigación que se necesita hacer para verificar cuánto tiempo podría tomar este proceso. Por esta situación es mejor emplear la biodegradabilidad de los materiales sintéticos. (Rodríguez, 2012)

2.2.1.3. COMPOSTABILIDAD

Este proceso se conoce como oxidación biológica, siendo la capacidad de un material orgánico de transformarse en compost mediante el proceso de compostaje. De esta forma, conduce a la producción de una mezcla de materia orgánica, logrando ser un óptimo fertilizante, ya que contiene muchas sustancias orgánicas y microorganismos útiles para el suelo. La aportación de sustancia orgánica mejora la estructura del terreno y la biodisponibilidad de nutrientes, contribuyendo así a una mejor conservación de nuestros suelos. (Acosta, Solís, Villegas y Cardoso, 2013)

2.2.2. BENEFICIOS DE MATERIALES BIODEGRADABLES

Cualquier tipo de material cuenta con la capacidad de biodegradarse si se le da el tiempo suficiente, pero necesariamente cuando nos enfocamos en los materiales biodegradables nos referimos a aquellos que tienen la facultad de biodegradabilidad alta en un plazo relativamente corto. (Bejarano, 2018)

Un beneficio muy importante de los materiales biodegradables es que, tras su degradación, no quedan residuos. La reducción de la huella de carbono es el principal motivo por el que optar por los materiales biodegradables, ya que es una eficiente alternativa sustentable que beneficia al medio ambiente. Pueden llegar a desaparecer al ser compostados y biodegradados, regresando al medio ambiente en forma de los elementos que los componían. (Bejarano, 2018)

2.2.3. BIODEGRADABILIDAD AERÓBICA

Aimplas, (2020), nos dice que: Este proceso se da con la fractura de un agregado orgánico debido a la actuación de los microorganismos que tengan presencia de oxígeno en el dióxido de carbono, así como en el agua y distintas sales minerales de diferentes elementos presentes en el proceso y hasta en biomasa nueva.

2.2.4. PLÁSTICOS BIODEGRADABLES Y COMPOSTABLES

Los materiales biodegradables no necesariamente tienden a ser compostables, pues un material es biodegradable si la degradación ocurre como resultado de la acción de microorganismos y el material sufre descomposición en materia orgánica y minerales. Por esta cuestión, los plásticos compostables solo son degradables por los procesos biológicos en condiciones específicas (humedad, temperatura y tiempo) que ocurren durante el compostado y se convierten en dióxido de carbono, biomasa. (Rodríguez, 2012)

2.2.5. BIODEGRADACIÓN DE BIOPLÁSTICOS

Según Bejarano, (2018), “Los bioplásticos son biodegradables porque son obtenidos a partir de materias primas renovables como el almidón, debido a su disponibilidad en la naturaleza y bajo costo”.

Remar, (2011), nos dice “Son componentes que logran desarrollar una adecuada descomposición aeróbica o anaeróbica por medio de microorganismos bajo ciertos lineamientos que se dan de forma natural”.

2.2.6. PELÍCULAS BIODEGRADABLES

Entre los materiales que se pueden utilizar para desarrollar envases sustentables alimentarios, se descubrió una película biodegradable. Siendo estas una alternativa verde para reemplazar a los polímeros sintéticos convencionales que en la actualidad están generando un impacto ambiental grande. Para mejorar la eficiencia de los materiales tradicionales, se ha determinado la utilidad de estas películas por sus propiedades mecánicas y de barrera, dependiendo de su microestructura y composición. (López, 2011)

2.2.7. POLÍMEROS

Según lo explica Villalta, (2018), la característica de un polímero es una macromolécula con unidades repetidas en toda la molécula, llamada monómero. La combinación de monómeros crea una estructura reiterada en el polímero. La combinación de las diferentes moléculas de este monómero se realiza secuencialmente para crear un polímero adecuado, creando así una estructura molecular de enlaces continuos que están conectados por enlaces covalentes, además de que los monómeros pueden ser tanto de cadena como ramificados.

Por otro lado, Billmeyer, (1975), en su libro *“Ciencia de los Polímeros”*, nos expresa que los polímeros se convierten en moléculas grandes que se construyen repitiendo pequeñas unidades químicas simples. En algunos casos, la repetición es lineal y deformada, similar a cómo una cadena. O sino en otras ocasiones, las cadenas se encuentran ramificadas o interconectadas, creando una red tridimensional.

2.2.7.1. POLÍMEROS NATURALES

Mucho antes de la existencia de plásticos y polímeros sintéticos, la naturaleza utilizaba polímeros naturales para hacer posible la vida. La forma en que pensamos sobre los polímeros naturales es diferente de la forma en que pensamos sobre los polímeros sintéticos, porque no podemos considerar los polímeros naturales como nuestros milagros ingenuos y las empresas químicas no pueden venderlos con grandes beneficios. Sin embargo, esto no reduce la importancia de los polímeros naturales. De hecho, son más importantes en muchos sentidos. Los polímeros naturales incluyen ARN y ADN que son esenciales para los genes y los procesos vitales, ya que, por cierto, el ARN mensajero posibilita la existencia de proteínas, péptidos y enzimas; las cuales ayudan a las reacciones químicas internas de los organismos vivos, y los péptidos constituyen algunos de los componentes estructurales más interesantes. (Lon, 1995)

2.2.7.2. POLÍMEROS SINTÉTICOS

Estos son obtenidos de manera artificial. Estos polímeros se elaboran con funciones específicas, por lo cual presentan características detalladas. La mayoría de estos polímeros sintéticos se obtienen del petróleo. Aproximadamente el 4 % de la producción mundial de petróleo es dirigido a la elaboración de polímeros. Este proceso se lleva a cabo mediante un agrietamiento y reforma, donde se obtienen moléculas simples, como etileno y benceno a partir de las cuales comienza la síntesis de polímeros. (Villalta, 2018)

2.2.8. BIOPLÁSTICOS

Llegan a ser los materiales obtenidos de fuentes renovables. Dado que los polisacáridos tienen un gran potencial para formar películas biodegradables, la mejor alternativa es obtenerlo de ellos como la patata, celulosa y quitosano. Obtener bioplásticos a partir de proteínas es una buena opción porque son hidrófilos. También se pueden obtener a partir de lípidos porque son hidrófobos y se pueden usar para formar compuestos que tienen un efecto de barrera sobre la humedad como las ceras. También se pueden usar otros tipos de polímeros, por ejemplo, quitina y lignina. Además, los bioplásticos al cumplir con las mismas características que los plásticos convencionales como: flexibilidad, resistencia, ductilidad y capacidad de barrera a la humedad, tienden a ser una mejor alternativa viable de reemplazo. (Rímac, 2019)

2.2.9. CLASIFICACIÓN DE BIOPLÁSTICOS

Según Iñiguez y Castillo, (2011), los bioplásticos se llegan a clasificar según su proceso de fabricación:

- a) Primero los polímeros destituidos específicamente de la biomasa: así como los polisacáridos como el almidón y la celulosa.
- b) Como segunda clasificación se encuentran los polímeros formados por síntesis química clásica empleando monómeros biológicos de bases renovables, como el ácido poliláctico (PLA), poli ácidos glicoles (PGA) y policaprolactonas (PCL).
- c) Y ya como ultima clasificación tenemos a los polímeros formados por distintos microorganismos, como las bacterias creadoras nativas o alteradas genéticamente.

2.2.10. TIPOS DE BIOPLÁSTICOS

Los tipos de bioplásticos se dividen en dos grupos de investigación, en el primer grupo contamos con bioplásticos a partir de recursos renovables, estos recursos provienen de las biomasas; y ya en el segundo grupo, sintetizamos bioplásticos a través de la biotecnología. (Remar, 2011)

Por otro lado, los tipos de bioplásticos son: polímeros a base de almidón, ácido poliláctico, polihidroxialcanoato, parte de base biológica, policaprolactona, alcohol Polivinilo. (Avella, Vlieger, Fischer y Errico, 2005)

2.2.11. BIODURABILIDAD

Capacidad de un material para resistir el intento del cuerpo de destruirlo o rechazarlo. La producción de un material debe resistir de acuerdo a sus aditivos físicos y mecánicos una degradación extensiva y conservar sus propiedades físicas. De esta manera viendo el tiempo de permanencia del producto sin deteriorarse. (Meza, 2016)

2.2.12. PLASTIFICANTE

Los plastificantes llegan a ser materiales de baja volatilidad que se añaden a los polímeros para aumentar su flexibilidad, elasticidad y fluidez en la masa fundida. La mayoría de los plastificantes son líquidos orgánicos de alto punto de ebullición, que tienen como función reducir la temperatura de transición vítrea del plástico a una temperatura más baja que en aplicaciones prácticas. Los plastificantes también se pueden usar como portadores de plastisoles y organosoles, y como portadores de pigmentos y otros aditivos. Algunos plastificantes proporcionan estabilidad térmica, a la luz y retardante de llama. (Meza, 2016)

2.2.13. ENZIMAS INVOLUCRADAS EN LA DEGRADACIÓN DEL ALMIDÓN

Bernal y Martínez, (2006), nos explican que la degradación del almidón involucra la asociación temporal de los gránulos con muchas enzimas. El primer paso en este proceso debe ser catalizado por una enzima capaz de actuar en la superficie semicristalina del gránulo. Aunque existen varias enzimas capaces de degradar los gránulos de almidón in vitro la única enzima que se ha encontrado que puede hacerlo en planta es la amilasa; esta endoenzima hidroliza los enlaces glicosídicos en polímeros de glucanos.

2.2.14. OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICOS A TRAVÉS DE POLISACÁRIDOS

Rímac, (2019), nos explica que cuando se usan polisacáridos, debido a que el almidón tiene el potencial de formar una película biodegradable, tiene una relevancia de gran importancia, por lo que tiene un bajo costo, alta disponibilidad y se considera renovable. En cuanto a la degradación anaeróbica del polisacárido, es muy lenta en comparación con la aeróbica. El acetato de celulosa es un derivado de

este polisacárido, que se convierte en un material termoplástico amorfo durante la producción, lo que lo hace resistente y rígido.

2.2.15. ADITIVOS

Existen otros aditivos los cuales agregaran características especiales a los polímeros. (Villalta, 2018)

2.2.15.1. AGENTES ESPUMANTES

Al adicionar el presente aditivo espumante, se obtienen variaciones en la densidad, conductividad térmica, propiedades mecánicas.

Se emplean para generar las estructuras celulares en los polímeros, que tenga proporciones de celdillas de gas, ya sean que estén abiertas o cerradas, dependiendo siempre y cuando de las propiedades del material.

2.2.15.2. RELLENOS

Se utilizan para potenciar las propiedades mecánicas de dureza, resistencia, rigidez y tenacidad. Los rellenos más frecuentes son la sílice, carbonato de calcio y la arcilla.

2.2.16. ALMIDÓN

Tanto el almidón como la fécula son materias primas de origen vegetal, sólidas y generalmente en polvo. Esta molécula compleja se encuentra presente en tallos, granos y tubérculos y es allí donde radica la diferencia entre estos dos términos. De esta misma manera nos manifiesta que el almidón es un carbohidrato complejo digerible (polisacárido) derivado de los glucanos. Está compuesto por cadenas de glucosa con estructura lineal o ramificada. Constituye la reserva energética de las verduras. El almidón se deriva principalmente de maíz,

trigo, arroz, patatas y fécula de yuca. Asimismo, si viene de un tubérculo, se les llama almidón, si procede de cereales, almidón. Las propiedades del almidón dependen del producto y la variedad de almidón extraído. (Castells, 2009)

2.2.17. AMILOPECTINA

La amilopectina es una molécula grande de alto peso molecular, es mucho más rica que la amilosa y representa aproximadamente el 75% del almidón. Algunos almidones están hechos solo de amilopectina y se denominan almidones cerosos. Al tener un alto peso molecular, hace que baje la presión osmótica y puede atravesar el proceso rápidamente, mucho más rápido que otras moléculas como el azúcar o la maltodextrina. (Villaalta, 2018).

2.2.18. PROPIEDADES DEL ALMIDÓN

Según como lo expresa: Meneses, Corrales y Valencia, (2007), el almidón contiene propiedades diferentes según se necesite:

2.2.18.1. GELATINIZACIÓN

Ocurre en un rango de temperatura estrecho, que varía según la fuente de almidón. Por ejemplo, el almidón de tapioca se gelatiniza en agua a una temperatura de 60°C a 67°C. Esto se debe al hinchamiento de las moléculas de almidón debido a la penetración del agua en su estructura molecular. La viscosidad de la mezcla depende de la concentración del almidón y la absorción de agua. Cuando se produce la gelatinización, los gránulos de almidón hinchados ocupan un espacio vacío. (Meneses, Corrales y Valencia, 2007)

2.2.18.2. RETROGRADACIÓN

Después de la gelatinización, en el momento en que se detiene el calentamiento y se inicia la fase de enfriamiento, la viscosidad aumenta nuevamente y se produce el llamado fenómeno de retrogradación. Esta se define como el aumento espontáneo del orden, es decir, la reorganización de los enlaces de hidrógeno y la reorientación de las cadenas moleculares. (Meneses, Corrales y Valencia, 2007)

2.2.18.3. TRANSICIÓN VÍTREA

Se refiere al cambio en las propiedades del polímero causado por el calor y, a medida que aumenta la temperatura, pasa de sólidos quebradizos a flexibles. La temperatura a la que se produce este fenómeno se denomina temperatura de transición vítrea y afectará varias propiedades del polímero, la rigidez de la cadena, la presencia de cristales y el aumento de partes amorfas. (Meneses, Corrales y Valencia, 2007)

2.2.18.4. DESESTRUCTURACIÓN

Incluye la transformación de gránulos cristalinos de almidón en una matriz homogénea de polímeros amorfos, acompañada de la ruptura de los enlaces de hidrógeno entre las moléculas de almidón y la despolimerización parcial de las moléculas. Este proceso se puede producir aplicando energía al almidón. (Meneses, Corrales y Valencia, 2007)

2.2.19. AISLAMIENTO Y PURIFICACIÓN DEL ALMIDÓN

Este procedimiento se logra colocando los distintos tubérculos pelados, depurados y picados, luego ser juntado con la misma medida de agua en un equipo triturador, y luego mezcle en una determinada aceleración media en el periodo de un minuto, para luego filtrar la sustancia homogénea por medio de un filtro, re suspender el excedente en dos cantidades de agua destilada y reiterar el proceso consiguiendo

alcanzar un filtrado claro, señalando que se ha extraído la mayor cantidad de almidón. El filtrado se centrifugó a 2000 r.p.m. durante 15 minutos en una centrífuga y retirar todo el sobrenadante. Luego, todo el excedente restante debe lavarse repetidas veces con 10 ml de agua destilada para suprimir otras sustancias del momento. Finalmente, simplemente lo pasamos a través de la malla y luego lo almacenamos a temperatura ambiente. (Araujo, Rincón y Padilla, 2004)

2.2.20. FERMENTACIÓN DEL ALMIDÓN

Viene a tratarse de un proceso natural que se lleva a cabo mediante la descomposición del almidón de bacterias del ácido láctico en condiciones anaeróbicas, muy adecuado para su uso en tubérculos extremadamente perecederos porque se puede conservar y convertir en almidón fermentado. (Alarcón y Dufour, 1998)

2.2.21. MODIFICACIÓN QUÍMICA DEL ALMIDÓN

Peñaranda, Perilla y Algecira., (2008), opinan que la modificación química del almidón está directamente relacionada con la reacción de hidroxilo del polímero de almidón. Mediante la reacción del éter, la formación de ésteres, la oxidación y la hidrólisis de hidroxilo son algunas modificaciones químicas adecuadas para el almidón. El grado de sustitución está relacionado con la modificación química y representa el número medio de sustituciones por unidad de anhidroglucosa en el almidón.

2.2.22. AMILOSA

La amilosa se considera un polímero lineal formado por cadenas de glucosa unidas por enlaces de α -1,4, representando el 20-30% de los gránulos de almidón en los órganos de almacenamiento y el 4-20% de los gránulos en las hojas. Su peso molecular es de aproximadamente 105-106. La ubicación exacta de la amilosa en los gránulos aún no es concluyente, pero se ha sugerido que se encuentra principalmente en

áreas con menor cristalinidad, es decir, la parte amorfa. Además, los estudios realizados en patatas y arroz pueden reducir la expresión de los gránulos de almidón producidos por el ARN antisentido, y el contenido de amilosa de los gránulos de almidón se reduce considerablemente. Estos cereales mutantes se denominan "cerosos" porque causan un endospermo opaco y son más fáciles de degradar, mientras que los almidones de maíz y papa con alto contenido de amilosa son más resistentes. (Bernal y Martínez, 2006)

2.2.23. RESIDUOS ORGÁNICOS

Son residuos biodegradables de origen vegetal o animal, capaces de biodegradar organismos producidos en ambientes domésticos y comerciales. La parte orgánica está compuesta principalmente por desechos de alimentos y huertos producidos diariamente por los hogares y establecimientos comerciales, como cáscaras de frutas y verduras, desperdicios de alimentos, desperdicios de pescado, huesos y restos de carne, servilletas o residuos con materia orgánica, residuos de café, huesos de animales, pequeños residuos de poda, manteles de papel como corcho natural, palillos, o bolsitas de té. El 35% de nuestras bolsas de basura están compuestas por materia orgánica, principalmente restos de comida. (Acosta, Solís, Villegas y Cardoso, 2013)

2.2.24. PRODUCCIÓN DE COMPOST

Cardona, Sánchez, Ramírez y Alzate, (2004), expresan en su investigación como se da la producción de la digestión anaeróbica obtenido a partir de residuos orgánicos debe molerse. Agregar bicarbonato de sodio a un pH neutro y manténgalo en este rango durante todo el proceso. El proceso de compostaje que sella el suelo y los residuos orgánicos requiere un promedio de 2 kg de materias primas y el uso manual para mezclar regularmente los residuos. La condición aeróbica, temblando cada dos horas.

2.2.25. TÉCNICAS ANALÍTICAS

Aquí se determina la tecnología de humedad necesaria implementada por el método de reducción de peso. Y el contenido de almidón determinado por el método de Von Asboth, el contenido de azúcar reducido por el método Lane-Eynon y el contenido de etanol obtenido por destilación simple. En 1969, el método Updegraff desarrolló un método cuantitativo para la concentración de celulosa, el contenido de nitrógeno orgánico y el contenido de carbono orgánico. (Cardona, Sánchez, Ramírez y Alzate, 2004).

2.2.26. APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE FUENTE ORGÁNICA

Chavez y Rodríguez, (2016), manifiestan que, en el campo internacional, como se mencionó anteriormente, los métodos de gestión de residuos orgánicos más utilizados incluyen el compostaje y el vermicompostaje. El compostaje es una tecnología en la que la biodegradación de la materia orgánica se transforma en otras formas químicas que componen el compost. Incluida la formación de pilotes con residuos, de aproximadamente 3,0 m de tamaño, Ancho, 2,4 m de largo y 1,5 m de alto, se puede girar o mover de forma continua favoreciendo la entrada de oxígeno y evitando un ambiente aeróbico.

2.2.27. PRECOMPOSTEO

Viene a ser el periodo previo de compostaje para cambiar los residuos sólidos orgánicos en abonos, en las cuales sus características físicas, químicas y biológicas intervienen directamente en el mejoramiento del suelo y en el crecimiento de las plantas; sin embargo, involucra un mayor tiempo y gasto de insumos, lo que puede significar una desventaja, por lo que es necesario establecer el tiempo necesario de precompostaje para que los residuos orgánicos puedan emplearse como sustrato. Normalmente el precomposteo de 0 a 2 semanas

favorece la reproducción y el de 3 a 7 semanas favorece el crecimiento individual. (Acosta, Solís, Villegas y Cardoso, 2013)

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

ALMIDÓN: Sustancia blancuzca, incolora e insípida, con diferente tamaño y forma de partícula, que abunda en otras feculentas, como los cereales. Consta de cadenas de glucosa con estructura lineal (amilosa) o ramificada (amilopectina), constituyendo una reserva energética. (Castells, 2009)

BIODEGRADACIÓN: Capacidad de un material de ser biodegradado. Es un proceso natural en el que un material por acción biológica, cambia y en general pierde sus propiedades originales. Resultado de los procesos de digestión, metabolización de un compuesto orgánico llevado a cabo por microorganismos, todo compuesto sintetizado biológicamente. (Bejarano, 2018)

BIOMASA: Materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía. El origen de la energía de la biomasa puede ser tanto animal como vegetal y puede haber sido obtenida de manera natural o proceder de transformaciones artificiales. (García, 2015)

BIOPLÁSTICO: Es el término usado para describir materiales plásticos derivados de sustancias naturales, a diferencia de los plásticos convencionales, derivados del petróleo. Medida de reducción al problema de los desechos plásticos contaminantes, siendo 100% degradables, igual de resistentes y versátiles, ya empleándose en distintos sectores. (Iñiguez y Castillo, 2011)

COMPOSTAJE: Proceso de transformación natural de los residuos orgánicos para obtener compost, un abono natural que sirve para aportar nutrientes a la tierra. La descomposición se da por los insectos

y microorganismo para transformarse en nutrientes para las plantas. El hombre ha utilizado este proceso natural acelerándolo para su beneficio dando lugar al compostaje. (Acosta, Solís, Villegas y Cardoso, 2013)

DECANTACIÓN: Consiste en la separación del componente más denso, del líquido menos denso, por acción de la gravedad. Se deja reposar la mezcla en un recipiente y de esta forma, el componente más denso desciende por acción de la gravedad hacia la parte inferior y el componente menos denso permanece en la parte superior. (Villalta, 2018)

OLLUCO: El olluco (*Ullucus tuberosus*) de la familia *Basellaceae* es uno de los cultivos más extendidos en el Perú, se encuentra en constante proceso de expansión agrícola debido a su demanda por la gran versatilidad que tiene para la gastronomía, así como por su resistencia a muchas plagas y la poca necesidad de pesticidas. La región Huánuco contiene las variedades principales de *Muru Lisa* y *Bela api chuccha*. (León, 2014)

PLÁSTICO: Es el término para describir una gama amplia de materiales sintéticos o semisintéticos, que tienen la propiedad de ser maleables y por tanto pueden ser moldeados en objetos sólidos de diversas formas. Conformados por resinas, proteínas y distintas sustancias, que llegan a ser muy modificables en cuanto a su estructura con solo una compresión y temperatura. (García, 2015)

POLÍMERO: Compuesto orgánico, que puede ser de origen natural o sintético, con alto peso molecular, formado por la unión de un gran número de moléculas de bajo peso molecular, denominadas monómeros. Así mismo, la reacción por la que se forman es la reacción de polimerización. (García, 2015)

REACCIÓN: Es todo proceso termodinámico en el cual dos o más sustancias, se transforman cambiando su estructura molecular y sus enlaces, en otras sustancias denominadas productos. Manera en la cual un objeto o individuo se comporta ante un estímulo concreto. (Raviolo, Garritz y Sosa, 2011)

RESIDUOS ORGÁNICOS: Residuos biodegradables de origen vegetal o animal, susceptibles de degradarse biológicamente generados en el ámbito domiciliario y comercial. Conjunto de desechos biológicos, pútridos y en proceso de descomposición gracias a los microorganismos aeróbicos, que trabajan con el consumo de oxígeno. (Chavez y Rodríguez, 2016)

TERMOPLÁSTICO: Conjunto de materiales que están formados por polímeros que se encuentran unidos mediante fuerzas intermoleculares, formando estructuras lineales o ramificadas. A temperatura ambiente es plástico deformable, se derrite a un líquido cuando es calentado y se endurece en un estado vítreo cuando es suficientemente enfriado. (García, 2015)

2.4. HIPÓTESIS

La presente investigación no cuenta con una hipótesis al ser un estudio analítico, ya que la investigación no expresa la necesidad de afirmar o negar. Así mismo porque el estudio buscara la cuantificación de la relación entre las variables. (Supo, 2020)

De la misma forma esta investigación carece de hipótesis ya que se identifican relaciones potenciales entre variables, y se establecerá una línea general de investigaciones posteriores más rigurosas. (Marka, 2017)

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE EVALUATIVA

Biodegradabilidad

2.5.2. VARIABLE DE CALIBRACIÓN

Muestras de Bioplásticos

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Tabla 1

Operacionalización de Variables

VARIABLE DE CALIBRACIÓN	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADOR	VALOR FINAL	INSTRUMENTO DE INVEST.
Bioplásticos	Los bioplásticos llegan a ser un tipo de plásticos derivados de fuentes biológicas renovables, que fácilmente pueden ser biodegradados.	Elaboración y caracterización de propiedades mecánicas	- Extracción del almidón - Cantidad de insumos - Fuerza de tracción - Dureza - Elongación	- gr - ml - Kg/cm2 - Kg/cm2 - %	Experimentación
VARIABLE EVALUATIVA	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADOR	VALOR FINAL	TIPO DE VARIABLE
Biodegradabilidad	La biodegradabilidad de un polímero es una propiedad que depende de su estructura química, donde se obtiene una transformación total de las sustancias orgánicas iniciales en moléculas inorgánicas simples.	Tiempo de biodegradación	ISO 17556 - Tiempo Parámetros físicos - Textura - Color - Peso Parámetros biológicos - CO2 Parámetros químicos - Humedad - Temperatura - pH	- Días - Observacional - Observacional - Balanza analítica - mg - Grados - °C - pH metro	Experimentación Observacional

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La siguiente investigación es aplicada descriptiva, por realizarse una evaluación experimental, además que, en el estudio se examina dos variables analíticas. Según la planificación de las mediciones de las variables del estudio, el estudio viene a ser prospectivo, ya que se trabajó con datos primarios. (Supo y Zacarías, 2020).

De la misma forma, conforme con el número de mediciones de la variable de estudio, se tiene que es longitudinal; y así mismo, el estudio cuenta con intervención en vista de que se manipularon las variables. (Supo y Zacarías, 2020).

3.1.1. ENFOQUE

Conforme a los objetivos propuestos, así como las variables de estudio, esta investigación viene a ser cuantitativo experimental, ya que los datos fueron obtenidos a partir de la experimentación y el producto final fue evaluado. De la misma forma la intención propuesta fue buscar la exactitud de mediciones con el fin de proporcionar los resultados a situaciones amplias; trabajando conjuntamente con datos cuantificables. (Baptista, Fernández y Hernández, 2010)

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

Según como lo manifiesta Supo y Zacarias (2020), en la investigación se empleó un estudio analítico porque se intervino, proporcionando una alternativa sostenible eficiente, con la finalidad de cumplir con la reducción al problema más significativo de la actualidad en referencia a los materiales plásticos.

3.1.3. DISEÑO

La presente investigación tiene un diseño analítico, prospectivo, longitudinal y con intervención. (Supo y Zacarias, 2020)

De acuerdo al contexto de la investigación, se ha optado por el diseño Experimental, este tipo de estudio implica la recolección de datos en un grupo experimental y un grupo de control, con el objetivo de analizar los datos resultantes en primera instancia y la evaluación final.

- “Diseño Experimental”



LEYENDA

GE: Grupo Experimental

GC: Grupo de Control

OI: Datos de primera estancia

OF: Datos de evaluación final

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.1.1. POBLACIÓN

La población estuvo constituida por el componente orgánico: Olluco (*Ullucus tuberosus*) de la familia *Basellaceae*, en especial de las variedades *Muru Lisa* y *Bela api chuccha* producidas en las zonas altas de nuestra región de Huánuco. Se seleccionó esta población porque son

las proveedoras del compuesto orgánico: almidón, que viene a ser nuestro insumo principal en la elaboración de los bioplásticos.

Resultando una alternativa sustentable al utilizar componentes orgánicos que se biodegraden con facilidad sin causar daños al ambiente, cumpliendo con las características mínimas de un plástico convencional.

3.2.3. MUESTRA

Se trabajó como muestra, con 4 películas (láminas) de bioplástico a partir del almidón de olluco (*Ullucus tuberosus*), evaluando sus distintas experiencias en la elaboración de los bioplásticos, en base a sus características desiguales para mejores resultados.

Se evaluó la biodegradabilidad de las cuatro muestras con un tiempo de secado a 40° en una estufa de laboratorio por 24 horas, como se muestra en el cuadro. (Meza, 2016)

Tabla 2

*Muestra de Bioplásticos a partir del almidón de Olluco (*Ullucus tuberosus*)*

Muestra	Temperatura	Tiempo de secado	Variables de Respuesta
M1	40°	24 horas	Propiedades de flexión Propiedades de tensión Dureza Densidad
M2	40°	24 horas	
M3	40°	24 horas	
M4	40°	24 horas	

Nota: En la tabla se identifican el acondicionamiento de las muestras en su elaboración y las propiedades de respuesta.

Estas condiciones de temperatura fueron empleadas según la metodología seleccionada para la elaboración de los bioplásticos y las evaluaciones respectivas.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Para la recolección de datos en la presente investigación se aplicó la técnica de experimentación y observación acompañado de un cuaderno de campo, donde se registró y evaluó el proceso de elaboración y biodegradación de los bioplásticos.

El instrumento de recolección de datos fue fichas de evaluación, por pruebas realizadas en cada nivel de la investigación.

Durante la ejecución de esta investigación, se recolectaron los datos en distintos laboratorios según las actividades establecidas.

3.3.1.1. UBICACIÓN

La recolección de datos aplicada en esta investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Ingeniería Ambiental de la Universidad de Huánuco. La Universidad de Huánuco está localizada al margen de la carretera central en Huánuco, del distrito de Amarilis, teniendo como una altitud promedio de 1938 m.s.n.m., latitud sur de 09°56'30" y una extensión de 76°14'25". (Arbieto, 2016).

Asimismo se dio lugar en el Laboratorio de Suelos en la Universidad Nacional Agraria de la Selva; que se encuentra ubicada en la ciudad de Tingo María, Provincia de Leoncio Prado en Huánuco, con una altitud de 660 m.s.n.m., a 9.º 17'08 de latitud Sur y 75.º 59'52 de longitud Oeste. (Portal UNAS, 2016)

3.3.1.2. DURACIÓN

La investigación tuvo una duración de 5 meses, iniciando desde el mes de agosto del 2022 hasta el mes de diciembre del 2022.

En la siguiente Tabla 3 se muestra la duración en cada actividad de la investigación.

Tabla 3

Duración de la presente Investigación por Actividades

Actividades			Etapas	Inicio	Término
Actividad 01: Extracción del Almidón de Olluco (<i>Ullucus tuberosus</i>)			E1: Obtención de la materia prima	25/08/2022	14/09/2022
			E2: Procesado	18/09/2022	05/09/2022
			E3: Secado	10/10/2022	17/10/2022
			E4: Almacenamiento	18/10/2022	25/08/2022
Actividad 02: Elaboración de Bioplásticos			E1: Elaboración de los bioplásticos	26/10/2022	29/10/2022
			E2: Ensayo de Tracción	07/11/2022	07/11/2022
			E3: Ensayo de Dureza	11/11/2022	11/11/2022
			E4: Ensayo de Elongación	13/11/2022	13/11/2022
Actividad 03: Evaluación de Biodegradabilidad			E1: Caracterización del Compost	16/11/2022	18/11/2022
			E2: Fase experimental de respiración: Determinación de CO ₂ liberado	18/11/2022	05/12/2022
			E3: Determinación del porcentaje de biodegradación de cada muestra	06/12/2022	20/12/2022

Nota: La ejecución de la investigación se llevó a cabo en tres actividades con fechas de inicio y termino indicando la duración de cada una.

3.3.1.3. EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN

Esta actividad tuvo como objetivo la eficiente extracción del almidón de Olluco (*Ullucus tuberosus*) como fuente orgánica principal para los bioplásticos.

▪ MATERIALES

- 12 kg de Olluco (*Ullucus tuberosus*) variedad *Muru Lisa* y *Bela api chuccha*.
- 01 colador
- 12 vasos precipitados de 600 ml
- 01 varilla de vidrio
- Balanza digital
- Procesador (licuadora)
- Mortero con pilón
- Guantes de látex

▪ MÉTODO

De acuerdo a la investigación realizada por Meza (2016) se obtuvieron mejores resultados en la extracción del almidón por el método de decantación, por esta cuestión se establece este método en el siguiente orden para la extracción del almidón de olluco (*Ullucus tuberosus*):

- Lavado/ pesado: Aquí se quitan todas las impurezas del tubérculo y se realiza el respectivo pesado.
- Pelado: En el proceso de pelado se retira la cascara manualmente con la ayuda de una herramienta filosa.
- Procesado: Reducción y desmenuzado del olluco, por la técnica de trituración.
- Decantación 1: Se disolvió el líquido resultante, luego se dejó decantar por una hora aproximada. Se descartó todo el líquido sobrenadante y se dejó solo el almidón sedimentado.

- Decantación 2: Se añadió agua destilada al procesador para obtener todo el almidón eficientemente y se volvió a decantar por una hora. Se retiró el líquido sobrenadante y se dejó solo el almidón.
- Secado: Se dejó secar el almidón de 24 a 48 horas, hasta tener la consistencia seca adecuada.
- Acondicionado: Se desintegró el almidón seco con ayuda de un mortero, se tamiza por un colador, se pesa y almacena en un recipiente.

Este proceso de extracción fue elegido debido a su eficiente cantidad de almidón obtenido y su aspecto físico.

3.3.1.4. ELABORACIÓN DEL BIOPLÁSTICO

En esta actividad, se siguió una metodología para la elaboración de los bioplásticos y segundo se caracterizaron a los bioplásticos elaborados.

i) MATERIALES

Se empleó almidón de olluco, agua destilada, glicerina, y ácido acético. Se utilizaron placas de vidrio como moldes de los bioplásticos con las medidas de 15x20 cm, y aceite vegetal como antiadherente a los moldes. Asimismo, un agitador magnético con calor térmico de la marca VELP para la preparación de la mezcla, una conservadora de secado de la marca VELP, y otros materiales de laboratorio.

Se utilizó ácido acético con una concentración de 3 al 5%, que vino a ser vinagre blanco de vino de la marca Florida. La acidez del vino está compuesta por distintos ácidos, uno de ellos el ácido acético.

De igual forma se usó glicerina de la marca Alkofarma, siendo este el único insumo de origen químico: el glicerol llega a

ser un alcohol compuesto por tres hidroxilos. Así como también se usó agua destilada de la marca ALKO como elemento universal.

Asimismo, fue utilizado el almidón extraído del olluco de las variedades *Muru lisa* y *Bela api chuccha*.

ii) MÉTODO

De acuerdo a la bibliografía revisada se desarrolló una experimentación tomando como variables la cantidad de insumos utilizados para obtener bioplásticos de un grosor diverso. Se determinaron las cantidades como se indican en la Tabla 4.

Tabla 4

Diseño de Experimentación de Bioplásticos

Bioplástico	Constantes		Variables	
	Ác. Acético (ml)	Glicerina (ml)	Almidón (g)	Agua destilada (ml)
1	5	5	10	60
2	5	5	10	60
3	5	5	20	120
4	5	5	20	120

Nota: En la tabla se muestran los insumos de cantidades constantes y cantidades variables utilizados para la elaboración de los bioplásticos.

Se elaboraron 4 bioplásticos tomando como variables la cantidad de almidón y agua destilada para la obtención de distintos grosores de bioplástico. En cuanto a los factores del ácido acético y glicerina permanecieron con una cantidad constante debido a que es la ideal según el método seguido para proveer las características de resistencia y elasticidad adecuadas.

Se siguió el siguiente método por pasos para la elaboración de bioplásticos tomando como referencia a Meza (2016):

- Pesar los insumos para cada muestra, los 5 ml de glicerina y ácido acético, y la cantidad de almidón y agua destilada que correspondan a la muestra.
- Vaciar la cantidad de agua destilada que corresponda según la muestra en un vaso precipitado y agregar el almidón de olluco, hasta formar una mezcla uniforme.
- Adicionar los 5 ml de glicerina y los 5 ml de ácido acético, mezclar hasta llegar a una solución uniforme.
- Llevar el vaso a un agitador térmico a 500 RPM en 150 °C de temperatura durante un periodo de 6 minutos, luego de este tiempo elevar a 800 RPM por dos minutos, por último, se sube a 1400 RPM hasta que la solución presente una consistencia gomosa.
- Luego untamos aceite en los moldes para un efecto antiadherente, para luego agregar la mezcla del bioplástico esparciéndola uniformemente por todo el molde.
- Con los moldes listos, los pasamos a colocar en una estufa a 40 °C durante 24 horas.

Para más especificación en el ANEXO 7. Luego de obtener todos los bioplásticos se realizaron las pruebas preliminares respectivas en el Laboratorio de Física de la Universidad Nacional Hermilio Valdizan para precisar las pruebas de resistencia de los bioplásticos, se efectuaron las pruebas de dureza, tracción y elongación, posteriormente las pruebas físicas de peso y grosor, se realizaron en el Laboratorio de Estructuras de la Universidad Nacional Hermilio Valdizan.

A) ENSAYO DE DUREZA

Para llevar a cabo los ensayos de dureza se cortó los bioplásticos de forma cuadrangular de una medida de 8 cm por 7 cm por cada película de bioplástico, con la ayuda de un equipo de Analizador de Textura de alta gama del modelo CT3 25K se pasó a realizar el ensayo con 3 repeticiones para cada muestra de bioplástico para un resultado más específico. Se colocaron las muestras por cada bioplástico en una base plana de madera, se ajustó la barra de acero en el punto central y se midió el grado de resistencia que opuso cada bioplástico.

Con la ayuda del Software Texture Pro se logró descifrar la dureza de cada muestra de bioplástico mediante las gráficas resultantes.

- **MATERIALES**

- Muestras de bioplástico
- Tijera
- Regla
- Cuaderno de notas
- Fichas

Figura 1

Acondicionamiento de muestras para el ensayo de dureza: a. Muestras de equivalente medida, b. Tres repeticiones por muestra



(a)



(b)

- **EQUIPOS NECESARIOS**

La figura 2 y 3 muestran el funcionamiento del equipo para el ensayo de dureza.

Figura 2

Equipo acondicionado para el ensayo de dureza: a. Equipo, b. Muestra en el tablero



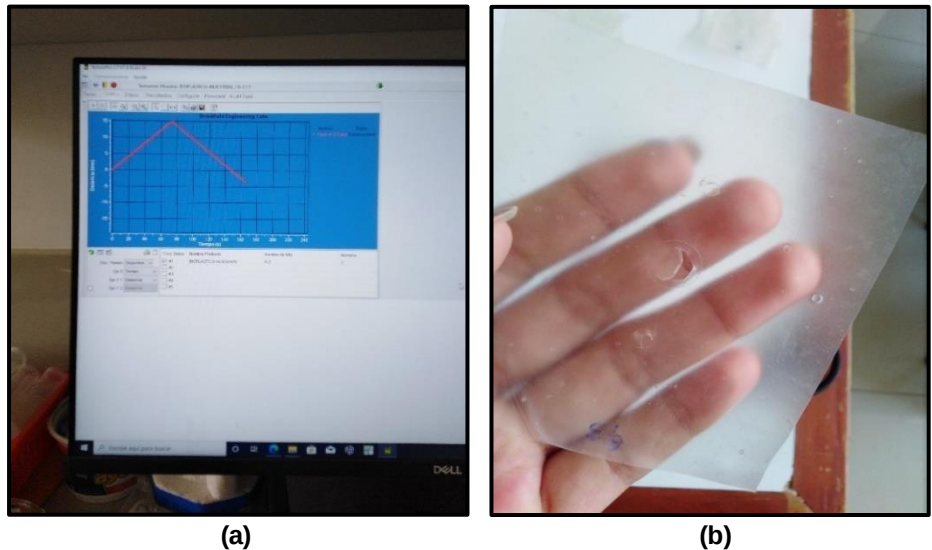
(a)



(b)

Figura 3

Funcionamiento y resultados de la prueba: a. Software del equipo, b. Grado de oposición de la muestra



B) ENSAYO DE TRACCIÓN Y ELONGACIÓN

Para estos ensayos de tensión se sustrajeron 4 tiras rectangulares de 2 cm por 12 cm de las muestras de bioplásticos. Se acondiciono una medición de tracción y elongación para registrar las cargas hasta su punto de ruptura en caso de la tracción, y registrar el estiramiento de los bioplásticos en el caso de la elongación.

Se hicieron el uso de pesas de 150g y 500g de material de acero que fueron pesadas previamente. Se acondicionaron dos sostenedores pequeños en cada extremo de cada bioplástico, luego se colgó el sostenedor superior en una altura estable y en el otro extremo inferior se le empezó añadir peso, cada vez un mayor peso hasta llegar a su punto de ruptura, con mediciones continuas del estiramiento de cada muestra para registrar los datos de su elongación.

- **MATERIALES**

- Muestras de bioplástico
- Tijera
- Regla
- Sostenedores
- Pesas de acero
- Cuaderno de notas

Figura 4

Materiales de Ensayo de Tracción y Elongación: a. Muestras de bioplásticos, b. Pesas de acero de 150 g



(a)



(b)

- **MÉTODO**

La figura 4 y 5 muestran el método acondicionado para el ensayo de tracción y elongación de cada muestra de bioplástico.

Figura 5

Ensayo acondicionado de Tracción y Elongación: a. Peso añadido, b. Bioplástico en tensión

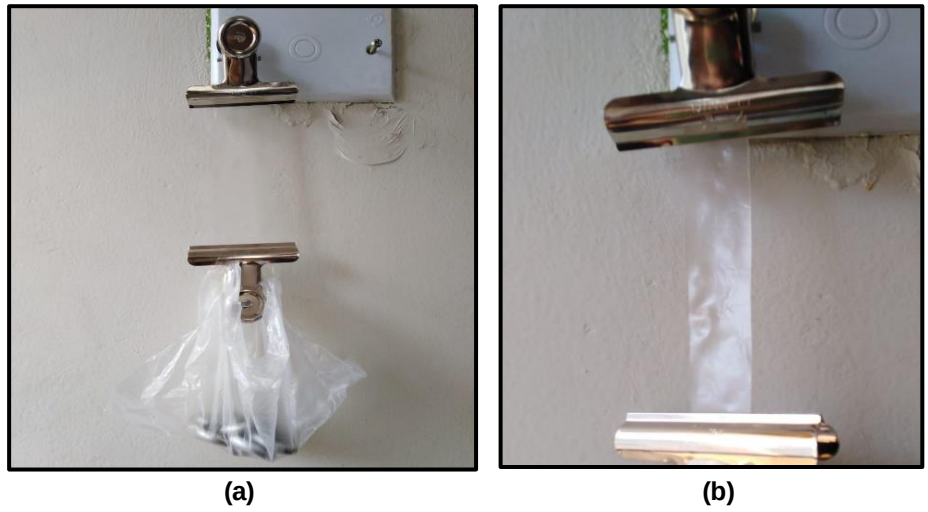


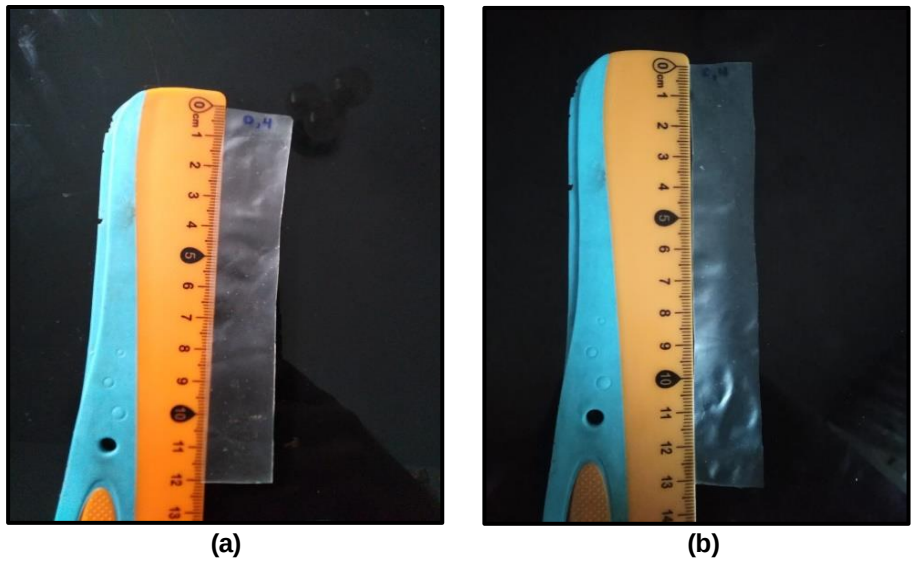
Figura 6

Ensayo acondicionado de Tracción y Elongación: a. Ruptura del bioplástico



Figura 7

Medidas Ensayo de Elongación: a. Medida de muestras de bioplástico, b. Medida de elongación antes del punto de ruptura



C) ENSAYO FÍSICO: PROPIEDADES DE PESO Y GROSOR

Los ensayos siguientes se puntualizaron en las características físicas del bioplástico resultante de la etapa anterior, evaluando sus propiedades externas.

- **PESO:** Se evaluó el peso de las muestras del bioplástico elaborados en la etapa anterior; para ello se hizo el uso de una balanza analítica y se determinó el peso de cada bioplástico.

Figura 8

Peso de los bioplásticos en balanza digital



- **GROSOR:** Viene a expresarse como la anchura del grosor de las muestras de bioplástico que fueron determinadas en milímetros con la utilización de un vernier electrónico.

Figura 9

Medida del grosor con Vernier electrónico



3.3.1.5. EVALUACIÓN DE LA BIODEGRADABILIDAD

En esta actividad, se siguió como objetivo determinar el nivel de porcentaje de biodegradabilidad de las muestras de bioplásticos. El ensayo de biodegradabilidad de los bioplásticos elaborados en la actividad precedente se desarrolló con referencia en la norma ISO 17556. Asimismo, se hizo uso del compost como un medio de degradación para las muestras, con el objetivo de agilizar el proceso de biodegradación y obtener un mejor comportamiento en las evaluaciones de biodegradación.

Se consideraron cuatro sistemas controlados de biodegradación para las cuatro muestras de bioplástico, de la cual se realizaron evaluaciones de tres repeticiones por cada muestra del compost en proceso de biodegradación de los bioplásticos. Asimismo, se evaluaron 4 muestras de compost con una pequeña muestra de bioplástico incorporado de 1.5 cm por 1.5 cm.

Estas evaluaciones se dieron a cabo cuantificando la cantidad de CO₂ producido como resultado de la actividad microbiana en el

proceso de la biodegradación. Se tomaron las evaluaciones de respiración a los 3, 7 y 14 días.

i) MUESTRA DE COMPOST

Se utilizó un compost de 4 a 5 meses de madurez, el cual fue adquirido de un vivero en la ciudad de Huánuco, utilizado como medio de la biodegradación de las muestras, este fue tamizado previamente para separarlo de otros materiales y obtener un compost más fino. Asimismo, este compost fue caracterizado en el Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Caracterizamos el compost a utilizar tanto en la base húmeda como en base seca. Se empezó determinando los parámetros en base húmeda colocando en un recipiente esterilizado 20 g exactos de muestra de compost, se añadió agua destilada y se realizó una mezcla continua por 5 min hasta lograr la homogeneidad, y determinamos los valores con los equipos necesarios.

En cuanto a las evaluaciones en base seca, para el nitrógeno se hizo el uso de 0,25 g de muestra de compost, se trasvasó en un balón de destilación añadiendo 3 ml de ácido sulfúrico con una micropipeta; luego se llevó el balón a un biodigestor donde el proceso nos dio como resultado una solución verde agua símbolo de un proceso adecuado; seguidamente se colocó esta solución en el equipo de destilación de NaOH donde como resultado de la destilación obtuvimos una reacción azul, para finalizar se llevó la solución a titulación con HCl al 1% hasta lograr una reacción del compuesto a un color amarillento de donde se determina el nitrógeno. Por otro lado, para la obtención del valor del fósforo se utilizó un crisol esterilizado en una estufa por 48 horas donde se le añadió 2 g de muestra de compost, y fue llevado a una plancha de calentamiento para el proceso de ceniza, este proceso se llevó a

cabo añadiendo 4 repeticiones de agua destilada y ácido sulfúrico al 50% intercaladamente en cada secado de la muestra, al finalizar y quedar efecto ceniza se retiró el crisol y se le agrego agua destilada para formar una mezcla homogénea, la cual se dejó enfriar; seguido en un matraz se colocó papel filtro y se filtró la mezcla líquida de ceniza, como resultado se filtró una solución incolora la cual fue utilizada en tubos de ensayo a distintos porcentajes para determinar el fósforo en el espectrofotómetro.

Asimismo, para determinar el valor de los otros parámetros se utilizó la solución incolora de ceniza de la muestra del compost, y se fue dando lectura de los valores en el espectrofotómetro.

Tabla 5

Caracterización del Compost

Base	Parámetro	Valor
BASE HÚMEDA	pH	6.92
	CE	4750 uS/cm
	Hd	57.50%
	MO	18.40%
	Cenizas	24.10%
BASE SECA	MO	43.29%
	Cenizas	56.71%
	N	0.84%
	P ₂ O ₅	0.779%
	Ca	0.387%
	Mg	0.086%
	Na	0.080%
	K	0.717%
	Zn	106.768 ppm
	Fe	577.501 ppm
	Cu	26.450 ppm
	Mn	210.788 ppm

Nota: Valores resultantes de la caracterización del compost en el Laboratorio de Análisis de Suelos, Aguas y Ecotoxicología de la Facultad de Agronomía de la UNAS

El compost estuvo conformado por el 55% de residuos verdes y el 45% de excretas. Durante el proceso de compostaje se llegan a distinguir tres fases de descomposición, la fase mesofílica, fase termofílica y de maduración, donde se van llevando a cabo la

degradación y la acción de diversos microorganismos. De acuerdo a una investigación de Rodríguez (2008), nos expresa que durante el periodo de la fase mesofílica los microorganismos mesofílicos dan inicio a la multiplicación y colonización en su nuevo medio, luego en la fase termofílica la temperatura tiende a aumentar por lo que disminuye la actividad biológica, para luego volver a incrementarse en la fase de maduración donde se estabiliza el medio y la temperatura va disminuyendo, hasta que por último volver a disminuir por el término de la degradación del material orgánico.

Por ende, la presencia de estos microorganismos en la investigación fue eficaz en su función de biodegradar los bioplásticos, ya que se produjo de forma idónea en todas las fases del compostaje.

ii) MUESTRAS A ENSAYAR

Se ensayará las muestras de bioplástico de olluco elaborados anteriormente. Las cuatro biopelículas fueron cortadas en tres piezas cada una con una medida de 8 por 12 cm, y en cada sistema controlado de compostaje se trabajó con tres piezas de bioplástico en 1.8 kilo de compost.

iii) SISTEMA DE RESPIRACIÓN

El siguiente sistema consistió en cuantificar la cantidad de de CO₂ producido. Esta medición del CO₂ producido se realizó capturando el gas en una solución básica y determinarlo por titulación; se siguió este método al no tener riesgo de escape del CO₂ del sistema y ser más preciso.

El sistema consistió en 16 frascos esterilizados con 100 gr de compost en proceso de biodegradación de los bioplásticos, y 1 frasco sin compost como testigo, donde se colocó dentro un vaso con 10 ml de solución de NaOH. Para finalizar se selló herméticamente con papel parafilm y la tapa del frasco, para luego

ubicarlos en un lugar oscuro y fresco a fin de permitir el desarrollo de los microorganismos, de donde solo fueron retirados para hacer las mediciones del CO₂ emitido. Se realizaron las mediciones del CO₂ producido, sacando de los frascos el vaso con NaOH, y trasvasando la solución a un matraz de erlenmeyer, enjuagando bien el vaso interiormente con agua destilada y colocándolo también en el erlenmeyer; luego agregamos 10 ml de solución de BaCl₂ el cual reacciona en una solución de aspecto blanca lechosa. Seguidamente se añadió una gota de fenolftaleína donde se dio la coloración fucsia por la presencia de microorganismos y se realizó la titulación gota a gota con HCl hasta alcanzar el viraje de acuerdo a la reacción. Finalizando se volvió a añadir 10 ml de solución de NaOH dentro del vaso en los frascos y sellarlos nuevamente para la próxima medición. Las titulaciones fueron realizadas a los 3, 7 y 14 días después de iniciado el experimento.

Tabla 6

Técnicas e Instrumentos para la Recolección de Datos

Variables	Indicadores	Técnica de recolección de datos	Instrumento y/o recursos de medición
Elaboración de bioplásticos de olluco (<i>Ullucus tuberosus</i>)	Porcentaje de Almidón	Experimentación	- Balanza analítica
	Elaboración de bioplásticos		- Cuaderno de Campo
	Evaluación de las propiedades mecánicas		- Analizador de Textura - Pesas de acero - Vernier
Evaluación de la biodegradabilidad	Caracterización del compost	Experimentación	- Espectrofotómetro
	CO2 emitido	Observación	- pH metro de mesa
	Tiempo de biodegradación		- Balanza analítica
			- Titulador electrónico
			- Cuaderno de campo
			- Termómetro

Nota: En la tabla se identifican los instrumentos y técnicas de recolección de datos para las variables evaluativa y de calibración.

3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS

Para la presentación de los datos y las gráficas se llevó a cabo el uso de Microsoft Excel para poder determinar la correlación de las variables.

3.3.3. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS

En cuanto al análisis e interpretación de los datos, se realizaron el uso de fórmulas y cálculos para el procesamiento de los resultados obtenidos al concluir la experimentación, que ayudo en el análisis de la investigación; siendo de esta manera representados en tablas y graficas estadísticas.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

4.1.1. EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN

Se desarrollo el método elegido de extracción hasta conseguir el almidón en polvo; se procesaron 12 kg de olluco (*Ullucus tuberosus*) para su obtención, con el que se elaboraron los bioplásticos para los ensayos mecánicos y de biodegradación.

Figura 10

Extracción del almidón: a. Decantación del almidón; b. Almidón seco

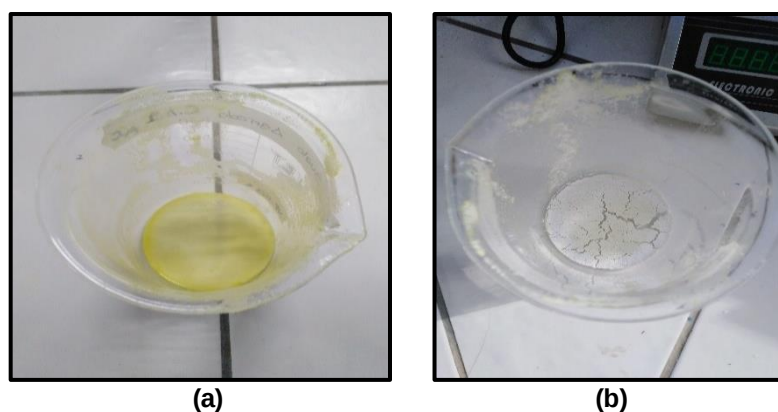


Tabla 7

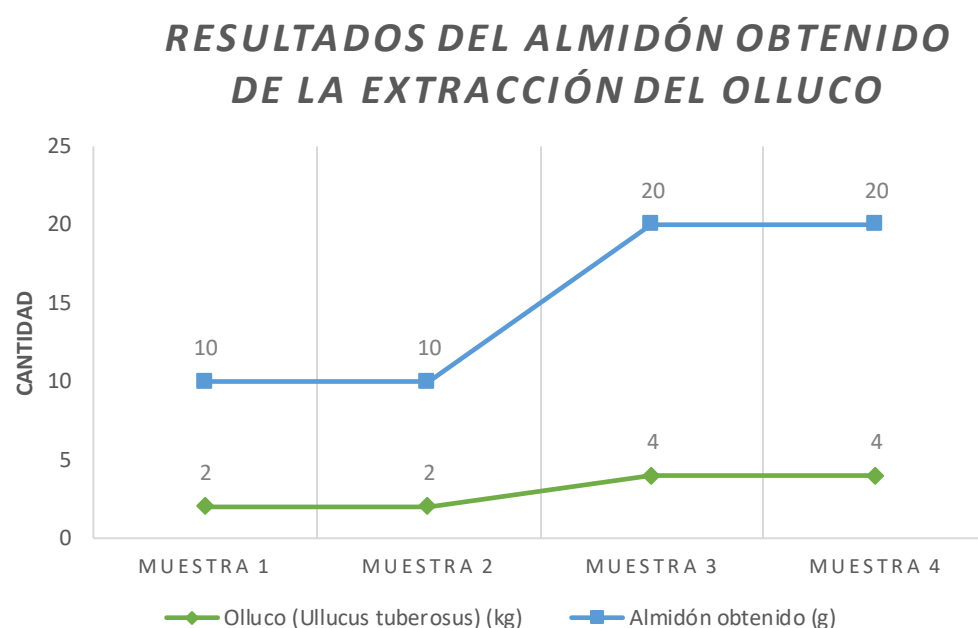
*Resultados del almidón obtenido de la extracción del olluco (*Ullucus tuberosus*)*

Muestra	Olluco (<i>Ullucus tuberosus</i>) (kg)	Decantación (n° veces)	Secado 40 °C (hora)	Almidón obtenido (g)
01	2.0	2	48 h	10 g
02	2.0	2	48 h	10 g
03	4.0	2	60 h	20 g
04	4.0	2	60 h	20 g

Nota: En la tabla se indica la cantidad de almidón extraído del *Ullucus tuberosus* por los 12 kg de olluco procesado.

Figura 11

*Resultados del almidón obtenido de la extracción del olluco (*Ullucus tuberosus*)*



Nota: De acuerdo a la tabla 7 y la figura 11, nos muestran los resultados de la cantidad de almidón extraído del olluco (*Ullucus tuberosus*), los cuales indican una extracción de almidón óptima de 10 g por cada 2 kg de olluco, de acuerdo a la cantidad de 12 kg de olluco procesado, considerando que este tubérculo cuenta en sus propiedades con un porcentaje solo del 14% de almidón.

Se observa que el procedimiento de decantación se realizó dos veces en todas las muestras para la obtención de todo el almidón posible, en cuanto a las horas de secado en las muestras 1 y 2 se dio en 48 horas y en las muestras 3 y 4 por la acumulación de mayor almidón en los vasos precipitados se dio el secado en doce horas más, hasta la obtención del almidón en polvo fino. Es así que el método elegido para la extracción de almidón fue efectiva en esta investigación por aprovecharse la mayor cantidad de almidón de olluco posible.

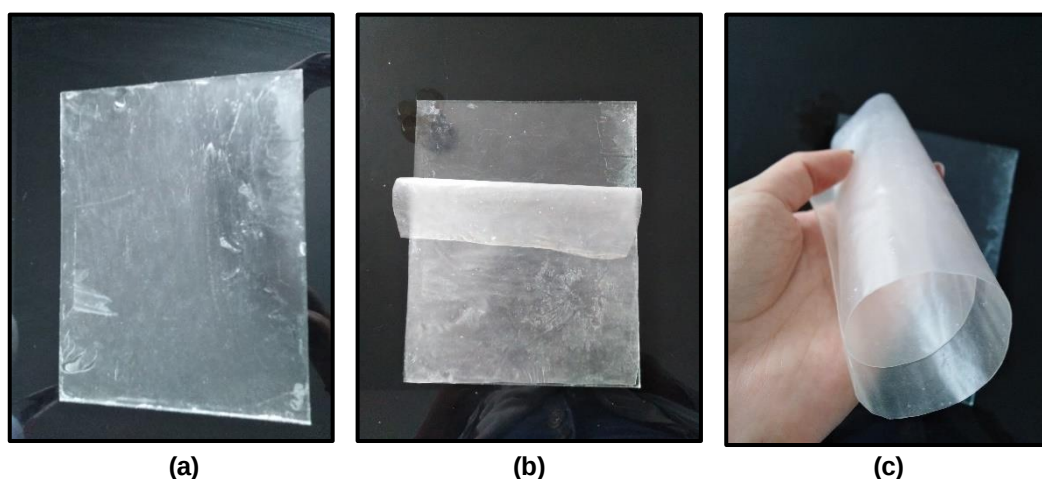
4.1.2. ELABORACIÓN DE LOS BIOPLÁSTICOS

Se elaboraron los bioplásticos con el almidón extraído en la etapa anterior, así como el ácido acético, agua destilada y glicerina. Asimismo, las cuatro películas elaboradas fueron sujetos a distintas pruebas, hasta pasar hasta la última fase de biodegradación.

Se realizó todo el procedimiento descrito en el numeral 3.3.1.4. para su elaboración y se procedió a retirar los bioplásticos de los moldes de vidrio.

Figura 12

Bioplásticos elaborados: a. Bioplástico en molde; b. Bioplástico en lamina; c. Bioplástico doblado



Todos los bioplásticos indicaron ser resistentes y flexibles, con una textura literalmente plastificante, sin embargo, con algunas breves diferencias en las muestras 3 y 4 donde se añadieron variaciones en la composición por lo que resultaron con un grosor mayor, que es lo que se buscaba. Seguidamente se pasó a realizar las pruebas respectivas en los bioplásticos elaborados.

A) ENSAYO DE DUREZA

El presente ensayo fue realizado en el Laboratorio de Física en la Universidad Nacional Hermilio Valdizán, con ayuda del equipo Analizador de Textura de alta gama del modelo CT3 25K. Este ensayo se dio con referencia a la norma ASTM D882, que nos da las especificaciones para bioplásticos con menor de 1 mm de espesor.

Tabla 8

Acondicionamiento de muestras para el Ensayo de Dureza

	Muestra	Longitud	Ancho	Grosor
M1	R1	8.0 cm	7.5 cm	0,3 mm
	R2	8.0 cm	7.0 cm	0,3 mm
	R3	8.0 cm	7.0 cm	0,3 mm
M2	R1	8.0 cm	7.5 cm	0,3 mm
	R2	8.0 cm	7.0 cm	0,3 mm
	R3	8.0 cm	7.0 cm	0,3 mm
M3	R1	8.0 cm	7.0 cm	0,5 mm
	R2	8.0 cm	7.0 cm	0,5 mm
	R3	8.0 cm	7.0 cm	0,5 mm
M4	R1	8.0 cm	7.0 cm	0,4 mm
	R2	8.0 cm	7.0 cm	0,4 mm
	R3	8.0 cm	7.0 cm	0,4 mm

Nota: Se acondicionaron muestras de bioplástico de 8 x 7 cm aproximadamente para el ensayo de dureza con 3 repeticiones cada una.

Tabla 9

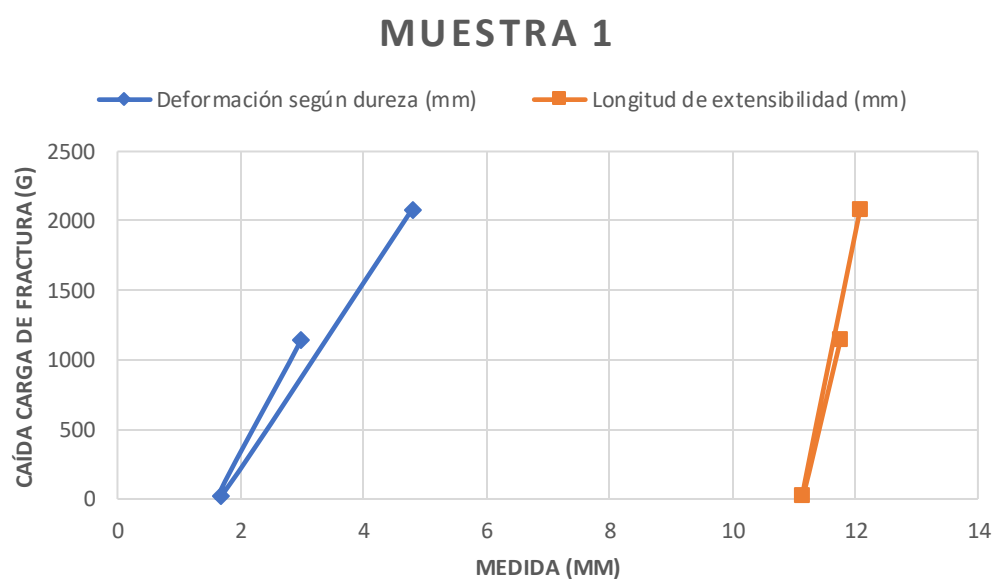
Resultados del Ensayo de Dureza Muestra 1 – M1

MUESTRA 1					
Rep.	Deformación según dureza (mm)	Fuerza de adhesividad (g)	Longitud de extensibilidad (mm)	Caída Carga de Fractura (g)	% Deformación Fractura (%)
R1	2.98	124	11.76	1136	3.7
R2	1.67	156	11.14	12	1.7
R3	4.78	116	12.08	2074	6.0
$\bar{X}$	3.14	132	11.66	1074	3.8

Nota: De acuerdo a la tabla 9, de las 3 repeticiones de la M1 resultantes del Software Texture Pro, obtuvimos como Caída carga de fractura 1074 g a la oposición del bioplástico, con un porcentaje de deformación de fractura del 3.8% por una deformación según dureza de 3.14 mm y una longitud de extensibilidad de 11.66 mm.

Figura 13

Resultados del Ensayo de Dureza Muestra 1 – M1



Nota: De acuerdo a la tabla 9 y la figura 13, de las 3 repeticiones de la M1 resultantes del Software Texture Pro, obtuvimos como Caída carga de fractura 1074 g a la oposición del bioplástico, con un porcentaje de deformación de fractura del 3.8% por una deformación según dureza de 3.14 mm y una longitud de extensibilidad de 11.66 mm. Siendo esto el resultado de dureza que ofrece el bioplástico M1 frente a la alteración física de fuerza del equipo.

Tabla 10*Resultados del Ensayo de Dureza Muestra 2 – M2*

MUESTRA 2					
Re p.	Deformación según dureza (mm)	Fuerza de adhesividad (g)	Longitud de extensibilidad (mm)	Caída Carga de Fractura (g)	% Deformación Fractura (%)
R1	1.86	120	12.19	20	2.3
R2	2.83	222	12.22	18	1.0
R3	2.05	66	11.85	478	2.5
$\bar{X}$	2.25	136	12.09	172	1.9

Nota: Según la tabla 10, de las 3 repeticiones de la M2 resultantes del Software Texture Pro, obtuvimos como Caída carga de fractura 172 g a la oposición del bioplástico, con un porcentaje de deformación de fractura del 1.9% por una deformación según dureza de 2.25 mm y una longitud de extensibilidad de 12.09 mm.

Figura 14*Resultados del Ensayo de Dureza Muestra 2 – M2*

Nota: Según la tabla 10 y la figura 14, de las 3 repeticiones de la M2 resultantes del Software Texture Pro, obtuvimos como Caída carga de fractura 172 g a la oposición del bioplástico, con un porcentaje de deformación de fractura del 1.9% por una deformación según dureza de 2.25 mm y una longitud de extensibilidad de 12.09 mm. Siendo esto el resultado de dureza que ofrece el bioplástico M2 frente a la alteración física de fuerza del equipo.

Tabla 11

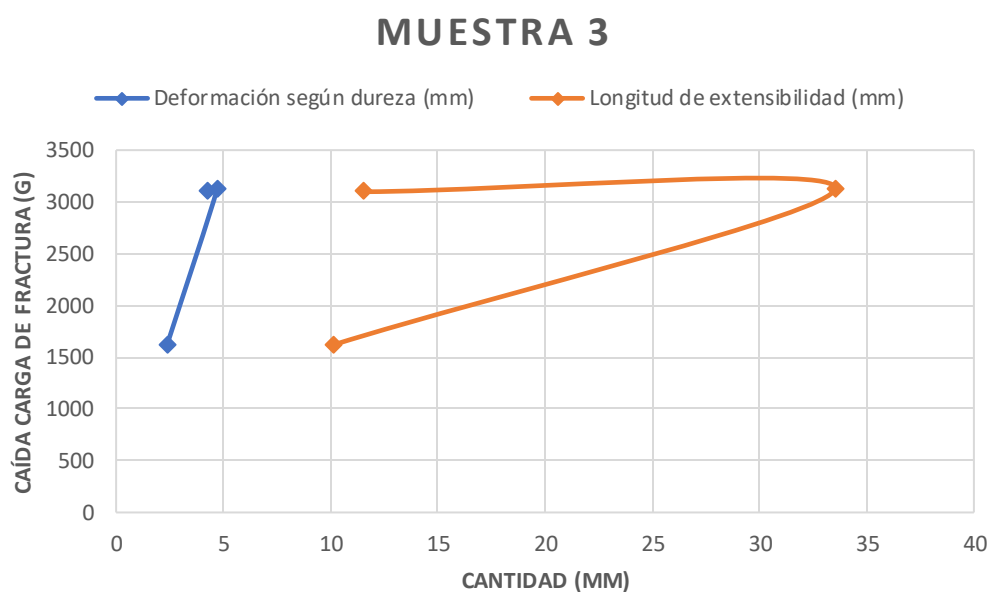
Resultados del Ensayo de Dureza Muestra 3 – M3

MUESTRA 3					
Re p.	Deformación según dureza (mm)	Fuerza de adhesividad (g)	Longitud de extensibilidad (mm)	Caída Carga de Fractura (g)	% Deformación Fractura (%)
R1	4.30	230	11.59	3098	5.1
R2	4.71	112	33.53	3126	5.9
R3	2.38	450	10.17	1622	3.0
$\bar{X}$	3.80	264	18.43	2615	4.7

Nota: De acuerdo a la tabla 11, de las 3 repeticiones de la M3 resultantes del Software Texture Pro, obtuvimos como Caída carga de fractura 2615 g a la oposición del bioplástico, con un porcentaje de deformación de fractura del 4.7% por una deformación según dureza de 3.80 mm y una longitud de extensibilidad de 18.43 mm.

Figura 15

Resultados del Ensayo de Dureza Muestra 3 – M3

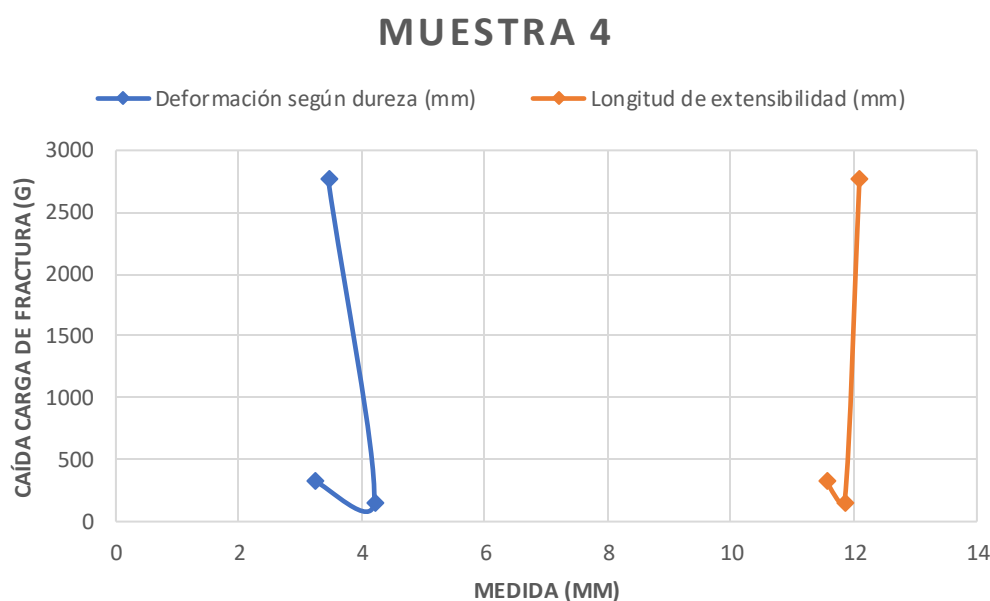


Nota: De acuerdo a la tabla 11 y la figura 15, de las 3 repeticiones de la M3 resultantes del Software Texture Pro, obtuvimos como Caída carga de fractura 2615 g a la oposición del bioplástico, con un porcentaje de deformación de fractura del 4.7% por una deformación según dureza de 3.80 mm y una longitud de extensibilidad de 18.43 mm. Siendo esto el resultado de dureza que ofrece el bioplástico M3 frente a la alteración física de fuerza del equipo.

Tabla 12*Resultados del Ensayo de Dureza Muestra 4 – M4*

MUESTRA 4					
Re p.	Deformación según dureza (mm)	Fuerza de adhesividad (g)	Longitud de extensibilidad (mm)	Caída Carga de Fractura (g)	% Deformación Fractura (%)
R1	3.45	472	12.09	2770	4.3
R2	4.20	388	11.85	166	2.3
R3	3.23	580	11.55	328	3.5
$\bar{X}$	3.63	480	11.83	1088	3.4

Nota: En cuanto a la tabla 12, de las 3 repeticiones de la M4 resultantes del Software Texture Pro, obtuvimos como Caída carga de fractura 1088 g a la oposición del bioplástico, con un porcentaje de deformación de fractura del 3.4% por una deformación según dureza de 3.63 mm y una longitud de extensibilidad de 11.83 mm.

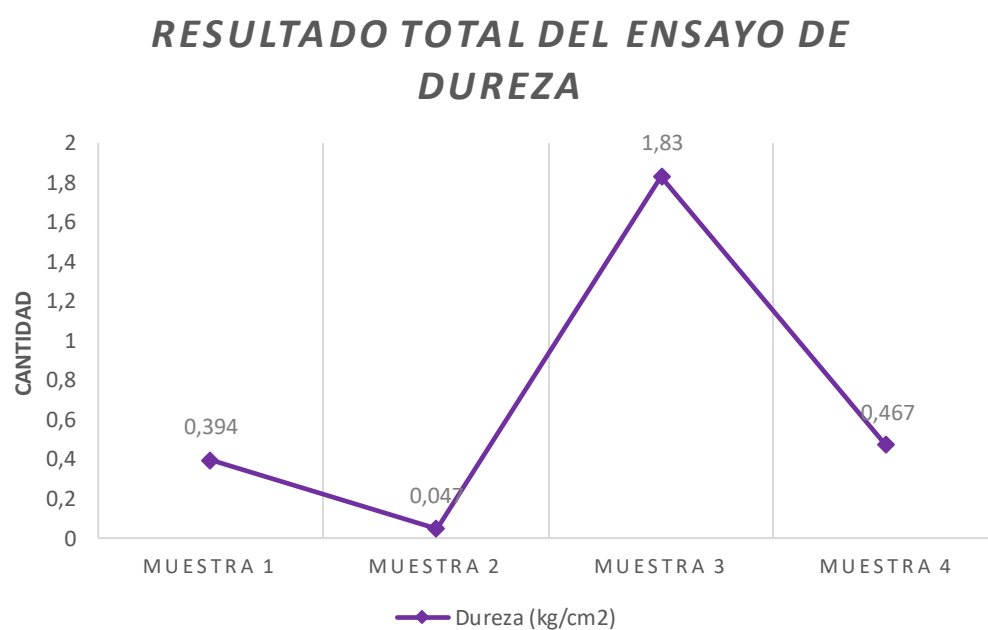
Figura 16*Resultados del Ensayo de Dureza Muestra 4 – M4*

Nota: En cuanto a la tabla 12 y la figura 16, de las 3 repeticiones de la M4 resultantes del Software Texture Pro, obtuvimos como Caída carga de fractura 1088 g a la oposición del bioplástico, con un porcentaje de deformación de fractura del 3.4% por una deformación según dureza de 3.63 mm y una longitud de extensibilidad de 11.83 mm. Siendo esto el resultado de dureza que ofrece el bioplástico M4 frente a la alteración física de fuerza del equipo.

Tabla 13*Resultado total del Ensayo de Dureza de las M1, M2, M3 y M4*

M	Deformación según dureza (mm)	Fuerza de adhesividad (g)	Longitud de extensibilidad (mm)	Caída Carga de Fractura (g)	% Deformación Fractura (%)
M1	3.14	132	11.66	1074	3.8
M2	2.25	136	12.09	172	1.9
M3	3.80	264	18.43	2615	4.7
M4	3.63	480	11.83	1088	3.4

Nota: De acuerdo a la tabla 13, se expresa los valores de dureza por cada muestra en kg/cm², obteniendo en la muestra tres una mayor dureza de 1.830 kg/cm², seguido de la muestra cuatro con 0.467 kg/cm², la muestra uno con 0.394 kg/cm² y finalmente la muestra dos con 0.047 kg/cm² de dureza.

Figura 17*Resultado total del Ensayo de Dureza de las M1, M2, M3 y M4*

Nota: De acuerdo a la tabla 13 y la figura anterior, se expresa los valores de dureza por cada muestra en kg/cm², obteniendo en la muestra tres una mayor dureza de 1.830 kg/cm², seguido de la muestra cuatro con 0.467 kg/cm², la muestra uno con 0.394 kg/cm² y finalmente la muestra dos con 0.047 kg/cm² de dureza.

B) ENSAYO DE TRACCIÓN Y ELONGACIÓN

Estos ensayos fueron realizados en el Laboratorio de Física de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán; se acondiciono un sistema de peso (w) para cada una de las muestras hasta llegar al punto de ruptura en su esfuerzo máximo de elongación. Este sistema se acondiciono siguiendo la física, empezando con un peso inicial hasta el peso final anterior a la ruptura.

Peso (w) $\rightarrow \Sigma$ peso

$$F = m \times a$$

P. inicial= ✓

P. adicional= ✓ ✓ ✓ ✓

En la siguiente tabla 14 se determina la resistencia a la tracción de acuerdo a la carga máxima que soportaron los bioplásticos dividida por su sección inicial, asimismo se muestran los valores de elongación expresando el porcentaje de aumento de longitud al ser sometido al esfuerzo de tracción.

Tabla 14

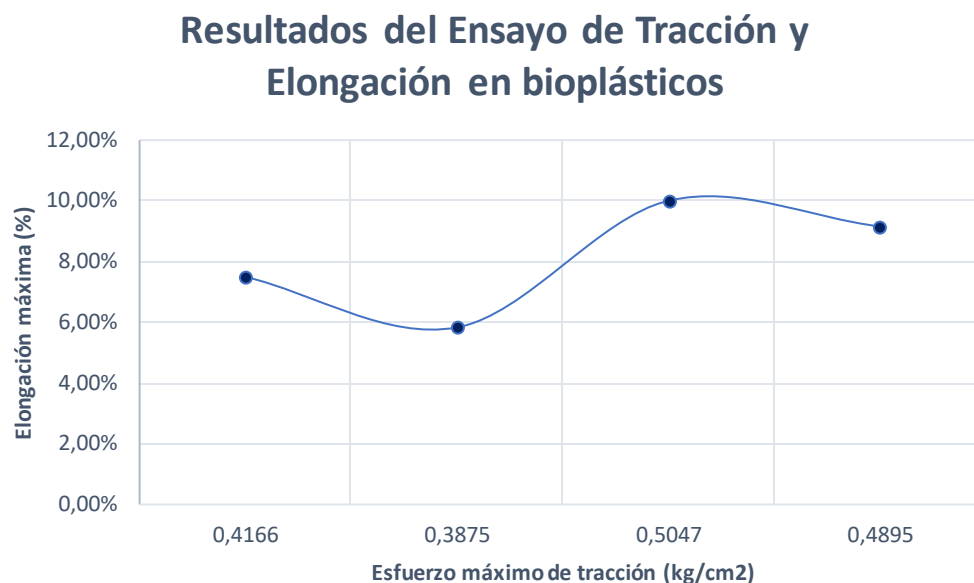
Resultados del Ensayo de Tracción y Elongación en bioplásticos

Muestra	Longitud (cm)	Ancho (cm)	Espesor (mm)	Esfuerzo máximo de tracción (kg/cm ²)	Elongación máxima (%)
01	12	2	0,3	0.4166 kg/cm ²	7.50 %
02	12	2	0,3	0.3875 kg/cm ²	5.83%
03	12	2	0,5	0.5047 kg/cm ²	10.0 %
04	12	2	0,4	0.4895 kg/cm ²	9.16 %

Nota: Se obtuvo como esfuerzo máximo de tracción en la M1 de 0.4166 kg/cm² y una elongación máxima de 7.5 %, en la M2 un esfuerzo de tracción de 0.3875 kg/cm² y una elongación máxima de 5.83 %, en la M3 un esfuerzo de tracción de 0.5047 kg/cm² y elongación máxima de 10.0 %, y en la M4 se obtuvo un esfuerzo de tracción de 0.4895 kg/cm² y una elongación máxima de 9.16 %. Siendo la M3 la de mayor resistencia en las pruebas con mayor esfuerzo máximo de tracción y una elongación superior.

Figura 18

Resultados del Ensayo de Tracción y Elongación en bioplásticos



Nota: En cuestión a los resultados obtenidos y representación de la figura 18, se obtuvo como esfuerzo máximo de tracción en la M1 de 0.4166 kg/cm² y una elongación máxima de 7.5 %, en la M2 un esfuerzo de tracción de 0.3875 kg/cm² y una elongación máxima de 5.83 %, en la M3 un esfuerzo de tracción de 0.5047 kg/cm² y elongación máxima de 10.0 %, y en la M4 se obtuvo un esfuerzo de tracción de 0.4895 kg/cm² y una elongación máxima de 9.16 %. Siendo la M3 la de mayor resistencia en las pruebas con mayor esfuerzo máximo de tracción y una elongación superior.

C) ENSAYO FÍSICO: PESO, GROSOR, PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS

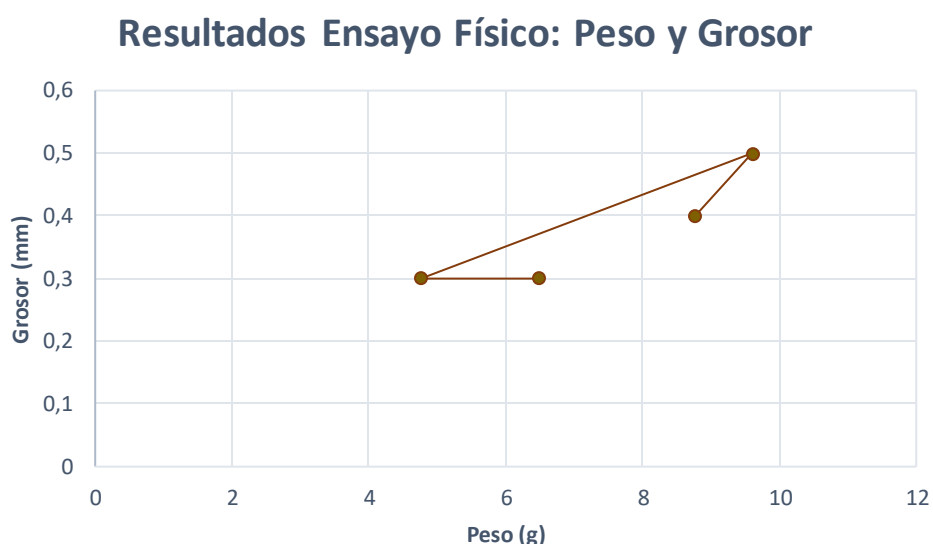
Los ensayos físicos realizados en las muestras de bioplásticos elaborados, dieron lugar en el Laboratorio de Estructuras de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán, donde se analizaron una serie de pruebas en base a las características externas que mostraron los bioplásticos.

Se pesó cada una de las muestras con ayuda de una balanza analítica en los bioplásticos de 15 x 20 cm; de igual forma se determinó su grosor utilizando un vernier electrónico donde se halló el grosor exacto en mm.

Tabla 15*Resultados Ensayo Físico: Peso y Grosor*

Muestra	Longitud (cm)	Ancho (cm)	Peso (g)	Grosor (mm)
01	20	15	6,50	0,3
02	20	15	4,76	0,3
03	20	15	9,60	0,5
04	20	15	8,77	0,4

Nota: De acuerdo a los resultados en la Tabla 15, obtuvimos el peso y grosor de las cuatro muestras analizadas, mostrando la M1 y M2 valores más bajos a diferencia de las M3 y la M4.

Figura 19*Resultados Ensayo Físico: Peso y Grosor*

Nota: De acuerdo a los resultados en la tabla 15 y figura 19 anterior, obtuvimos el peso y grosor de las cuatro muestras analizadas, mostrando la M1 y M2 valores más bajos a diferencia de las M3 y la M4, que fueron elaboradas con el objetivo de un mayor grosor para un análisis diverso y resultados precisos.

▪ TEXTURA

Los bioplásticos elaborados mostraron una textura lisa lo que indico una preparación homogénea de los insumos, asimismo de textura plastificante similar a la convencional por reacción de la glicerina.

- **COLOR**

De acuerdo a sus características externas, los bioplásticos elaborados presentaron una tez incolora transparentosa.

- **SABOR**

En cuanto al sabor degustativo presento un sabor dulce y un poco amargo debido a las cadenas de glucosa presentes en la composición del almidón.

4.1.3. ENSAYO DE BIODEGRADABILIDAD

El ensayo de biodegradabilidad se llevó a cabo en el Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Previamente a la realización del ensayo se analizó la composición del compost a utilizar como medio de degradación. Se trabajaron con las cuatro muestras de bioplásticos elaborados, en cuatro diferentes sistemas controlados de compostaje, calculando la cantidad de CO₂ liberada.

En las tablas siguientes se puede apreciar los valores de CO₂ liberado durante los 14 días de ensayo, del compost en proceso de biodegradación de los bioplásticos.

Tabla 16

Cantidad de CO₂ generado por compost en proceso de biodegradación de bioplásticos a tres días de incubación

Días después de la incubación	Codigo de muestra	Gasto HCl (mg)	CO ₂ emitido (mg)
3	M1R1	3.5	0.47
	M1R2	4.5	0.40
	M1R3	3.5	0.47
	M2R1	4	0.44
	M2R2	4.5	0.40
	M2R3	3	0.51
	M3R1	4.9	0.37
	M3R2	4.7	0.38
	M3R3	4.5	0.40
	M4R1	4.1	0.43
	M4R2	4	0.44
	M4R3	5.4	0.33

Nota: La tabla indica la cantidad de CO₂ emitido a los tres días de incubación por muestra.

Tabla 17

Cantidad de CO₂ generado por compost en proceso de biodegradación de bioplásticos a siete días de incubación

Días después de la incubación	Código de muestra	Gasto HCl (mg)	CO ₂ emitido (mg)
7	M1R1	4.3	0.19
	M1R2	4.2	0.19
	M1R3	3.5	0.22
	M2R1	2.4	0.25
	M2R2	4.6	0.18
	M2R3	3	0.23
	M3R1	4.8	0.17
	M3R2	4	0.20
	M3R3	2	0.26
	M4R1	3.5	0.22
	M4R2	4.2	0.19
	M4R3	3.7	0.21

Nota: La tabla indica la cantidad de CO₂ emitido a los siete días de incubación por muestra.

Tabla 18

Cantidad de CO₂ generado por compost en proceso de biodegradación de bioplásticos a catorce días de incubación

Días después de la incubación	Código de muestra	Gasto HCl (mg)	CO ₂ emitido (mg)
14	M1R1	1.5	0.14
	M1R2	1.9	0.13
	M1R3	1.6	0.14
	M2R1	1.5	0.14
	M2R2	1.8	0.13
	M2R3	1.7	0.13
	M3R1	1.5	0.14
	M3R2	1.4	0.14
	M3R3	1.6	0.14
	M4R1	1.8	0.13
	M4R2	1.2	0.14
	M4R3	1.8	0.13

Nota: La tabla indica la cantidad de CO₂ emitido a los catorce días de incubación por muestra.

De igual forma en las tablas posteriores se puede apreciar los valores de CO₂ liberado durante los 14 días de ensayo, por el bioplástico en proceso de biodegradación.

Tabla 19

Cantidad de CO₂ generado por bioplástico más compost en proceso de biodegradación a tres días de incubación

Días después de la incubación	Código de muestra	Gasto HCl (mg)	CO ₂ emitido (mg)
3	M1pl	3.5	0.47
	M2pl	1.8	0.6
	M3pl	2.5	0.55
	M4pl	1.8	0.6

Nota: La tabla indica la cantidad de CO₂ emitido a los tres días de incubación por muestra, del bioplástico en compost.

Tabla 20

Cantidad de CO2 generado por bioplástico más compost en proceso de biodegradación a siete días de incubación

Días después de la incubación	Código de muestra	Gasto HCl (mg)	CO2 emitido (mg)
7	M1pl	1.8	0.27
	M2pl	1.3	0.28
	M3pl	2.5	0.25
	M4pl	2.8	0.24

Nota: La tabla indica la cantidad de CO2 emitido a los siete días de incubación por muestra, del bioplástico en compost.

Tabla 21

Cantidad de CO2 generado por bioplástico más compost en proceso de biodegradación a catorce días de incubación

Días después de la incubación	Código de muestra	Gasto HCl (mg)	CO2 emitido (mg)
14	M1pl	1.5	0.1
	M2pl	1.6	0.14
	M3pl	1.9	0.13
	M4pl	1	0.15

Nota: La tabla indica la cantidad de CO2 emitido a los catorce días de incubación por muestra, del bioplástico en compost.

Tabla 22

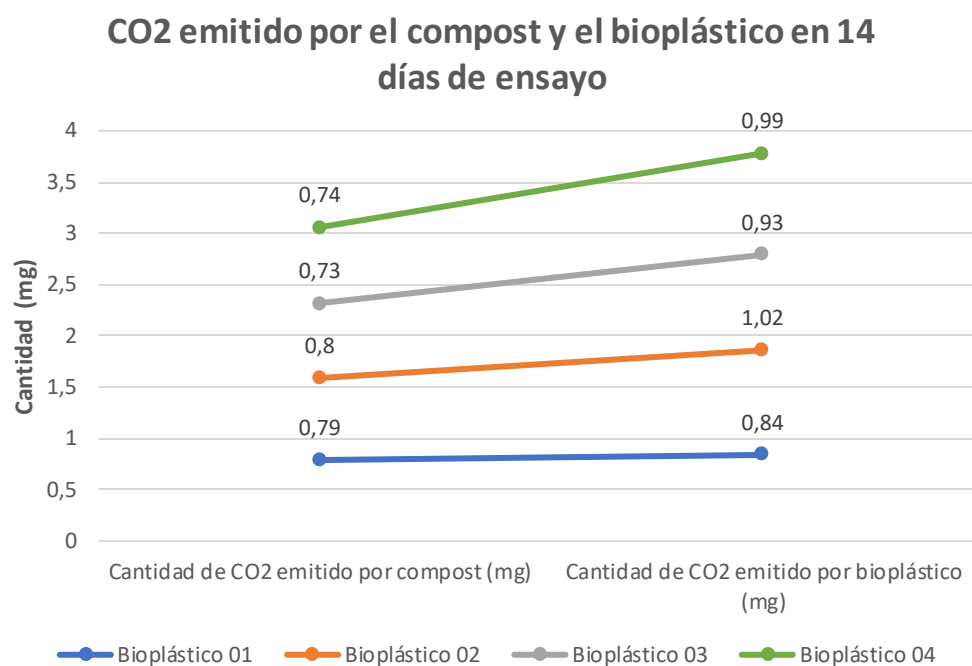
Cantidad total de CO2 generado por el compost y bioplástico en proceso de biodegradación en los 14 días de ensayo

Muestra	Cantidad de CO2 emitido por compost (mg)	Cantidad de CO2 emitido por bioplástico (mg)	Tiempo (días)
Bioplástico 01	0.79	0.84	14
Bioplástico 02	0.80	1.02	14
Bioplástico 03	0.73	0.93	14
Bioplástico 04	0.74	0.99	14

Nota: La tabla indica la cantidad de CO2 emitido en los 14 días de ensayo por el compost en el proceso de biodegradación y por la película de bioplástico junto al compost.

Figura 20

Cantidad total de CO₂ generado por el compost y bioplástico en proceso de biodegradación en los 14 días de ensayo



Nota: De acuerdo a la figura 20, podemos observar los resultados obtenidos durante el ensayo de biodegradación de los bioplásticos, donde nos muestran los valores de CO₂ emitidos por el bioplástico en compost; siendo la muestra dos la que emitió más CO₂.

Tabla 23

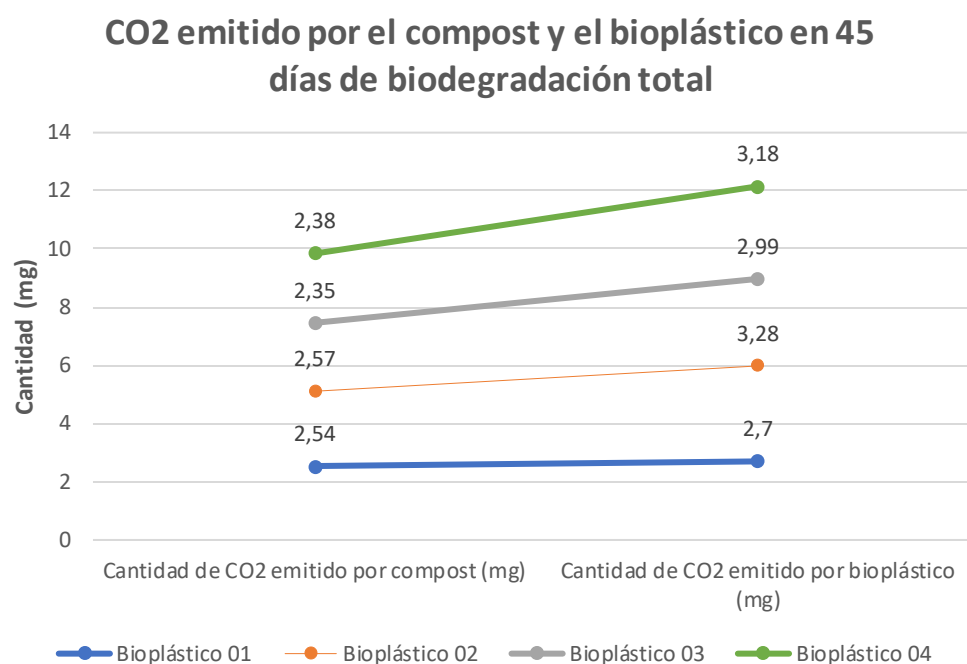
Cantidad de CO₂ generado por el compost y bioplástico en los 45 días de biodegradación total

Muestra	Cantidad de CO2 emitido por compost (mg)	Cantidad de CO2 emitido por bioplástico (mg)	Tiempo (días)
Bioplástico 01	2.54	2.70	45
Bioplástico 02	2.57	3.28	45
Bioplástico 03	2.35	2.99	45
Bioplástico 04	2.38	3.18	45

Nota: La tabla indica la cantidad de CO₂ emitido en los 45 días de biodegradación en total por el compost en el proceso de biodegradación y por la película de bioplástico junto al compost.

Figura 21

Cantidad de CO₂ generado por el compost y bioplástico en los 45 días de biodegradación total

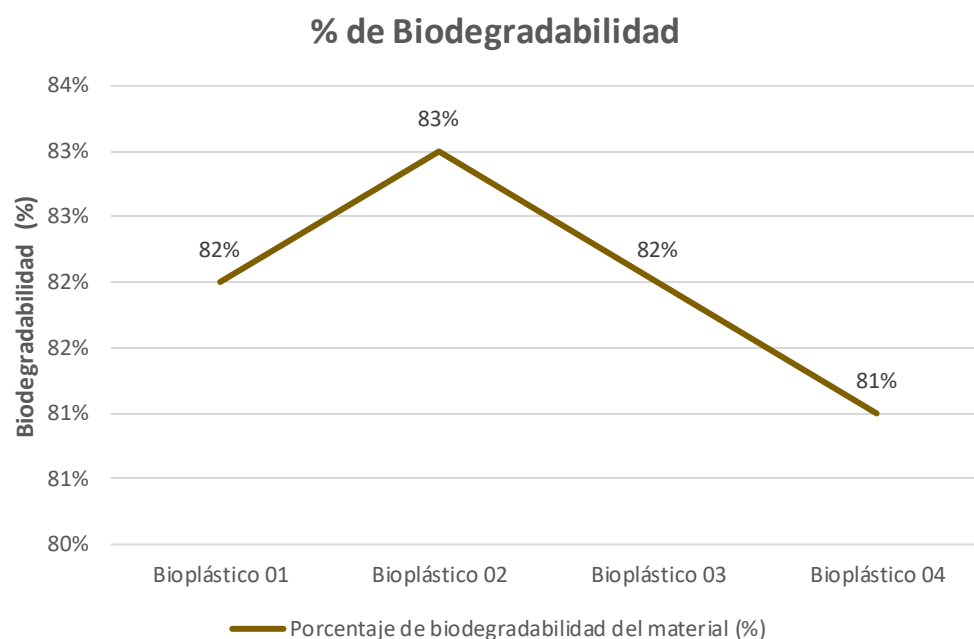


Nota: De acuerdo a la figura 21, podemos observar los resultados obtenidos en los 45 días de biodegradación total de los bioplásticos, donde nos muestran valores de CO₂ emitidos por el bioplástico en compost; siendo la muestra dos la que emitió más CO₂.

Las muestras demostraron una biodegradación acelerada, debido a que se completó el proceso en un periodo total de 45 días, con diferencias mínimas entre las muestras. Por lo que, en la siguiente figura 22 se expresa el porcentaje de biodegradación mediante el cálculo de la cantidad de dióxido de carbono liberada del material de ensayo en relación a la cantidad del tiempo inicial.

Figura 22

Porcentaje de biodegradabilidad de los bioplásticos ensayados



Nota: La figura 22 nos muestra los porcentajes obtenidos con el ensayo de biodegradabilidad, indicando que el mayor porcentaje lo tuvo el bioplástico 02 con el 83%, sucesivamente el bioplástico 01 y 03 con el 82% y por último el bioplástico 04 con el 81%.

En la siguiente figura 23 se puede apreciar el aspecto físico de los bioplásticos en el compost al inicio del ensayo; y la posterior figura 24 nos muestra el material de ensayo a un mes de biodegradación donde deja de ser apreciado y a los 45 días de la biodegradación total del material.

Figura 23

Apariencia física de las muestras al inicio del ensayo a. Bioplástico 01; b. Bioplástico 02; c. Bioplástico 03; d. Bioplástico 04.

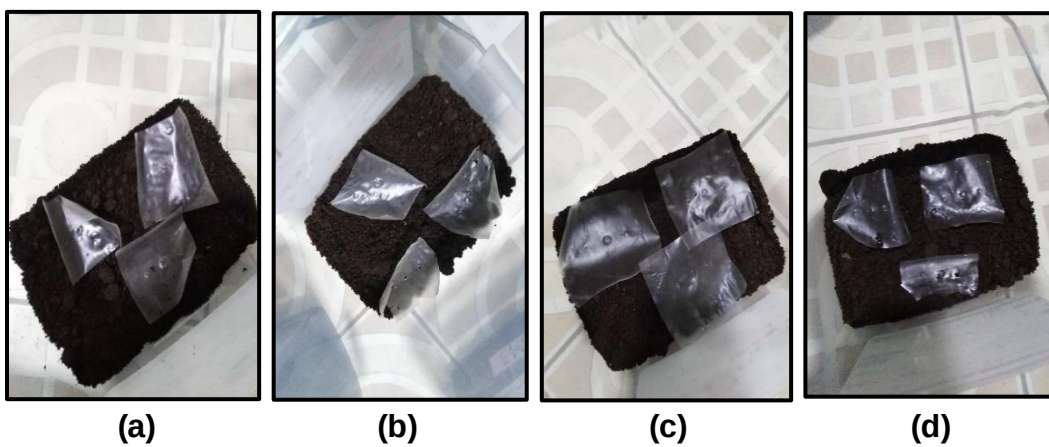
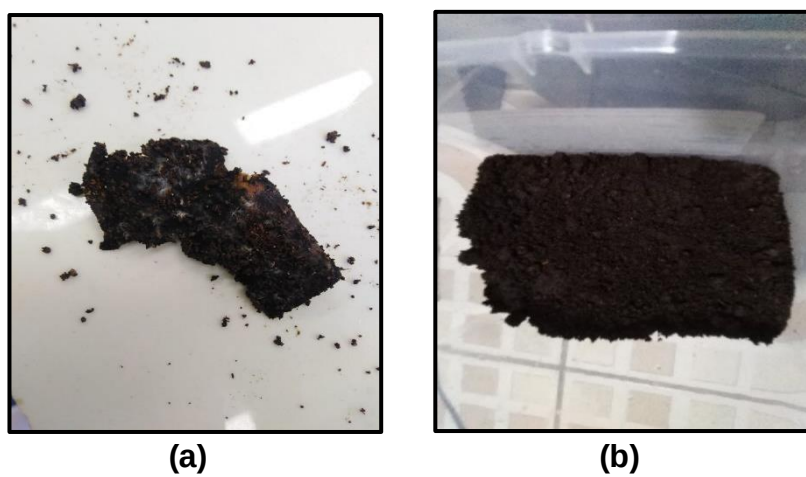


Figura 24

Apariencia física de las muestras al final del ensayo a. Un mes de biodegradación; b. 45 días de biodegradación total.



CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Conforme al objetivo general: Evaluar la biodegradabilidad en bioplásticos elaborados a partir de almidón de Olluco (*Ullucus tuberosus*) mediante la técnica de compostaje.

En la presente investigación se evaluó la biodegradabilidad en sistemas controlados de compostaje de los cuatro bioplásticos que fueron elaborados a partir de almidón de olluco (*Ullucus tuberosus*); se evaluó su biodegradabilidad midiendo la cantidad de dióxido de carbono liberado durante el proceso de biodegradación en referencia a la ISO 17556, lo cual nos dio como porcentaje de biodegradabilidad mayor el 83% en un periodo de 45 días. Una investigación realizada por Villalta en Guatemala, sobre la evaluación de la biodegradabilidad de un bioplástico de almidón obtenido de la cascara de mango, expuso una elaboración optima del bioplástico y su nivel de biodegradación en un periodo corto de 30 días del 15,58% en agua; asimismo en otra investigación efectuada por Álvarez en Bogotá en cuanto a la evaluación de la biodegradabilidad de una película de plástico del biopolímero de xiloglucano de tamarindo fue biodegradado en un sistema controlado de compostaje permitiendo condiciones favorables para una velocidad de biodegradación del 40.34% en 18 días; por otro lado en Lima una investigación ejecutada por Meza sobre la elaboración de bioplásticos a partir del almidón residual de peladoras de papa y la evaluación de su biodegradabilidad a nivel de laboratorio, expresó como técnica el uso de compostaje como medio de biodegradación logrando un alto valor de biodegradabilidad con un porcentaje de 64.21% en 92 días; así como en una investigación realizada por Escribano en Pimentel, nos indica sobre la caracterización de un bioplástico elaborado a partir de cascara de maracuyá, donde se evaluó su biodegradabilidad mediante el compostaje demostrando un resultado optimo por la actividad microbiana teniendo un 93% de biodegradación en un periodo de 43 días. En estas investigaciones con el mismo fin y ejecutadas en condiciones semejantes, se demuestra que la biodegradabilidad de los bioplásticos elaborados a partir de almidón, en esta investigación del olluco

(*Ollucus tuberosus*), presentan una degradación completa en CO₂ por la acción de microorganismos en el compost, ya que los polímeros naturales extraídos del olluco son completamente biodegradables, indicando en la presente investigación un porcentaje del 83 % de biodegradabilidad de los bioplásticos en 45 días, expresando un valor alto en un corto periodo de tiempo a lo expresado en la norma de un 90% antes de los 90 días.

Conforme al objetivo específico 1: Evaluar la metodología elegida en la extracción del almidón de Olluco (*Ollucus tuberosus*).

En la presente investigación en cuanto a la extracción del almidón de olluco (*Ollucus tuberosus*) se eligió un método utilizado en la bibliografía revisada, en la cual se utilizó la técnica de decantación mas de una vez para aprovechar el máximo porcentaje de almidón, teniendo en cuenta que el almidón solo representa un 14 % en el tubérculo utilizado. En la investigación realizada por Meza en Lima, sobre la elaboración de bioplásticos a partir de almidón residual de papa, se extrajo el almidón por la misma metodología de decantación más de una vez, eliminando el sobrenadante, es así que la eficiencia obtenida en el proceso fue de 35.06%, respecto al aprovechamiento de almidón de los residuos de la peladora; asimismo en una investigación ejecutada por Salgado y Herrera en Lambayeque, sobre la producción de bioplásticos a partir de almidón de *Musa balbisiana* y *Zea mays*, se realiza una metodología similar de extracción de almidón con la diferencia de la adición de algunos aditivos, demostrando una gran cantidad de extracción de la *Musa balbisiana* al tener un porcentaje de almidón mayor de 24,82%. En estas investigaciones descritas se pudo demostrar la importancia de una óptima metodología de extracción de almidón, siendo esta nuestra materia prima más importante para la elaboración de los bioplásticos, es así que en la presente investigación siguiendo la metodología de extracción de Meza, se pudo obtener una cantidad eficiente considerando el porcentaje de almidón del olluco, representando un resultado optimo obteniendo 60 g de almidón, de 12 kg de olluco procesado, representando el 47.77%.

Conforme al objetivo específico 2: Elaborar cuatro películas de bioplásticos a partir del almidón de olluco (*Ullucus tuberosus*) y caracterizar las propiedades del material.

En la presente investigación a partir del almidón de olluco, así como con los insumos de glicerina, ácido acético y agua destilada conjuntamente, se elaboraron cuatro películas de bioplásticos. Estos bioplásticos fueron elaboradas con distintas variantes en su composición para la obtención de características físicas desiguales; es así que los bioplásticos resultantes en la presente investigación mostraron distintos grosores de 0,3 mm, 0,3 mm, 0,5 mm y 0,4 mm, y todas las muestras demostraron ser bastantes flexibles y resistentes con una textura plastificante. De igual forma se caracterizaron estas muestras con distintos ensayos de resistencia, dureza y flexibilidad, demostrando un esfuerzo máximo de tracción en la muestra tres de 0.5047 kg/cm², un porcentaje de elongación máxima del 10%, y una dureza de 1.830 kg/cm². En una investigación realizada en Guatemala por Villalta se elaboró bioplásticos a partir de almidón de cascara de mango y se determinó la resistencia y tensión en sus propiedades, expresando como resultado un esfuerzo de tracción de 1.776 kg/cm², asimismo una dureza de 7.862 kg/mm². Por otro lado, en una investigación efectuada en Lima por Meza se elaboraron bioplásticos de almidón obtenido de peladoras de papa y se precisaron en sus propiedades mecánicas, un esfuerzo de tracción de 14.990 kg/cm² y un porcentaje de elongación de 19.99%. Asimismo, en una investigación ejecutada en Pimentel por Escribano se elaboraron muestras de bioplásticos a partir de cascara de maracuyá y se determinó un esfuerzo de tracción de 15.091 kg/cm² y un porcentaje de elongación del 19.62%. En estas investigaciones descritas, se puede valorar que todas cumplen con las especificaciones descritas en la norma ASTM al tener un esfuerzo de tracción mayor a 0.35 kg/cm², asimismo en cuanto a la propiedad de dureza se superó el mínimo de 4.50 kg/mm². En la presente investigación se elaboraron optimas muestras de bioplásticos utilizando el almidón de olluco, donde se demostró tener propiedades de tensión y resistencia aptas a lo descrito en las especificaciones y una propiedad de flexibilidad también por encima del límite dispuesto, sin embargo, con un porcentaje de menor valor en comparación con las investigaciones descritas anteriormente.

Conforme al objetivo específico 3: Determinar el tiempo de biodegradación de los bioplásticos mediante un sistema controlado de compostaje, evaluando las condiciones físicas de desintegración del material y la liberación de CO₂ en referencia a la norma ISO 17556.

En esta investigación, se determinó el tiempo de biodegradación de los bioplásticos elaborados a partir del almidón de olluco en sistemas controlados de compostaje, con una evaluación física de la desintegración del material y, a escala de laboratorio, capturando el CO₂ en el proceso de biodegradación descrito en la norma ISO 17556, con lo cual determinamos un porcentaje de biodegradabilidad del 83% en 45 días, y de acuerdo a las condiciones físicas del material, totalmente biodegradado. En una investigación realizada por Álvarez en Bogotá se evaluó la biodegradabilidad de los bioplásticos a partir de Xioglucano de tamarindo, en un compostaje controlado a nivel de laboratorio donde se determinó un alto porcentaje de biodegradación del 40.34% en 18 días. Por otro lado en una investigación realizada por Meza en Lima sobre la biodegradabilidad de bioplásticos elaborados a partir de los residuos de peladoras de papa se precisó un porcentaje de biodegradación del 64.21% en 92 días mediante la técnica el compostaje a escala de laboratorio. Asimismo, en una investigación efectuada por Escribano en Pimentel se demostró la biodegradabilidad de bioplásticos elaborados a partir de cascara de maracuyá donde se evaluó un alto valor de biodegradación determinando un porcentaje del 93% en 43 días mediante la valoración de pérdida de masa. En estas investigaciones se determina que el porcentaje de biodegradación varía según el medio y la técnica de valoración demostrando mayor velocidad de biodegradabilidad en un sistema de compostaje. En la presente investigación la evaluación de biodegradabilidad en los bioplásticos demostró tener una alta velocidad de biodegradación representando ecoeficiencia por parte del material y ser una gran alternativa sustentable a los plásticos convencionales; esto también en gran parte a la composición de los bioplásticos, siendo la glicerina el único insumo químico que fue utilizado y que fácilmente es biodegradado por especies de *Bacillus circulans* y *Aspergillus funigatus* según las investigación realizada por Guzmán (2011).

CONCLUSIONES

En la presente investigación se logró evaluar la biodegradabilidad de los bioplásticos elaborados a partir de almidón de olluco en referencia a la norma ISO 17556, indicando que el bioplástico de la muestra dos presentó un alto nivel de biodegradación del 83% a los 45 días y la muestra tres demostró tener mejores propiedades de resistencia y flexibilidad, por lo que esta información puede ser utilizada en futuros campos de investigación y aplicación. Representando resultados favorables para ser utilizado como una alternativa sustentable a los plásticos convencionales por su impacto ambiental.

Se concluye que la metodología para la extracción del almidón cumple con el óptimo aprovechamiento, utilizando la técnica de decantación y eliminando el sobrenadante se determinó la cantidad de 12 g de almidón en polvo obtenido de 12 kg de olluco (*Ullucus tuberosus*) procesado.

Se concluye que se logró elaborar los bioplásticos a nivel de laboratorio con variantes desiguales para obtener el mejor, siendo así que la muestra tres demostró un comportamiento mecánico más resistente siendo elaborada con 20g de almidón, 5 ml de ácido acético, 5 ml de glicerina y 120 ml de agua destilada; este bioplástico alcanzo un esfuerzo máximo de tracción de 0.5047 kg/cm² y un porcentaje de elongación del 10% en los ensayos.

Se concluye que en la evaluación de biodegradabilidad tomando como referencia la norma ISO 17556, indica que el bioplástico elaborado demostró un alto valor de biodegradación logrando un 83% en 45 días, en base a la cantidad de dióxido de carbono capturado.

RECOMENDACIONES

Que habiéndose determinado la ecoeficiencia de este material a partir de este producto orgánico que es el *Ullucus tuberosus* de las variedades *Muru lisa* y *Bela api chuccha*, pueda ser una base para ser analizado y aplicado como una alternativa sostenible a los plásticos convencionales.

Se recomienda que las propiedades de flexibilidad de los bioplásticos puedan ser mejorados, si bien cumple con el rango, resulto demostrar un valor menor a las otras investigaciones.

Se recomienda la investigación y utilización de nuevas materias orgánicas poco aprovechadas para la elaboración de bioplásticos, ya que además de añadirles un valor agregado como insumos, también apoyamos la utilización de nuevas fuentes renovables para los productos más demandantes en la actualidad.

Se recomienda realizar un estudio en el compostaje utilizado de las especies microbiológicas que actúan durante el proceso de biodegradación, antes y después del estudio, analizando el comportamiento microbiológico y la aparición de nuevas especies.

En cuanto al ensayo de tracción se recomienda utilizar un equipo específico de tracción universal para resultados más precisos.

Se recomienda una investigación más detallada de las características del almidón de *Ullucus tuberosus* extraído, la estructura morfológica de sus granos, así como sus valores de amilosa y amilopectina presentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acciona. (2018). ¿Qué vienen a ser los Bioplásticos? Lugar de publicación: *Adecuada vida sostenible para Todos*. <https://www.sostenibilidad.com/medio-ambiente/que-son-los-bioplasticos/>
- Acosta, C., Solís O., Villegas, O. y Cardoso, L. (2013). “Precomposteo de residuos orgánicos y su efecto en la dinámica poblacional de *Eisenia foetida*” *Scielo*, volumen 37 (N°1), pág. 1.
- Aimpler, (2020). “ISO 14855: Degradación aeróbica con expectativas de compostaje evaluadas”. Lugar de publicación: *Aimpler Blog*. <https://n9.cl/lg8uk>
- Alarcón, F., y Dufour, D. (1998). “Almidón Agrio de Yuca en Colombia”, Cali, Colombia, CIAT N°268.
- Álvarez, P. (2019). “Evaluación de la Biodegradabilidad de una Película de Plástico de Biopolímero Sintetizado a partir de Xiloglucano de Tamarindo” (Trabajo de Grado para Titulación). Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Araujo, C., Rincón, A., y Padilla, F. (2004), “Caracterización del almidón nativo de *Dioscorea bulbifera* L.”. *Scielo*, Volumen 54 (N° 42).
- Arbieto, R. (2016). “Análisis de la situación de la Salud del Centro Poblado menor de la Esperanza”. (Trabajo de Investigación). Dirección Regional de Salud de Huánuco, Huánuco.
- Avella, M., Vlieger, J., Fischer, S., y Errico, M. (2005). “Películas nanocompuestos de almidón / arcillas biodegradables para aplicaciones de envasado de alimentos”. *AGRIS*, Volumen 93 (N° 3), 467 – 474

- Baptista, Fernández y Hernández. (2010). "Enfoques cuantitativo, cualitativo y mixto". Lugar de Publicación: *Eumed.net*. <https://n9.cl/q9x8b>
- Bravo, P. (2016). "Acelerador de Compostaje". Compostera. <https://compostera.cl/products/acelerador-de-compostaje-humol>
- Bejarano, N. (2018). "*Estudio de las Propiedades Mecánicas de un Biopolímero a partir del contenido de Almidón de Cascara de Plátano*" (Tesis para Bachiller). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- Bejarano, N. y Navia, D. (2014). "Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial". Volumen 12, N° 02. Pág. 40 – 48.
- Bello, L., Contreras, S., Romero, R., Solorza, J. y Jiménez, A. (2002). "Propiedades químicas y funcionales del almidón modificado de plátano *Musa paradisiaca* L.". *Agro ciencia*, Volumen 36 (N° 36), pág. 169-180.
- Bernal, L., y Martínez, E. (2006). "Una nueva visión de la degradación del almidón". *Revista del Centro de Investigación*, Volumen 7 (N° 25), pág. 77 – 90.
- Bernardo, A. (2013). "Bioplásticos, la nueva Invención Tecnológica más respetuosa con el Medio Ambiente". Lugar de publicación: *Blogthinkbig*. <https://blogthinkbig.com/bioplasticos-medio-ambiente>
- Billmeyer, F. (1975). "*Ciencia de los Polímeros*", Barcelona, y España. Editorial Reverte, S.A; 1975.
- BioGreenPlanet. (2021). Acelerador de Composta. Lugar de publicación: *Bio Green Planet* <https://www.biogp.com/acelerador-de-composta8203.html>.
- Cardona, C., Sánchez, O., Ramírez, J., y Alzate, L. (2004). "Biodegradación de residuos orgánicos de plazas de mercado". *Revista Colombiana de Biotecnología*, Volumen VI (N° 2), pág. 78-89.

- Castells, P. (2009). "El almidón ". Lugar de la publicación: *Investigación y Ciencia*.
<https://www.investigacionyciencia.es/revistas/investigacion-y-ciencia/biocarburantes-489/el-almidn-1136>
- Chavez, A., y Rodríguez, A. (2016). "Aprovechamiento de residuos orgánicos agrícolas y forestales en Iberoamérica". *Revista Academia y Virtualidad*, Volumen 9 (N° 2), pág. 90-107.
- CENEM. (2019). ¿Qué es la Biodegradación? Lugar de publicación: BIOPOLCOM CHILE. <https://biopolcom.cl/index.php/2019/07/19/que-es-la-biodegradacion/>
- CIT, (2015). "Degradación de los Materiales Plásticos". (N° 21). Recuperado de: <http://ecoplas.org.ar/pdf/21.pdf>
- Chinchayhuara, Rosario., Quispe, Rocío. (2018). "*Elaboración de bioplásticos con residuos orgánicos a base de cáscara de plátano y mango para reducir la contaminación por el uso de plásticos sintéticos en Trujillo – 2018*" (Trabajo de Investigación de Bachiller). Universidad Cesar Vallejo, Trujillo – Perú.
- ClimateData. Org. (Sin fecha). "Huánuco Clima – Perú". Lugar de publicación: *ClimateData. Org.* <https://es.climate-data.org/america-del-sur/peru/huanuco/huanuco-3405/>
- Conciencia Eco. (2019). ¿Qué es el Compostaje? Lugar de publicación: *Conciencia Eco.* <https://www.concienciaeco.com/2013/07/19/que-es-el-compostaje/>
- Consorcio La Palma. (2016). "¿Qué son Residuos Orgánicos?". Lugar de publicación: *Cabildo de la Palma*. <http://www.cslapalma.org/5cubitos/que-son-los-residuos-organicos>

- DIRESA – HCO. (2016). “Problemática De Residuos Sólidos En Huánuco”. Recuperado de <http://www.ods.org.pe/material-de-consulta/10-botaderos-en-huanuco-diresa/file>
- Ecozema. (2012- 2020). “Biodegradabilidad y Compostabilidad”. Recuperado de: <https://ecozema.com/es/focus/biodegradabilidad-y-compostabilidad/>
- EPA. (Sin fecha). “El Reciclaje”. Lugar de la publicación: Oficina de Defensa Ambiental en los Estados Unidos. <https://espanol.epa.gov/espanol/el-reciclaje>
- Escribano, Víctor. (2020). “*Desarrollo y caracterización de un bioplástico a partir de cascara de maracuyá*” (Tesis pregrado). Universidad de Sipán.
- Espada, Lucía. (2016). “*Desarrollo de Materiales Bioplásticos Proteicos con elevada capacidad de Absorción de Agua*” (Tesis para el grado de Doctor). Universidad de Sevilla.
- García. A. (2015). *Obtención de un Polímero biodegradable a partir de Almidón de Maíz* (Informe Final de Investigación). Escuela de Ingeniería Química, Santa Tecla.
- García. K. (2022). *Obtención de empaques biodegradables a partir del almidón de yuca (Manihot esculenta Crantz) y maíz (Zea mays)*. (Tesis para el grado de Maestro). Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Godínez, M., Juárez, S., Nieto, R. y Senties, M. (2016). “Los Bioplásticos: Resultados Ambientales” (Investigación bibliográfica – experimental). Instituto de Asunción, México.
- Guzman. (2011). “Aislamiento y caracterización de microorganismos nativos y aprovechamiento del glicerol como única fuente de carbono”. CEIAM, Universidad Industrial de Santander.

- IGP. (Sin fecha). "El Clima en el Perú: Huánuco". Lugar de publicación: MET.
<https://n9.cl/krih4>
- Ing. García Quiñonez, Alma. (2015). "Obtención De Un Polímero Biodegradable A Partir De Almidón De Maíz" (Programa de Investigación Aplicada). Escuela Especializada en Ingeniería ITCA – FEPADE.
- Interempresas, (2020). ¿Qué es biodegradable? Lugar de la publicación:
<https://www.interempresas.net/Envase/Articulos/263319-Que-es-biodegradable.html>
- Iñiguez, A. y Castillo, A. (2011). "*Obtención del Ácido Láctico a partir del almidón de papa (Solanum Tuberosum L) como materia prima para la fabricación de material descartable biodegradable*" (Tesis para la obtención del Título de Ingeniero Ambiental). Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca.
- Labeaga, Aitziber. (2018). "*Polímeros biodegradables. Importancia y potenciales aplicaciones*" (Trabajo de fin de Master). Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- Lab. Químico. (2015). ¿Qué es la Decantación? Lugar de publicación: Laboratorio Químico, <https://n9.cl/tgu0>
- León, J. (2014). *Huánuco: 4 Comunidades se preparan para vender Oca, Olluco y Mashua en Tottus*. Agencia agraria de Noticias.
<https://www.agraria.pe/noticias/huanuco-4-comunidades-se-preparan-para-vender-oca-olluco-y-6763>
- Lon, J. M. (1995). "Polímeros Naturales". Lugar de publicación:
<https://www.pslc.ws/spanish/natupoly.htm>
- López, O. (2011). "*Desarrollo, Caracterización y Aplicación De Envases Biodegradables A Partir De Almidón*" (Tesis Doctoral). Universidad Nacional de La Plata.

- MARKA Investigación, (2017). Metodología de la Investigación. Marka Investigación. Recuperado de: <https://markainvestigacion.wordpress.com/>
- Martinez, C., Pluas, R., y Zambrano, Y. (2020, Octubre). Los bioplásticos: para una alternativa ecológica. Polo del Conocimiento, Vol. 5 (Edición 50), pág. 274-282. file:///C:/Users/usuario/Downloads/Dialnet-LosBioplasticos-7659419.pdf
- Mater – Bi, (2015). “Biodegradabilidad y Compostabilidad”. Lugar de publicación: <https://n9.cl/jpyrp>
- Meneses, J., Corrales, C. y Valencia, M. (2007). “Síntesis y Caracterización de un Polímero Biodegradable a partir del Almidón de Yuca”. *Scielo – Revista EIA*, 1794-1237.
- Meza, P. (2016). *“Elaboración de Bioplásticos a partir de Almidón Residual obtenido de peladoras de Papa y determinación de su Biodegradabilidad a nivel de Laboratorio”* (Tesis para optar por Titulación). Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Meza, P., Quipuzco, L., Meza, V. (2019). “Elaboración de bioplásticos y determinación de su biodegradabilidad - Proyecto de laboratorio”. *Revista del Instituto de Investigación*, Volumen 22 (43), 67 – 80.
- Mg. Manrique, L. (2015). *“La Educación Ambiental y el Tratamiento de los Residuos Sólidos Orgánicos en el Mercado Modelo de la Ciudad De Huánuco, Periodo 2015”* (Tesis para el grado de Doctor). Universidad de Huánuco, Escuela de Posgrado.
- MINAM. (2017). Las cifras en el mundo y del Perú. Lugar de la publicación: Portal del Ministerio del Ambiente. <http://www.minam.gob.pe/menos-plastico-mas-vida/cifras-del-mundo-y-el-peru/>
- Navarro, Moral, Gómez y Mataix. (1995). “Residuos Orgánicos y Agricultura”, Alicante, España. Compobell, S.L. Murcia.

OCEANA. (2016). ¿Un Mar de Plásticos? Lugar de la publicación: Portal OCEANA “Protegiendo los Océanos del Mundo”. <https://peru.oceana.org/es/our-campaigns/plasticos/campaign>

Packsys. (2012). “La Diferencia entre Degradable, Biodegradable y Compostable”. Lugar de Publicación: <http://www.packsys.com/blog/degradable-biodegradable-y-compostable/>

Plastics Europe. (2013). ¿Qué es el Plástico? Lugar de publicación: *Productores de Materias Plásticas*. <https://www.plasticseurope.org/es/about-plastics/what-are-plastics>

Peñaranda, O., Perilla, J., y Algecira, N. (2008). “Revisión de la modificación química del almidón con ácidos orgánicos”. *Revista Ingeniería e Investigación, Volumen 28* (N° 3), pág. 47 – 52.

Portal UNAS. (2016). *Reseña Histórica Universidad Nacional Agraria de la Selva*. <https://portal.unas.edu.pe/content/breve-resena-historica>

Puraca, E. y Durand, F. (2020). “*Determinación del método de extracción de almidón del taro (Colocasia Esculenta), para la elaboración de bioplástico en la Universidad Peruana Unión*” (Tesis para optar por la Titulación). Universidad Peruana Unión.

Raviolo, A., Garritz, A., y Sosa. (2011). Sustancia y Reacción Química. (Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación). Universidad de Cádiz, Cádiz.

Remar, (2011). “Bioplásticos”. Red de Energía y Medio Ambiente. Recuperado de: www.gaiker.es › includes › descarga

Rhim, J., Park, H., Chang, S. (2013). “Bio-nanocomposites para aplicaciones de envasado de alimentos”. Science Direct, volumen 38 (N°10 - 11), pag.1629-1652.

- Rímac, Ana. (2019). “*Bioplásticos*” (Trabajo de investigación para el grado de Bachiller). Universidad Científica del Sur, Perú.
- Rodríguez, A. (2012). “Biodegradabilidad de Materiales Bioplásticos”. *Ciencia y Tecnología de Alimentos, Volumen 22* (N°3).
- Rodríguez, J. (2008). *Manual de Compostaje*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. <https://n9.cl/3uld6>
- RPP Noticias. (2017). “Huánuco: constatan alto grado de contaminación en el río Huallaga”. Lugar de publicación: RPP Noticias Huánuco <https://rpp.pe/peru/huanuco/huanuco-constatan-alto-grado-de-contaminacion-en-el-rio-huallaga-noticia-1049689?ref=rpp>
- Ruiloba, I., Li, M., Quintero, R., y Correa, J. (2018). “Fabricación del bioplástico a base del almidón obtenido de las semillas de mango”. *Semantic Scholar, Volumen 4* – N.
- Salgado, L. y Herrera, V. (2020). “*Análisis de la Sostenibilidad para la producción de bioplásticos a partir de los residuos de Musa Balbisiana y Zea Mays*” (Trabajo de Investigación para Bachiller). Universidad Peruana Unión.
- Supo, J. y Zacarias, H. (2020), “*Metodología de la Investigación Científica*”, Independently Published.
- Villalta, A. (2018). “*Evaluación de la Biodegradabilidad de diferentes Formulaciones de un Bioplástico Sintetizado, a partir del Almidón obtenido de la Cáscara de Mango (Mangifera Indica L.) a Escala Laboratorio*” (Tesis para optar por la Titulación). Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Wiki, A. (2010). “¿Pará que sirve la Amilopectina? Beneficios y propiedades”. *Tu mejor Versión*. <https://blog.nutritienda.com/amilopectina/>

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Mallqui Berrospi, A. (2023). *Evaluación de la biodegradabilidad en bioplásticos a partir de almidón de olluco (Ullucus tuberosus) mediante la técnica de compostaje*. [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <https://...>

ANEXOS

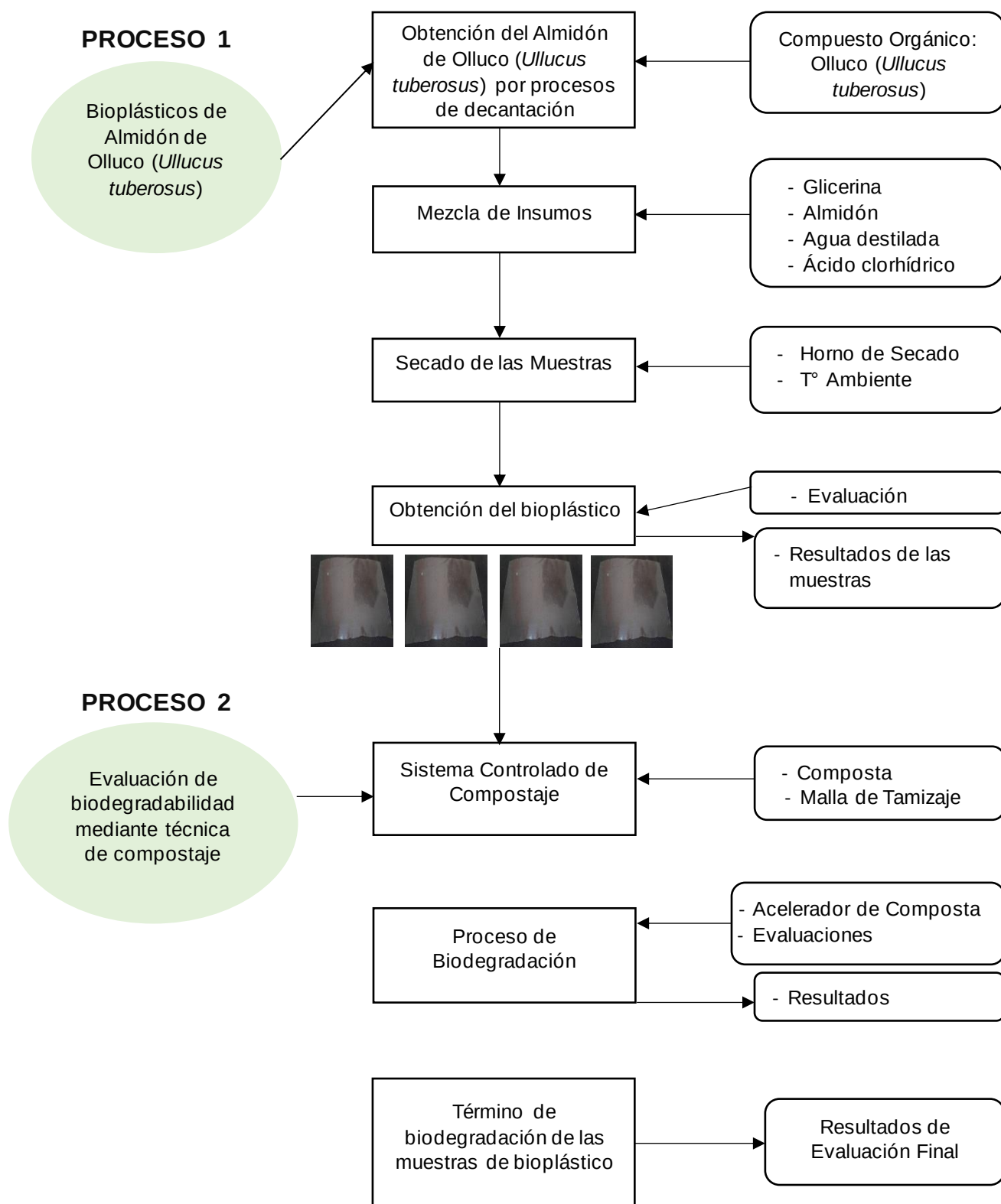
ANEXO 01 MATRIZ DE CONSISTENCIA

Título: “Evaluación de la Biodegradabilidad en Bioplásticos a partir de Almidón de Olluco (*Ullucus tuberosus*) mediante la Técnica de Compostaje”

Tesista: Bach. Mallqui Berrospi, Andrea Melody

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS	VARIABLES/INDICADORES	DIMENSIONES	MÉTODO
¿Cómo se da la biodegradabilidad en bioplásticos elaborados a partir de almidón de Olluco (<i>Ullucus tuberosus</i>) mediante la técnica de compostaje?	Evaluar la biodegradabilidad en bioplásticos elaborados a partir de almidón de Olluco (<i>Ullucus tuberosus</i>) mediante la técnica de compostaje.	El presente proyecto no cuenta con una hipótesis al ser un estudio analítico, ya que la investigación no expresa la necesidad de afirmar o negar. Así mismo el estudio buscara la cuantificación de la relación entre las variables. (Supo y Zacarías, 2020)	VARIABLE INDEPENDIENTE: Bioplásticos Indicadores: - Extracción del Almidón: Gramos - Fuerza de tracción: kg/cm ² - Dureza: kg/cm ² - Elongación: %	Elaboración y caracterización de propiedades mecánicas	POBLACIÓN La población del estudio es el <i>Ullucus tuberosus</i> MUESTRA Cuatro películas de bioplástico NIVEL DE INVESTIGACIÓN Se emplea un estudio analítico, teniendo un enfoque cuantitativo experimental.
PROBLEMAS ESPECÍFICOS ¿La metodología de extracción del almidón a partir del Olluco (<i>Ullucus tuberosus</i>) es eficiente?	OBJETIVOS ESPECÍFICOS Evaluar la metodología elegida en la extracción del almidón de Olluco (<i>Ullucus tuberosus</i>).	De la misma forma esta investigación carece de hipótesis ya que se identifican relaciones potenciales entre variables, y se establecerá una línea general de investigaciones posteriores más rigurosas. (MARKA Investigación, 2017)	VARIABLE DEPENDIENTE: Biodegradabilidad Indicadores: - CO ₂ : mg - Tiempo: días - Temperatura: °C - Humedad: %	Evaluación y tiempo de biodegradación	DISEÑO “Diseño Experimental” GE O GC O1-----O2 GE: Grupo Experimental GC: Grupo de Control O1: Datos de primera estancia O2: Datos de evaluación final
¿De qué manera se da la elaboración de los bioplásticos a partir del almidón de olluco (<i>Ullucus tuberosus</i>) y que propiedades presentan?	¿De qué manera se da la elaboración de los bioplásticos a partir del almidón de olluco (<i>Ullucus tuberosus</i>) y que propiedades presentan?				
¿En cuánto tiempo se da la biodegradación de los bioplásticos mediante un sistema controlado de compostaje, evaluando las condiciones físicas de desintegración del material y la liberación de CO ₂ en referencia a la norma ISO 17556?	Determinar el tiempo de biodegradación de los bioplásticos mediante un sistema controlado de compostaje, evaluando las condiciones físicas de desintegración del material y la liberación de CO ₂ en referencia a la norma ISO 17556.				

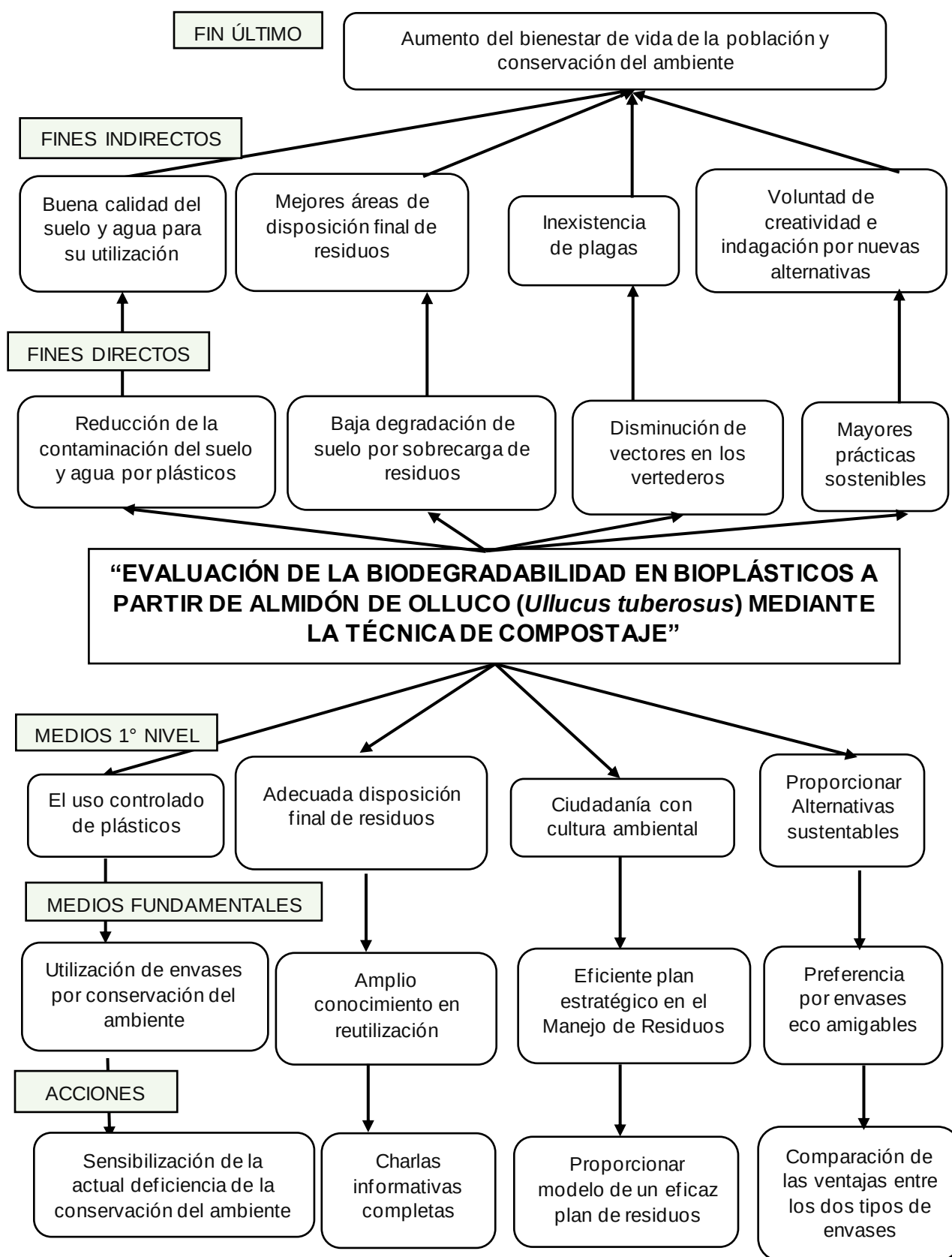
ANEXO 02 FLUJOGRAMA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN



ANEXO 03 DIAGRAMA DE CAUSAS Y EFECTOS



ANEXO 04 DIAGRAMA DE MEDIOS Y FINES



ANEXO 05 RECOLECCIÓN DE DATOS

Recolector de Datos: Andrea Melody Mallqui Berrospi

Departamento: Huánuco **Provincia:** Huánuco

ANEXO 05

RECOLECCIÓN DE DATOS

Recolector de Datos: Andrea Melody Mallqui Berrospi

Departamento: Huánuco **Provincia:** Huánuco

BIOPLÁSTICOS

Ensayo de Tracción y Elongación

Bioplásticos	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Fuerza de tracción (Kg/cm ²)	Elongación Máxima (%)	Método de Referencia
M1	0,3 mm	2 cm	0,4166 Kg/cm ²	7.50%	ASTM D882 (Método de prueba estándar para las propiedades de funcionalidad de bioplásticos)
M2	0,3 mm	2 cm	0,3875 Kg/cm ²	5.83%	
M3	0,5 mm	2 cm	0,5047 Kg/cm ²	10%	
M4	0,4 mm	2 cm	0,4895 Kg/cm ²	9.16%	

Nota: Por Sánchez Hernández, Kevin Rai

Ensayo Físico de Peso y Grosor

Bioplásticos	Peso (g)	Grosor (mm)
Bioplástico 01	6,50 g	0,3 mm
Bioplástico 02	4,76 g	0,3 mm
Bioplástico 03	9,60 g	0,5 mm
Bioplástico 04	8,77 g	0,4 mm

Ensayo de Dureza

Mustr.	Deformación según dureza (mm)	Fuerza de adhesividad (g)	Longitud de extensibilidad (mm)	Caída Carga de Fractura (g)	Deformación Fractura (%)
M1	3.14 mm	132 g	11.66 mm	1074 g	3.8%
M2	2.25 mm	136 g	12.09 mm	172 g	1.9%
M3	3.80 mm	264 g	18.45 mm	2615 g	4.7%
M4	3.63 mm	480 g	11.83 mm	1088 g	3.4%

BIODEGRADABILIDAD

Caracterización del Compost

Parámetro	Valor
pH	6.92
M.O	18.40%
N	0.84%
K ₂ O	0.717%
CaO	0.387%
MgO	0.086%
Hd	57.50%
Na	0.080%

Nota: Por Meza Ramos, Paola Nathali

CO₂ Liberado día 3

Días después de la incubación	Código de muestra	Gasto HCl (mg)	CO ₂ emitido (mg)
3	M1	3.5	0.47
	M2	1.8	0.60
	M3	2.5	0.55
	M4	1.8	0.60

CO₂ liberado día 7

Días después de la incubación	Código de muestra	Gasto HCl (mg)	CO ₂ emitido (mg)
7	M1	1.8	0.27
	M2	1.3	0.28
	M3	2.5	0.25
	M4	2.8	0.24

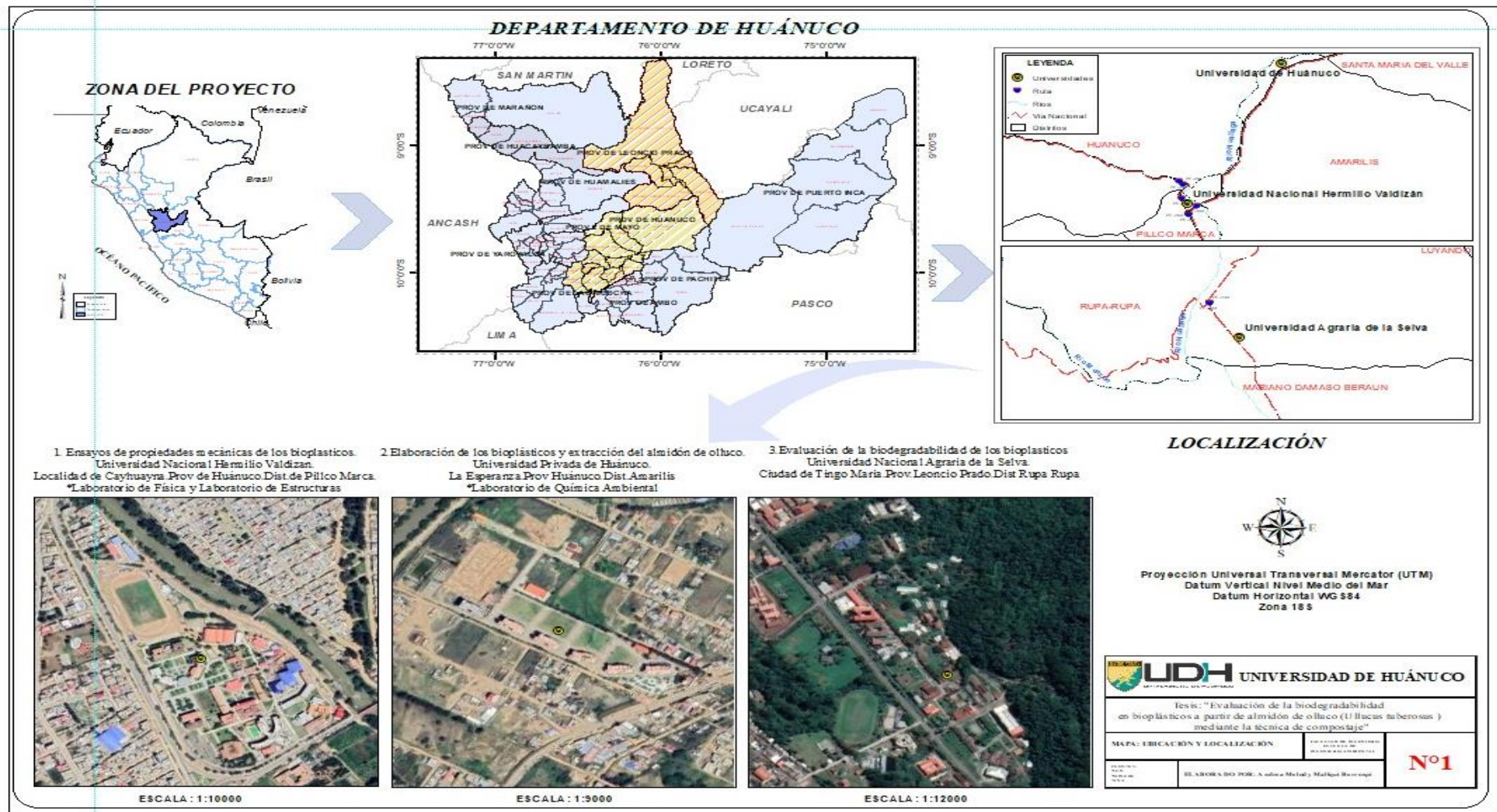
CO2 liberado día 14

Días después de la incubación	Código de muestra	Gasto HCl (mg)	CO2 emitido (mg)
14	M1	1.5	0,1
	M2	1.6	0,14
	M3	1.9	0,13
	M4	1	0,15

Tiempo de biodegradación total por la suma de CO2 liberado en referencia a la ISO 17556

Muestra	Cantidad de CO2 emitido por compost (mg)	Cantidad de CO2 emitido por bioplástico (mg)	Tiempo (días)
Bioplástico 01	2.54	2.70	45
Bioplástico 02	2.57	3.28	45
Bioplástico 03	2.35	2.99	45
Bioplástico 04	2.38	3.18	45

ANEXO 06 PLANO DE UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN



ANEXO 07 PANEL FOTOGRÁFICO

Extracción del Almidón

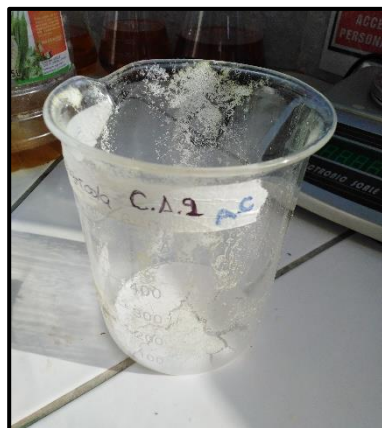
Pelado y pesado del olluco (*Ullucus Tuberosus*).



Trituración y colación del *Ullucus tuberosus*.



Proceso de decantación y secado.



Elaboración de los bioplásticos

Medida y preparación de insumos necesarios en la elaboración: Agua destilada, ácido acético, glicerina y almidón de *Ullucus tuberosus*.



Pesado y medición de cada insumo.



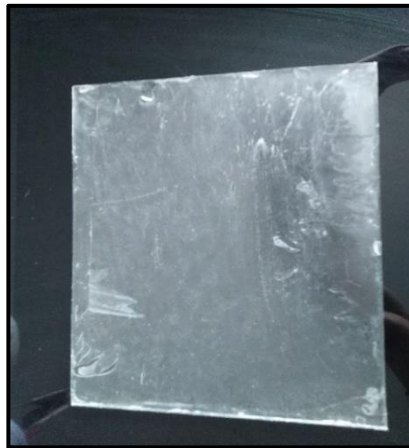
Mezcla homogénea de todos los insumos en un vaso y llevar al agitador térmico.



Cambiar la temperatura y revoluciones indicadas hasta que la mezcla esta lista y colocar sobre los moldes.



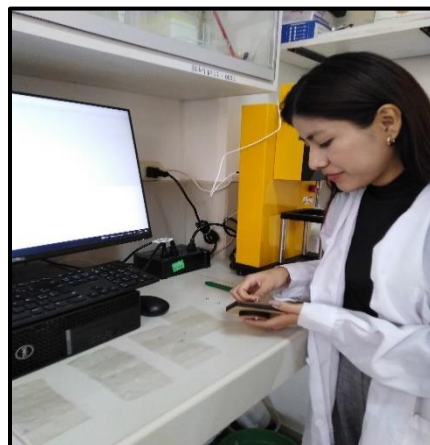
Colocamos los moldes en el equipo de secado y retirarlo 24h después.



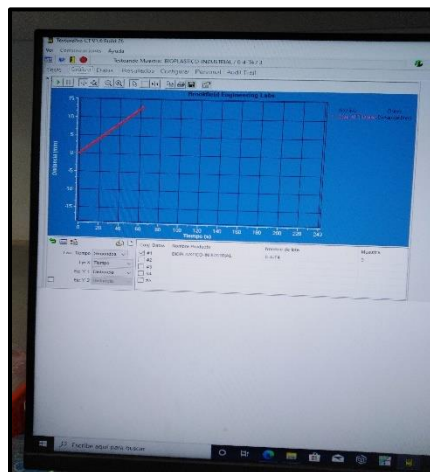
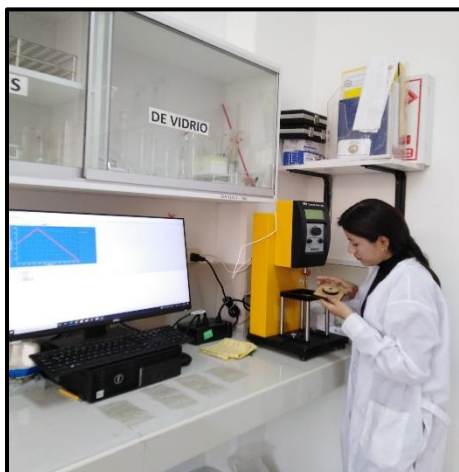
Ensayo de dureza de los bioplásticos con el equipo Analizador de Textura de alta gama del modelo CT3 25K.



Ensayo de dureza de tres repeticiones por cada muestra en bioplásticos de 8x7cm.



Ensayo de cada muestra y resultados en el software Textura Pro del equipo.

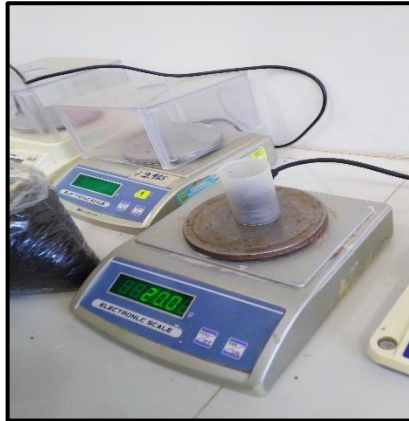


Ensayo de fuerza de traccion y porcentaje de elongación acondicionado con pesas de acero.



Evaluación de la Biodegradabilidad

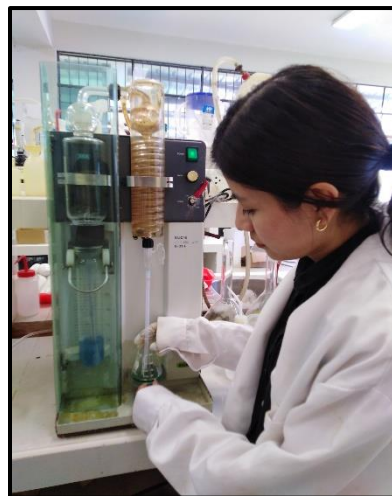
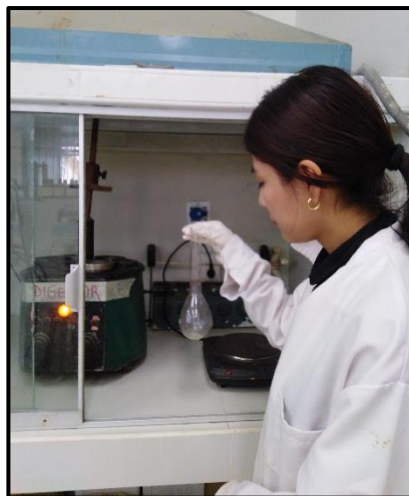
Análisis del compost que se utilizó como medio de biodegradación: pHmetro



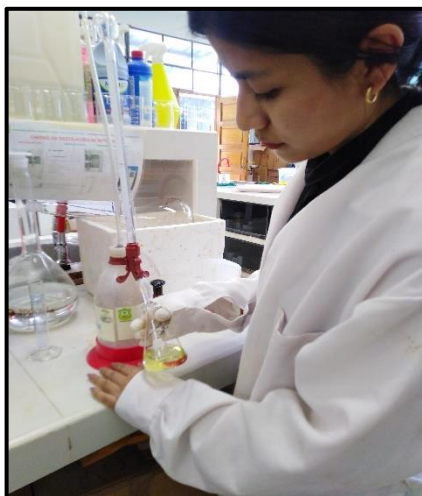
Análisis de fósforo del compost por filtración de ceniza.



Análisis del nitrógeno del compost por destilación de NaOH y titulación de HCl.



Análisis de parámetros de muestra de compost con apoyo del espectrofotómetro.



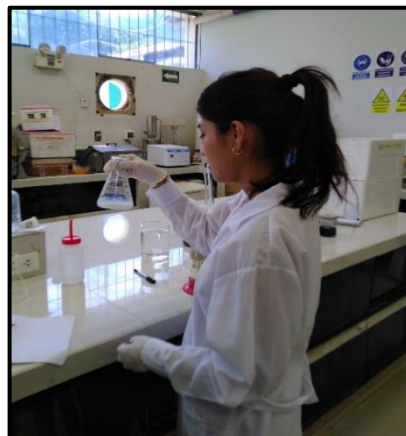
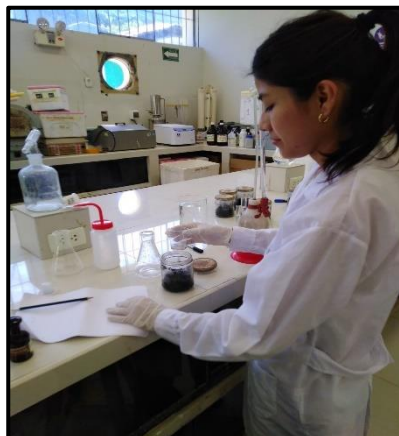
Colocación de las muestras de bioplástico en sistemas controlados de compostaje en el Laboratorio de Suelos de la UNAS.



Separación de muestras de 100 gr de compost y bioplástico, con 10 ml de NaOH dentro del envase conjuntamente con la muestra.



Evaluación de biodegradabilidad después de la incubación, retirando el vaso de NaOH y colocándolo en un matraz.



Adición de 10 ml de BaCl_2 al matraz con NaOH, reaccionando en una mezcla blanca lechosa.



Adición de fenolftaleína, hasta la reacción fucsia en la mezcla por los microorganismos.



Realización de la titulación electrónica con ácido clorhídrico para medir el gasto en el periodo de tiempo.



Repetición del procedimiento, añadiendo un vaso de 10 ml de NaOH dentro del envase, para el proceso de incubación nuevamente.



Fotografía junto al Biólogo Alejandro Rolando Duran Nieva.



ANEXO 08 RESULTADOS MUESTRA DE COMPOST



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Facultad de Agronomía - Laboratorio de Suelos, Aguas y Ecotoxicología

Carretera Central Km 1.21 - Tingo María - Celular 944407531

analissuelosunax@hotmail.com



ANÁLISIS ESPECIAL

SOLICITANTE: MALLQUI BERROSPI ANDREA MELODY

SOLICITANTE: MALLQUI BERROSPI ANDREA MELODY																		
DATOS DE LA MUESTRA				RESULTADOS EN BASE HUMEDA				RESULTADOS EN BASE SECA										
Código	Referencia	PH	CE uS/cm	Humedad Hd (%)	Materia Organica (%)	Cenizas (%)	Materia Organica (%)	Cenizas (%)	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	Ca (%)	Mg (%)	Na (%)	K (%)	Zn ppm	Fe ppm	Cu ppm	Mn ppm
E0951	COMPOST	6.92	4750	57.50	18.40	24.10	43.29	56.71	0.84	0.7779	0.387	0.086	0.080	0.717	106.768	577.501	26.450	210.788

MUESTREO POR EL SOLICITANTE

RECIBO N° 001-0664625

Tingo María 30 de noviembre 2022



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María



Dr. JESÚS ALFREDO HUAMANI YUPANQUI
Jefe del Laboratorio de Suelos, Aguas y Ecotoxicología