



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL



**BIODEGRADABILIDAD DE BIOPLÁSTICOS A PARTIR DE
CÁSCARA DE MUSA PARADISIACA Y DESECHOS DE
OPUNTIA FICUS-INDICA, JULIACA, 2022**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. MARY YESENIA MACHACA CHAMBILLA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL**

JULIACA – PERÚ

2024



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

**BIODEGRADABILIDAD DE BIOPLÁSTICOS A PARTIR DE
CÁSCARA DE MUSA PARADISIACA Y DESECHOS
DE OPUNTIA FICUS INDICA, JULIACA, 2022**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. MARY YESENIA MACHACA CHAMBILLA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL**

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

:



Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

PRIMER MIEMBRO

:



Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

SEGUNDO MIEMBRO

:



M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

ASESOR DE TESIS

:



Dr. ARNALDO YANA TORRES

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

CONTAMINACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL – P22



RESOLUCIÓN DECANAL N° 548-2024-D-FICP-UANCV

Juliaca, 16 de diciembre de 2024

VISTOS:

El **OFICIO N° 113-2024-D/EPISA/FICP-UANCV** del Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y Resolución Decanal N°539-2024 de fecha 10 de diciembre de 2024 sobre la aprobación del Informe Final del trabajo de Investigación (tesis) titulado: **BIODEGRADABILIDAD DE BIOPLÁSTICOS A PARTIR DE CÁSCARA DE MUSA PARADISIACA Y DESECHOS DE OPUNTIA FICUS-INDICA, JULIACA, 2022**; y el trámite solicitado por el Bachiller en **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** y;

CONSIDERANDO:

Que, el Bachiller: **MARY YESENIA MACHACA CHAMBILLA**; ha solicitado fecha y hora para efectuar la sustentación del Informe Final del Trabajo de Investigación (tesis) titulado: **BIODEGRADABILIDAD DE BIOPLÁSTICOS A PARTIR DE CÁSCARA DE MUSA PARADISIACA Y DESECHOS DE OPUNTIA FICUS-INDICA, JULIACA, 2022**, para rendir el examen de sustentación del trabajo de Investigación (tesis) y optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**, y;

Que, los Jurados designados por el Director y el Responsable del Comité de Investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, de la FICP, están integrados por los siguientes Docentes;

- * **Presidente** : **Dr. MILTHON QUISPE HUANCA**
- * **1er Miembro** : **Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES**
- * **2do Miembro** : **M.Sc. JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA**
- * **Asesor** : **Dr. ARNALDO YANA TORRES**

De conformidad al Reglamento de aseguramiento de calidad de trabajos de investigación, con fines de obtención de grados académicos y títulos profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO. - **APROBAR** Lugar, Día y Hora para que el (la) bachiller: **MARY YESENIA MACHACA CHAMBILLA**; rendirá el Examen de Sustentación del Informe Final del Trabajo de Investigación (tesis) titulado **BIODEGRADABILIDAD DE BIOPLÁSTICOS A PARTIR DE CÁSCARA DE MUSA PARADISIACA Y DESECHOS DE OPUNTIA FICUS-INDICA, JULIACA, 2022**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental** de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : martes 17 de diciembre de 2024
- * **HORA** : 09:00
- * **LUGAR** : Aula 306 - pabellón de hidráulica

ARTICULO SEGUNDO. - La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el responsable del comité de investigación de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental**, quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

C.c.
Arch. 2024
Interesado
Escuela Profesional


UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS
Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790


UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS
Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
SECRETARIO ACADEMICO
CIP. 99531



UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 539-2024-D-FICP-UANCV

Juliaca, 10 de diciembre de 2024

VISTOS:

El **INFORME N° 184-2024-D-UI-FICP-UANCV**, del Director Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias, **INFORME N° 031-2024-UI-CI-EPISA-FICP-UANCV** del Presidente del Sub Comité de Evaluación de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, **RESOLUCIÓN DECANAL N° 312-2023-D-FICP-UANCV** que aprueba el Proyecto de Investigación el **23 de mayo de 2023** y el acta de revisión y calificación del Trabajo de Investigación (tesis) de fecha **25 de noviembre de 2024** para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el tema titulado: **BIODEGRADABILIDAD DE BIOPLÁSTICOS A PARTIR DE CÁSCARA DE MUSA PARADISIACA Y DESECHOS DE OPUNTIA FICUS-INDICA, JULIACA, 2022.**

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bachiller: **MARY YESENIA MACHACA CHAMBILLA**, ha presentado su Trabajo de Investigación (tesis) Titulado: **BIODEGRADABILIDAD DE BIOPLÁSTICOS A PARTIR DE CÁSCARA DE MUSA PARADISIACA Y DESECHOS DE OPUNTIA FICUS-INDICA, JULIACA, 2022.**

Que, habiendo procedido de acuerdo al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajo de Investigación, con fines de la obtención de Grados Académicos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el Responsable del Comité de Investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, nominó a la sub comisión de evaluación de trabajo de investigación, a los siguientes Docentes:

- * **Presidente** : **Dr. MILTHON QUISPE HUANCA**
- * **1er Miembro** : **Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES**
- * **2do Miembro** : **M.Sc. JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA**

Que, el Sub Comité de evaluación ha aprobado en su integridad el Trabajo de Investigación (tesis) titulado: **BIODEGRADABILIDAD DE BIOPLÁSTICOS A PARTIR DE CÁSCARA DE MUSA PARADISIACA Y DESECHOS DE OPUNTIA FICUS-INDICA, JULIACA, 2022.**

Que, la Oficina de Investigación ha aprobado con el Dictamen N° 1254-2024, la originalidad del trabajo de investigación (tesis) titulado: **BIODEGRADABILIDAD DE BIOPLÁSTICOS A PARTIR DE CÁSCARA DE MUSA PARADISIACA Y DESECHOS DE OPUNTIA FICUS-INDICA, JULIACA, 2022.**

Estando, conforme a la **RESOLUCIÓN DECANAL N°064-2019-CF-FICP-UANCV** de fecha 02 de octubre de 2019 donde aprueba el reglamento de aseguramiento de calidad de trabajos de investigación, con fines de obtención de grados académicos y títulos profesionales a la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, que consta de XI capítulos y 71 artículos, y;

Estando, en la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación y en concordancia al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO.- APROBAR, el informe final de **TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (Tesis)**, del Bachiller: **MARY YESENIA MACHACA CHAMBILLA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulado: **BIODEGRADABILIDAD DE BIOPLÁSTICOS A PARTIR DE CÁSCARA DE MUSA PARADISIACA Y DESECHOS DE OPUNTIA FICUS-INDICA, JULIACA, 2022.**

La misma que deberá proceder a la impresión de su borrador de Trabajo de Investigación en limpio, de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras - Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental.

ARTICULO SEGUNDO.- RECONOCER, como asesor del Trabajo de Investigación (tesis) al docente ordinario de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, al **Dr. ARNALDO YANA TORRES.**

ARTICULO TERCERO.- La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el responsable del comité de investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese,



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. EFRAIN RABILLO SOSA
SECRETARIO ACADÉMICO
CIP. 95531

C.c.
archivo 2024
interesado (a)



**UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"**

RESOLUCIÓN DECANAL N° 461- 2024-D-FICP-UANCV

Juliaca, 03 de octubre de 2024

VISTOS.-

El OFICIO N° 091-2024-D/EPISA/FICP-UANCV, del Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental y el proveído del director de la unidad de investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, sobre el pedido de cambio de la sub comisión de evaluación del Proyecto de Investigación, del (la) Bachiller: **MARY YESENIA MACHACA CHAMBILLA** para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el tema titulado: **BIODEGRADABILIDAD DE BIOPLÁSTICOS A PARTIR DE CÁSCARA DE MUSA PARADISIACA Y DESECHOS DE OPUNTIA FICUS-INDICA, JULIACA, 2022,y;**

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bachiller: **MARY YESENIA MACHACA CHAMBILLA**; ha solicitado cambio del **Presidente, Segundo Miembro y Asesor** de la terna de la sub comisión de evaluación del Proyecto de Investigación titulada: **BIODEGRADABILIDAD DE BIOPLÁSTICOS A PARTIR DE CÁSCARA DE MUSA PARADISIACA Y DESECHOS DE OPUNTIA FICUS-INDICA, JULIACA, 2022**, aprobado con la **RESOLUCIÓN DECANAL N°312-2023-D-FICP-UANCV** de fecha 23 de mayo de 2023; conformado por los siguientes Docentes:

- ❖ **Presidente** : **Dr. CESAR JULIO LARICO MAMANI**
- ❖ **1er. Miembro** : **M.Sc. JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA**
- ❖ **2do. Miembro** : **Ing. JAVIER ARTURO BOJORQUEZ GANDARILLAS**

Que, el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental ha tomado conocimiento el cambio del **Presidente y asesor** ha solicitud del interesado, **Segundo Miembro** no tiene vínculo laboral en la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, por lo que ha determinado proceder con el sorteo para el cambio de la sub comisión de evaluación del Proyecto de Investigación, conforme lo establece el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y.

Estando, al proveído de la Dirección de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el oficio del Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, mediante el cual informa la designación de (los) nuevo (s) Miembro (s) de la sub comisión de evaluación del proyecto de investigación; el (los) mismo que deberá actuar según el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

Estando, en la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación y en concordancia al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

SE RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO. - **APROBAR**, la **REESTRUCTURACIÓN** de la terna de la sub comisión de evaluación del Proyecto de Investigación presentado por el bachiller: **MARY YESENIA MACHACA CHAMBILLA**, titulado: **BIODEGRADABILIDAD DE BIOPLÁSTICOS A PARTIR DE CÁSCARA DE MUSA PARADISIACA Y DESECHOS DE OPUNTIA FICUS-INDICA, JULIACA, 2022**, para optar el título profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, quedando la conformación de los jurados de la siguiente forma:

- ❖ **Presidente** : **Dr. MILTHON QUISPE HUANCA**
- ❖ **1er. Miembro** : **Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES**
- ❖ **2do. Miembro** : **M.Sc. JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA**

ARTICULO SEGUNDO. - Disponer a los miembros de la sub comisión de evaluación designados, dar continuidad al trámite de evaluación y calificación del proyecto de investigación, trabajo de investigación (tesis) o sustentación de tesis, según sea el caso que se encuentre cada expediente. Quedando valido en sus demás disposiciones la Resolución Decanal de aprobación de proyecto de investigación, que se mencionan en el considerando.

ARTICULO TERCERO. - Reconocer como **ASESOR** del Proyecto de Investigación al (la) docente ordinario, **Dr. ARNALDO YANA TORRES** de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

ARTICULO CUARTO. - La Dirección de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, el Secretario Académico de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese

cc. archivo 2024 interesado (s)



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
SECRETARIO ACADÉMICO
CIP. 95531



UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 312-2023-D-FICP-UANCV

Juliaca, 23 de mayo 2023

VISTOS:

El, **INFORME N° 040-2023-D-UI-FICP.UANCV**, del Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, **INFORME DE OPINIÓN TÉCNICA N° 002-2023-UANCV-FICP-UI-CI/FJBP** del responsable del Comité de Investigación, la **opinión técnica N° 001-2023-UANCV-FICP-UI-CI/CJLM** del presidente del sub comité de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** y el **ACTA DE REGISTRO DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN** según reglamento interno de aseguramiento de la calidad de trabajos de investigación de fecha **11 de abril de 2023**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el tema titulado: **BIODEGRADABILIDAD DE BIOPLÁSTICOS A PARTIR DE CÁSCARA DE MUSA PARADISIACA Y DESECHOS DE OPUNTIA FICUS-INDICA, JULIACA, 2022.**

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bachiller: **MARY YESENIA MACHACA CHAMBILLA**, ha presentado su Proyecto de Investigación Titulado: **BIODEGRADABILIDAD DE BIOPLÁSTICOS A PARTIR DE CÁSCARA DE MUSA PARADISIACA Y DESECHOS DE OPUNTIA FICUS-INDICA, JULIACA, 2022**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales y el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras; el responsable del Comité de Investigación de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental**, Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, nominó a la sub comisión de evaluación de Proyecto de Investigación, a los siguientes Docentes:

- * **Presidente** : **Dr. CESAR JULIO LARICO MAMANI**
- * **1er Miembro** : **M.Sc. JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA**
- * **2do Miembro** : **Ing. JAVIER ARTURO BOJORQUEZ GANDARILLAS**

Que, la sub comisión de evaluación ha concluido aprobar sin observación el Proyecto de Investigación titulado: **BIODEGRADABILIDAD DE BIOPLÁSTICOS A PARTIR DE CÁSCARA DE MUSA PARADISIACA Y DESECHOS DE OPUNTIA FICUS-INDICA, JULIACA, 2022**, y;

Que, es requisito indispensable contar con un Docente Ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de magister y experiencia en la línea a investigar, que será el asesor de Proyecto de Investigación, y;

Estando, en la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación y en concordancia al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales y el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el (la) Bachiller: **MARY YESENIA MACHACA CHAMBILLA**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**, con el Tema Titulado: **BIODEGRADABILIDAD DE BIOPLÁSTICOS A PARTIR DE CÁSCARA DE MUSA PARADISIACA Y DESECHOS DE OPUNTIA FICUS-INDICA, JULIACA, 2022.**

La misma que deberá proceder con la ejecución del Proyecto de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales y el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a la) docente ordinario de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, **Mgr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES.**

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y C. PURAS

Mgr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y C. PURAS

Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
SECRETARIO ACADÉMICO
CIP. 95531

cc.
archivo 2023
interesado (a)



BIODEGRADABILIDAD DE BIOPLÁSTICOS A PARTIR DE LA CÁSCARA DE MUSA PARADISIACA Y DESECHOS DE OPUNTIA FICUS-INDICA, JULIACA, 2022

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

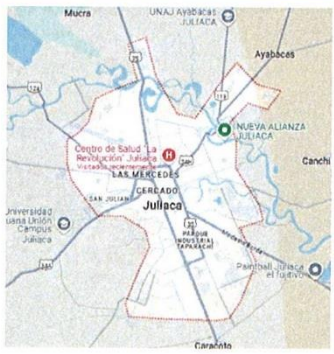
FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	3%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
3	repositorio.upsc.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.espam.edu.ec Fuente de Internet	1%
7	repositorio.unp.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1%



Metadatos complementarios

Título de la Tesis	
BIODEGRADABILIDAD DE BIOPLÁSTICOS A PARTIR DE CÁSCARA DE MUSA PARADISIACA Y DESECHOS DE OPUNTIA FICUS INDICA, JULIACA, 2022	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	MARY YESENIA MACHACA CHAMBILLA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	74355586
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0005-5744-5523
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	41414676
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-6740-5024
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	MILTHON QUISPE HUANCA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02424528
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02442876
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	01323821

Datos de investigación	
Línea de investigación	Contaminación y Calidad Ambiental – P22
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	<p> País: Perú Departamento: Puno Provincia: San Román Distrito: Juliaca Coordenadas: Latitud: -15.4997398 Longitud: -70.1224744 URL Maps https://maps.app.goo.gl/M5kcXEEEEJi7z3pt8 </p> 
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Diciembre 2022 – Diciembre 2024
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html Librería	<p>Ingeniería ambiental https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.00</p> <p>Ciencias del medio ambiente https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.08</p>



 Dr. Efraín Perillo Bosa
 DIRECTOR
 UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo MARY YESENIA MACHACA CHAMBILLA, identificado con DNI Nro. 74355586, en mi condición de egresado de:

- Escuela Profesional**
- Programa de Segunda Especialidad,**
- Programa de Maestría o Doctorado**

INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL,

informo que he elaborado el/la **Tesis** o **Trabajo de Investigación**, **Trabajo Académico** denominada:

BIODEGRADABILIDAD DE BIOPLÁSTICOS A PARTIR DE CÁSCARA DE MUSA PARADISIACA Y DESECHOS DE OPUNTIA FICUS-INDICA, JULIACA, 2022

Asesorado por: Dr. ARNALDO YANA TORRES

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 19 de DICIEMBRE del 2024


Firma del Asesor
(obligatoria)


Firma del Estudiante
(obligatoria)


Huella



DEDICATORIA

Esta investigación lo dedico al señor mi Dios por guiarme y fortalecerme para lograr vencer las dificultades de este proyecto, así también a personas que estuvieron en este proceso.

MARY YESENIA MACHACA CHAMBILLA



AGRADECIMIENTO

Agradecida con Dios por hacer realidad mis objetivos y culminar satisfactoriamente este proyecto de investigación.

Agradecer por los conocimientos y formación académica a la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, así mismo a la facultad de ingeniería y ciencias puras y escuela profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental y plana docencia, así como al equipo del Laboratorio de Calidad Ambiental - EPISA – UANCV.

Agradecimiento al equipo de jurados por el guía y apoyo de la realización de este proyecto.

Así, también a las personas que estuvieron apoyándome con ánimos para culminar este proyecto

A mi asesor por su disponibilidad de tiempo y guía en la elaboración de dicha investigación.

MARY YESENIA MACHACA CHAMBILLA.



INDICE GENERAL

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
INDICE GENERAL	i
INDICE DE TABLAS	v
INDICE DE FIGURAS.....	vi
INDICE DE ANEXOS.....	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	xiii

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Análisis de la situación problemática	1
1.2. Planteamiento del problema	4
1.2.1. Problema general	4
1.2.2. Problemas específicos.....	4
1.3. Objetivos de la investigación	4
1.3.1. Objetivo general	4
1.3.2. Objetivos específicos.....	4
1.4. Justificación del estudio	5
1.4.1. Justificación técnica.....	5
1.4.2. Justificación Metodológica	6
1.4.3. Justificación ambiental	6
1.4.4. Justificación social.....	7
1.4.5. Justificación económica.....	8
1.5. Hipótesis de la investigación.....	8



1.5.1.	Hipótesis general.....	8
1.5.2.	Hipótesis específicas	8
1.6.	Variables	9
1.6.1.	Variables Independiente.....	9
1.6.2.	Variables Dependiente	9
1.7.	Operacionalización de variables	10

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes del estudio	11
2.1.1.	Antecedente Internacionales	11
2.1.2.	Antecedente Nacionales.....	14
2.1.3.	Antecedente Local.....	20
2.2.	Bases teóricas	23
2.2.1.	Biodegradabilidad.....	23
2.2.2.	Bioplástico	23
2.2.3.	Almidón	23
2.2.3.1.	Almidón de cáscara de Musa paradisiaca	24
2.2.3.2.	Glicerina	26
2.2.3.3.	Mucílago	26
2.2.3.4.	Mucílago de Opuntia ficus-indica	27
2.2.4.	Normativa de biodegradabilidad del bioplastico.....	28
2.2.5.	Normativa de Propiedades mecánicas del bioplastico.....	29
2.3.	Marco conceptual	30
2.3.1.	Bioplástico	30
2.3.2.	Plástico.....	30
2.3.3.	Polietileno.....	30
2.3.4.	Biodegradabilidad.....	30
2.3.5.	Nopal (Opuntia ficus-indica)	30



2.3.6. Propiedades mecánicas31

CAPÍTULO III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Diseño de investigación32

3.2. Tipo de investigación32

3.3. Diseño estadístico33

3.4. Lugar de estudio34

2.3.7. Ubicación de los Puntos de muestreo34

3.5. Población.....35

3.6. Muestra35

3.7. Técnicas e instrumentos35

3.8. Procedimiento metodológico.....36

3.8.1. Elaborar un bioplástico a partir de cáscara de musa paradisiaca y desechos de opuntia ficus-indica en condiciones controladas.36

3.8.2. Describir las características mecánicas del bioplástico a partir de cáscara de musa paradisiaca y desechos de opuntia ficus-indica, Juliaca, 2022.....45

3.8.3. Determinar el grado de biodegradabilidad del bioplástico a partir de cáscara de musa paradisiaca y desechos de opuntia ficus-indica, Juliaca, 2022.

47

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Resultados.....48

4.1.1. Elaborar un bioplástico a partir de cáscara de musa paradisiaca y desechos de opuntia ficus-indica en condiciones controladas.48

4.1.2. Describir las características mecánicas del bioplástico a partir de cáscara de musa paradisiaca y desechos de opuntia ficus-indica, Juliaca, 2022.....51

4.1.3. Determinar el grado de biodegradabilidad del bioplástico a partir de cáscara de musa paradisiaca y desechos de opuntia ficus-indica, Juliaca, 2022.

4.2. Resultado de la Contrastación de Hipótesis62

55



4.2.1. Resultados Estadísticos descriptivos para el primer objetivo de la elaborar un bioplástico a partir de cáscara de musa paradisiaca y desechos de opuntia ficus-indica en condiciones controladas.....	63
4.2.2. Resultados Estadísticos para el segundo objetivo describir las características mecánicas del bioplástico a partir de cáscara de musa paradisiaca y desechos de opuntia ficus-indica, Juliaca, 2022.	65
4.2.3. Resultados del análisis estadístico para el tercer objetivo Determinar el tiempo de biodegradación el bioplástico a partir de cáscara de musa paradisiaca y desechos de opuntia ficus-indica, Juliaca, 2022.	71
4.2.4. Resultados de la contratación de hipótesis.....	78
4.3. Discusiones	79
CONCLUSIONES	83
RECOMENDACIONES:	85
BIBLIOGRAFIA	86
ANEXOS	90



INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Las Desarrollo de las variables (Independiente y dependiente).....	10
Tabla 2 Taxonomía del plátano verde.	25
Tabla 3 Composición de la cáscara de plátano verde (Musa paradisiaca).	25
Tabla 4 Composición del mucílago en Opuntia ficus-indica.....	27
Tabla 5 Rangos típicos en bioplásticos según Normativas ISO 14851:2019 y ISO 527-1.....	29
Tabla 6 Datos Generales de Código, ubicación y fecha de muestreo.	36
Tabla 7 Tratamientos de las dosificaciones para elaboración de bioplástico.....	43
Tabla 8 Porcentaje de rendimiento de almidón de cáscara de musa paradisiaca	49
Tabla 9 Porcentaje de rendimiento de mucilago de desechos de opuntia ficus-indica ..	50
Tabla 10 Ensayo De Tracción	51
Tabla 11 Ensayo De Biodegradabilidad del tratamiento 01 y sus repeticiones.....	55
Tabla 12 Ensayo De Biodegradabilidad del tratamiento 01	56
Tabla 13 Ensayo De Biodegradabilidad del tratamiento 02	57
Tabla 14 Ensayo De Biodegradabilidad del tratamiento 03	58
Tabla 15 Análisis estadístico de la extracción de almidón de la cascara de plátano. ..	63
Tabla 16 Análisis estadístico descriptivo de la extracción de mucilago de desechos de opuntia ficus-indica	64
Tabla 17 Análisis estadístico de la extracción de mucilago de desechos de opuntia ficus-indica.....	65
Tabla 18 Resumen del modelo.....	66
Tabla 19 Análisis de varianza ANOVA.	67
Tabla 20 Coeficientes en función a la constante de tensión máx.	68
Tabla 21 Estadística de residuos.....	68
Tabla 22 Gráfico de la relación entre la tensión Max y porcentaje de deformación del bioplástico.....	69



INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Estructura del almidón.	24
Figura 2 Mapa de ubicación del Mercado cerro colorado - Juliaca.....	34
Figura 3 Mapa de ubicación Centro Poblado de San Camilo.....	34
Figura 4 Recolección de cascaras de plátano de la juguerias del mercado cerro colorado.....	37
Figura 5 Recolección de desechos de Opuntia Ficus – indica.	37
Figura 6 Análisis de los siguientes parámetros	38
Figura 7 Diagrama de procesos para la extracción del mucilago	39
Figura 8 Proceso de extracción de mucilago de opuntia Ficus – indica	40
Figura 9 Diagrama de procesos para la extracción del almidón.....	41
Figura 10 Diagrama de procesos para elaboración bioplastico.....	42
Figura 11 Tratamientos para elaboración de bioplásticos	44
Figura 12 Ensayo de tensión en un equipo (marca Mecmesin), celda de carga de tensión de capacidad de 1000N.....	45
Figura 13 Preparación de muestras para los ensayos de materiales.	46
Figura 14 Muestras de bioplasticos en la prueba de biodegradabilidad.	47
Figura 15 Ph de Muestras de Bioplastico.....	48
Figura 16 Porcentaje de Rendimiento de Almidón de Cáscara de Musa paradisiaca .	49
Figura 17 Porcentaje de Rendimiento de Mucílago de Desechos de Opuntia ficus-indica	50
Figura 18 Ancho y Espesor del bioplastico	51
Figura 19 Área (mm ²) del bioplastico	52
Figura 20 Carga Máxima (N) del bioplastico	52
Figura 21 Carga Máxima (N) del bioplastico	53
Figura 22 Carga Máxima (N) del bioplastico	53
Figura 23 Carga Máxima (N) del bioplastico	54



vii

Figura 24 Resistencia a la tracción del bioplastico.....	54
Figura 25 Tratamiento 01; % de biodegradabilidad – tiempo en días.....	56
Figura 26 Tratamiento 02; % de biodegradabilidad – tiempo en días.....	57
Figura 27 Tratamiento 03; % de biodegradabilidad – tiempo en días.....	58
Figura 28 Relación del Porcentaje de biodegradabilidad en función al Tiempo.	59
Figura 29 Relación del Peso en gramos en función al Tiempo.	60
Figura 30 El porcentaje de biodegradabilidad y peso según a paso del tiempo en días.	61
Figura 31 Histograma de la variable dependiente el porcentaje de deformación.	70
Figura 32 Comparación del porcentaje de biodegradabilidad del bioplastico según a los tratamientos (01, 02, 03).	73
Figura 33 Relación del porcentaje de biodegradabilidad del bioplastico según al tiempo y tratamiento T1, T2 y T3.	74
Figura 34 Gráfico de dispersión donde se muestra la relación entre peso y Biodegradabilidad.	77
Figura 35 Recolección de desechos de opuntia ficus – indica.	90
Figura 36 Mercado cerro colorado, recolección de la muestra de cáscaras de musa paradisiaca	90
Figura 37 Proceso de extracción de mucilago de opuntia ficus – indica	91
Figura 38 Proceso de extracción de almidón de musa paradisiaca.....	91
Figura 39 Preparación de los tratamientos de bioplasticos en el laboratorio.....	92
Figura 40 Elaboración de los bioplasticos y sus repeticiones con la formulación.....	92
Figura 41 Proceso de moldeo de los bioplasticos.	93
Figura 42 Los tratamientos (T1, T2, T3) y sus repeticiones en respectivo secado	93
Figura 43 Muestras de bioplastico y sus respectivas repeticiones de los tratamientos.	94
Figura 44 Proceso de biodegradación del bioplastico en agua.	95



Figura 45 Proceso de biodegradación del bioplástico en agua.95

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Matriz de consistencia.....96

Anexo 2 Resultados de Análisis de laboratorio realizados en el laboratorio de calidad ambiental – UANCV.....97

Anexo 3 Resultados de Análisis de laboratorio realizados en el laboratorio de ensayo de materiales – UNSA101

Anexo 4 Resultados de Diseño estadístico utilizando El software IBM® SPSS Statistics y Rstudio.- The RStudio integrated development environment (IDE).....103



RESUMEN

La creciente preocupación por la contaminación de materiales plásticos ha incrementado las investigaciones en relación con alternativas amigables con el ambiente de bioplásticos. Este estudio se centra en la biodegradabilidad de un bioplástico elaborado a partir de cáscaras de *Musa paradisiaca* y desechos de *Opuntia ficus-indica*, durante el año 2022. Esta investigación tiene como objetivo principal evaluar el comportamiento de biodegradabilidad de bioplásticos elaborados a partir de cáscaras de *Musa paradisiaca* y desechos de *Opuntia ficus-indica*, así como determinar sus características mecánicas y su viabilidad para aplicaciones sostenibles. Se llevó a cabo un diseño experimental en condiciones controladas, donde se manipularon las proporciones de cáscara de *Musa paradisiaca* y mucílago de *Opuntia ficus-indica*. Se realizaron ensayos de tracción para evaluar las características mecánicas del bioplástico, siguiendo la norma ISO 527-1. Además, se determinó el tiempo de biodegradación mediante el método establecido en la norma ISO 14851:2019, evaluando el porcentaje de degradación en intervalos de tiempo específicos. Los resultados indican que el bioplástico elaborado con el Tratamiento 3 presenta una tensión máxima de 400.85 KPa y un porcentaje de deformación del 22.441%, lo que indica una buena resistencia y flexibilidad del material. En términos de biodegradabilidad, El Tratamiento 03 mostró la mayor tasa de biodegradación, alcanzando un 97.31% en 30 días, lo que indica una rápida descomposición del material.

Los datos fueron analizados utilizando ANOVA para determinar la significancia estadística de las variaciones observadas en la biodegradabilidad en función del tiempo y de los tratamientos aplicados. Los análisis revelaron que el tiempo tiene un impacto significativo en la biodegradabilidad del bioplástico (p



= 0.00226), indicando que el porcentaje de biodegradabilidad cambia de manera considerable con el tiempo. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos ($p = 0.872$), sugiriendo que el tipo de tratamiento aplicado no afecta de manera destacable la biodegradabilidad del bioplástico. Estos hallazgos subrayan la importancia del tiempo en el proceso de biodegradación, mientras que el impacto de los tratamientos es mínimo. Los resultados indican que la biodegradabilidad del bioplástico que está fuertemente influenciada por el tiempo de exposición.

En conclusión, según al comportamiento del bioplastico ha demostrado que estos materiales orgánicos son altamente efectivos en la producción de bioplásticos sostenibles. Los resultados obtenidos indican que el Tratamiento 03 presenta la mayor tasa de biodegradación, alcanzando un 97.31% en un período de 30 días, lo que sugiere un comportamiento favorable en términos de descomposición ambiental, esta investigación no solo contribuye al desarrollo de materiales biodegradables, sino que también abre nuevas vías para la investigación futura en el ámbito de los bioplásticos, promoviendo prácticas más sostenibles en la industria.

Palabras claves: Bioplastico, biodegradabilidad , Musa paradisiaca y Opuntia ficus-indica



ABSTRACT

The growing concern about pollution from plastic materials has increased research on environmentally friendly bioplastic alternatives. This study focuses on the biodegradability of a bioplastic made from *Musa paradisiaca* husks and *Opuntia ficus-indica* waste, during the year 2022. The main objective of this research is to evaluate the biodegradability behavior of bioplastics made from *Musa paradisiaca* husks and *Opuntia ficus-indica* waste, as well as to determine their mechanical characteristics and feasibility for sustainable applications. An experimental design was carried out under controlled conditions, where the proportions of *Musa paradisiaca* husk and *Opuntia ficus-indica* mucilage were manipulated. Tensile tests were performed to evaluate the mechanical characteristics of the bioplastic, following the ISO 527-1 standard. In addition, the biodegradation time was determined using the method established in ISO 14851:2019, evaluating the percentage of degradation at specific time intervals. The results indicate that the bioplastic elaborated with Treatment 3 presents a maximum stress of 400.85 KPa and a deformation percentage of 22.441%, indicating a good strength and flexibility of the material. In terms of biodegradability, Treatment 03 showed the highest biodegradation rate, reaching 97.31% in 30 days, indicating a rapid decomposition of the material.

The data were analyzed using ANOVA to determine the statistical significance of the observed variations in biodegradability as a function of time and applied treatments. The analyses revealed that time has a significant impact on the biodegradability of the bioplastic ($p = 0.00226$), indicating that the percentage of biodegradability changes considerably with time. However, no significant differences were found between the different treatments ($p = 0.872$),



suggesting that the type of treatment applied does not markedly affect the biodegradability of the bioplastic. These findings underline the importance of time in the biodegradation process, while the impact of the treatments is minimal. The results indicate that the biodegradability of the bioplastic is strongly influenced by the exposure time.

In conclusion, according to the behavior of bioplastics, it has been demonstrated that these organic materials are highly effective in the production of sustainable bioplastics. The results obtained indicate that Treatment 03 presents the highest biodegradation rate, reaching 97.31% in a period of 30 days, which suggests a favorable behavior in terms of environmental decomposition, this research not only contributes to the development of biodegradable materials, but also opens new avenues for future research in the field of bioplastics, promoting more sustainable practices in the industry.

Keywords: Bioplastics, biodegradability, *Musa paradisiaca*, and *Opuntia ficus-indica*



INTRODUCCIÓN

Actualmente, la utilización de bioplásticos en reemplazo de los plásticos convencionales derivados del petróleo ha ganado interés debido al daño ambiental que estos materiales sintéticos generan, principalmente por sus prolongados tiempos de degradación. En este contexto, el uso de bioplásticos está en constante aumento, lo que genera la necesidad de investigar su biodegradabilidad. En particular, este estudio se enfoca en la elaboración de bioplásticos a partir de cáscaras de *Musa paradisiaca* (plátano) y desechos de *Opuntia ficus-indica* (nopal), proponiéndolos como una alternativa ecoeficiente para la reducción del uso de polietileno. En esta investigación, se determinará la dosis adecuada de *Musa paradisiaca* y *Opuntia ficus-indica* para la formulación del bioplástico, así como sus características mecánicas y su biodegradabilidad en agua y suelo. La *Musa paradisiaca* (plátano) es un subproducto agrícola con un alto contenido de almidón, un polímero natural que resulta ideal para la fabricación de bioplásticos. Además, la cáscara de plátano contiene fibras naturales que aportan resistencia al material, lo que la convierte en una opción biodegradable eficiente. Por otro lado, los desechos de *Opuntia ficus-indica* (nopal) contienen mucílago, una sustancia viscosa que actúa como gelificante adhesivo, proporcionando cohesión y estabilidad al bioplástico. El mucílago presenta propiedades hidrofílicas y una fácil biodegradación, lo que contribuye a la creación de un material ecoamigable con potencial para reemplazar a los plásticos convencionales.

La estructura del estudio se detalla de la siguiente manera:



El PRIMER CAPÍTULO se presenta la introducción, el planteamiento del problema, la formulación del problema, la hipótesis, la justificación y la fundamentación, estableciendo los objetivos alcanzados dentro del ámbito del estudio.

El SEGUNDO CAPÍTULO se exponen los argumentos relacionados con el tema de investigación, las referencias pertinentes y los fundamentos teóricos que respaldan el proyecto.

El TERCER CAPÍTULO describe la metodología empleada, detallando el tipo y diseño del estudio, las técnicas e instrumentos utilizados, el proceso de selección de la población y muestra, los métodos aplicados y los procedimientos para la recolección de información.

El CUARTO CAPÍTULO se presentan los resultados obtenidos junto con su análisis respectivo. Finalmente, se incluyen las conclusiones y las recomendaciones derivadas del estudio.



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Análisis de la situación problemática

Actualmente, la industria del plástico aporta ingresos considerables a la economía de muchos países debido a su extenso uso. Los plásticos convencionales se sintetizan a partir de subproductos del petróleo crudo, y debido a su naturaleza no biodegradable, persisten en el entorno natural, convirtiéndose en uno de los principales contaminantes del medio ambiente (Flores Aréval, 2021)

En el 2018, según los autores Zhao, Rong, Zhao, & Yang (2020), la producción mundial de plástico alcanzó casi 360 millones de toneladas, mientras que la capacidad de producción de bioplásticos en el mismo año fue de solo 2,01 millones de toneladas, representando un 0,56 % de la producción mundial de plásticos.

Según OECD (2019) sostiene que alrededor del 80 % del plástico producido a nivel mundial no se recicla ni se reutiliza, lo que incrementa la preocupación por la contaminación generada. Como alternativa sostenible, surgen los bioplásticos obtenidos a partir de fuentes renovables. Se estima que,



para el 2023, la capacidad de producción de bioplásticos alcanzaría 2,4 millones de toneladas, con una tendencia al alza en los siguientes años.

En el contexto del marco legal, el Ministerio del Ambiente, en conjunto con los sectores de salud y educación del gobierno peruano, así como con las municipalidades y gobiernos regionales, tiene el deber de ejecutar planes de gestión integral para el tratamiento de desechos plásticos. Sin embargo, la administración presenta problemas relacionados con la falta de control y fiscalización eficiente. La ausencia de medidas reguladas en las municipalidades genera una cultura de escasa conciencia ecológica, agravando la presencia de microplásticos en los ecosistemas, con impactos socioambientales negativos (Flores Aréval, 2021)

En la realidad local de la ciudad de Juliaca, durante el 2017, el INEI reportó una población de aproximadamente 300 mil habitantes, incrementándose hasta 500 mil personas debido a actividades mercantiles. Según Huamaní Montesinos, Tudela Mamani y Huamaní Peralta (2020), la ciudad presenta serios problemas en la gestión de residuos sólidos, lo que impacta tanto a nivel gubernamental como socioambiental. Durante el 2020, la generación per cápita de residuos sólidos inorgánicos alcanzó 24,148,86 toneladas, aumentando a 24,627,01 toneladas en el 2021. De este total, los residuos plásticos representan un 12,44 %, es decir, se generaron aproximadamente 3,004,12 toneladas de residuos plásticos en el 2020 y 3 063,6 toneladas en el 2021.

Estos datos evidencian la necesidad urgente de implementar mejoras en el tratamiento y reutilización de residuos, incentivando la economía circular. Además, es fundamental el estudio y desarrollo de nuevos productos



biodegradables que no generen impactos negativos como los plásticos convencionales.

Los plásticos sintéticos continúan siendo una problemática ambiental significativa debido a su interacción con los medios biológicos (agua y suelo), ya que su composición química resulta perjudicial para los ecosistemas. Sin embargo, los avances tecnológicos han permitido el desarrollo de polímeros más sostenibles, utilizando recursos renovables como materias primas agrícolas, materiales ricos en almidón, sustratos ricos en celulosa, biomasa de microalgas y algas marinas, los cuales son empleados en la producción de bioplásticos (Huamaní Montesinos, Tudela Mamani y Huamaní Peralta (2020).

Finalmente, el propósito de esta investigación es desarrollar películas de bioplásticos a partir de residuos orgánicos, como la cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*) y la penca de nopal (*Opuntia ficus-indica*), esta última proveniente del cultivo de cochinilla. Se realizará una caracterización que permita verificar si estas películas cumplen con parámetros óptimos de resistencia mecánica, elongación y biodegradabilidad, de modo que puedan ser consideradas como una alternativa sostenible frente al uso convencional de polietileno.



1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el comportamiento de biodegradabilidad de bioplástico elaborados a partir de cáscara de musa paradisiaca y desechos de opuntia ficus- indica, Juliaca, 2022?

1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿Cómo elaborar bioplástico a partir de cáscara de musa paradisiaca y desechos de opuntia ficus-indica en condiciones controladas?
- b) ¿Cuáles son las características mecánicas del bioplástico a partir de cáscara de musa paradisiaca y desechos de opuntia ficus-indica, Juliaca, 2022?
- c) ¿Cuál es el tiempo de biodegradación el bioplástico a partir de cáscara de musa paradisiaca y desechos de opuntia ficus-indica, Juliaca, 2022?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Evaluar el comportamiento de biodegradabilidad de bioplástico elaborados a partir de cáscara de musa paradisiaca y desechos de opuntia ficus- indica, Juliaca, 2022.

1.3.2. Objetivos específicos

- a) Elaborar un bioplástico a partir de cáscara de musa paradisiaca y desechos de opuntia ficus-indica en condiciones controladas.



- b) Describir las características mecánicas del bioplástico a partir de cáscara de musa paradisiaca y desechos de opuntia ficus-indica, Juliaca, 2022.
- c) Determinar el tiempo de biodegradación el bioplástico a partir de cáscara de musa paradisiaca y desechos de opuntia ficus-indica, Juliaca, 2022.

1.4. Justificación del estudio

1.4.1. Justificación técnica

La contaminación por residuos sólidos, especialmente de tipo inorgánico, en su mayor porcentaje plástico genera una crisis ambiental, social y económica alarmante ya que de los 300 millones de plásticos generados anualmente, de los cuales 8 millones son dispuestos finalmente en océanos, también el Perú es uno de los cinco países latinos que consume estos productos, por lo que agrava los impactos ambientales, por sus emisiones en el proceso de descomposición deteriora la capa de ozono, incrementando la temperatura del planeta. También es un peligro de salud pública, ya que al ser elementos químicos en contacto con radiación solar son letales y provocan enfermedades como el cáncer, por ello es necesario desarrollar materiales que sean compatibles con la naturaleza.

Por lo tanto, esta investigación es fundamental para abordar esta problemática a través del desarrollo de alternativas sostenibles, como los bioplásticos, que puedan reemplazar a los plásticos convencionales. Los bioplásticos, al ser elaborados a partir de materias primas renovables y biodegradables, representan una solución viable que no solo reduce el tiempo de degradación en el ambiente, sino que también contribuye a la mitigación de los impactos negativos en el entorno natural y la salud humana.



1.4.2. Justificación Metodológica

En este estudio se pretende sintetizar factores que intervienen para elaborar a escala de laboratorio películas de bioplástico a partir de *Musa paradisiaca* y *Opuntia ficus-indica*. Se analizarán propiedades como resistencia a la tracción y elongación, empleando ensayos estandarizados para determinar la capacidad del material de soportar esfuerzos y su flexibilidad. La obtención de resultados óptimos permitirá considerar su aplicabilidad como una alternativa a los plásticos sintéticos. Se medirá el grado y tiempo de descomposición del bioplástico en un ambiente simulado. La metodología diseñada no solo proporcionará resultados concluyentes para esta investigación, sino que también servirá como base técnica para futuras investigaciones relacionadas con el desarrollo de bioplásticos a partir de otras materias primas renovables.

1.4.3. Justificación ambiental

La creciente preocupación por la contaminación plástica ha llevado a la búsqueda de alternativas sostenibles que reduzcan el impacto ambiental de los plásticos convencionales. Los plásticos sintéticos, derivados principalmente del petróleo, son altamente persistentes en el medio ambiente debido a su característica no biodegradable, lo que contribuye significativamente al deterioro de los ecosistemas.

En el contexto local, la ciudad de Juliaca enfrenta una crisis de residuos sólidos, especialmente plásticos. La falta de un manejo adecuado de estos desechos y la escasa cultura de reciclaje agravan la situación, lo que genera una acumulación significativa de residuos plásticos que afectan no solo la salud pública, sino también el medio ambiente.



El uso de bioplásticos, derivados de recursos renovables como la cáscara de *Musa paradisiaca* y los desechos de *Opuntia ficus-indica*, se presenta como una alternativa viable para mitigar los efectos negativos de la contaminación por plásticos. Estos bioplásticos tienen la ventaja de ser biodegradables y menos perjudiciales para los ecosistemas, ya que se descomponen en un tiempo mucho menor que los plásticos sintéticos, contribuyendo así a la reducción de los residuos plásticos en los vertederos y cuerpos de agua. Así mismo, esta investigación de bioplásticos a partir de residuos de plátano y la penca de nopal no solo promueve la economía circular, al aprovechar materiales que de otro modo serían desechados, sino que también ofrece una solución ecológica al problema global de los plásticos de un solo uso.

Por lo tanto, esta investigación es fundamental no solo para la creación de materiales biodegradables más accesibles, sino también para generar conciencia sobre la importancia de adoptar prácticas más sostenibles en la industria del plástico y en la gestión de residuos, con el objetivo de preservar el equilibrio ecológico y promover un futuro más limpio y seguro para las generaciones venideras.

1.4.4. Justificación social

La problemática de la contaminación por residuos plásticos no solo afecta al medio ambiente, sino que también tiene un impacto directo en las comunidades locales, especialmente en aquellas con una alta concentración de población, como es el caso de la ciudad de Juliaca. La investigación sobre el desarrollo de bioplásticos a partir de *Musa paradisiaca* y *Opuntia ficus-indica* tiene un componente social fundamental, ya que puede ofrecer alternativas sostenibles que beneficien tanto a la comunidad como al entorno en el que se



encuentran. El aprovechamiento de residuos agrícolas, como la cáscara de plátano y la penca de nopal, permite generar productos de valor agregado, promoviendo una economía circular y creando oportunidades para pequeños productores locales.

1.4.5. Justificación económica

En el contexto local, como en la ciudad de Juliaca, donde la generación de residuos plásticos sigue siendo un desafío, la investigación en la producción de bioplásticos a partir de *Musa paradisiaca* y *Opuntia ficus-indica* ofrece un enfoque innovador que aprovecha los recursos naturales. Además, la economía circular, promovida por la investigación en bioplásticos, genera beneficios económicos al reducir la dependencia de materiales derivados del petróleo y aumentar la eficiencia en el uso de los recursos.

Esta investigación no solo aporta a la solución del problema ambiental, sino que también representa una oportunidad económica significativa para el desarrollo de nuevas tecnologías, la creación de empleos y el fortalecimiento de las economías locales y globales.

1.5. Hipótesis de la investigación

1.5.1. Hipótesis general

El bioplástico elaborado a partir de cáscaras de *Musa paradisiaca* y desechos de *Opuntia ficus-indica* presenta un comportamiento de biodegradabilidad alto en condiciones controladas.

1.5.2. Hipótesis específicas

- a) Es factible elaborar un bioplástico a partir de cáscaras de *Musa paradisiaca* y desechos de *Opuntia ficus-indica* que cumpla con los



estándares de producción controlada, obteniendo rendimientos del 60% al 90% respecto a la materia prima inicial.

- b) Las características mecánicas del bioplástico, como la resistencia a la tracción y elongación alcanzaran valores superiores a 5 Mpa y una elongación mínima del 20%, en condiciones de prueba controlada según la norma ISO 527-1.
- c) El tiempo de biodegradación del bioplástico elaborado será inferior a 30 días, alcanzando un porcentaje de degradación al 50%, conforme a los criterios establecidos en la norma ISO 14851:2019.

1.6. Variables

1.6.1. Variables Independiente

- Bioplásticos de cáscara de *Musa paradisiaca* y desechos de *Opuntia ficus-indica*

1.6.2. Variables Dependiente

- Biodegradabilidad

1.7. Operacionalización de variables

Tabla 1

Las Desarrollo de las variables (Independiente y dependiente)

Título: biodegradabilidad de bioplástico a partir de cáscara de musa paradisiaca y desechos de opuntia ficus-indica, juliaca 2022

Variables	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida
Variable independiente: bioplásticos de cáscara de musa paradisiaca y opuntia ficus-indica	- Tratamientos	Glicerina	ml
		Ácido acético	ml
		Cola piz	g
	- Propiedades mecánicas	almidón	%
		Mucílago	%
		Elongación	%
Variable dependiente: Biodegradabilidad	- Ensayo de biodegradabilidad	Resistencia de tracción	Mpa
		% de biodegradabilidad	%
		Tiempo de degradabilidad	Días
		pH	Rango De (0-14)

Nota. Elaboración propia



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio

2.1.1. Antecedente Internacionales

Según Mohan Chandrasekar , Krishnamachari, Farris, & Romano (2023), “Desarrollo y caracterización de películas termoplásticas bioactivas a base de almidón derivadas de cáscaras de plátano” teniendo como objetivo el análisis de la cáscara de plátano demostró que esta materia prima posee un alto contenido de celulosa y almidón, siendo una fuente valiosa para aplicaciones sostenibles. Teniendo la siguiente metodología en el estudio, se extrajo almidón de las cáscaras de plátano, alcanzando un rendimiento promedio del $28,24 \pm 0,68\%$ (p/p). El almidón obtenido presentó una composición química destacada, caracterizada por un contenido moderado de amilosa (entre el 10% y el 30%) y una mayor proporción de amilopectina amorfa ramificada. Esta última propiedad es clave, ya que la amilopectina favorece la unión de polímeros lineales, proporcionando flexibilidad al material y convirtiéndolo en un recurso adecuado para la fabricación de materiales termoplásticos estables. Por otro lado, se utilizó nanocelulosa extraída en estudios anteriores para mejorar las propiedades de



las películas termoplásticas bioactivas producidas, como su resistencia mecánica y características de barrera. Estas fibras de nanocelulosa complementan la funcionalidad del almidón, aumentando la estabilidad estructural y la efectividad de las películas en aplicaciones de envasado. En conjunto, los resultados subrayan el potencial de las cáscaras de plátano como una materia prima sostenible para el desarrollo de bioplásticos, contribuyendo al avance de materiales alternativos que pueden reducir la dependencia de plásticos sintéticos y apoyar una economía circular.

Según, Chávez Martínez, y otros (2021) "Productos y subproductos de *Opuntia* spp. como fuente potencial de películas y recubrimientos comestibles" con el objetivo de evaluar el potencial del uso de *Opuntia* spp. Como fuente de polímeros para la elaboración de películas y recubrimiento comestibles, identificar las características de las películas y recubrimiento como su capacidad para actuar como barrera de agua, con una metodología aplica en la revisión de bibliografía y análisis de composición química de sus propiedades, teniendo resultados de una composición de *Opuntia* spp, que incluye alrededor de 1500 especies, con cladodios y frutos ricos en compuestos bioactivos, fiebre dietética y minerales, que ayuda a formar películas y recubrimientos que sean comestibles, puede alcanzar rendimientos de mucilago de hasta el 80%, en conclusión en estos últimos años se ha posicionado en uno de los polisacáridos de *Opuntia* spp, como una alternativa sostenible.

Merino, y otros (2021), Revisa los avances en el desarrollo de bioplásticos a partir de residuos agrícolas, incluyendo la importancia de estudios de ciclo de vida (LCA) y la necesidad de más investigación en biodegradabilidad y



escalabilidad industrial, nos muestra en esta revista como las tendencias actuales en la utilización de biomasa para la producción de bioplástico.

En esta investigación "Obtención de plástico biodegradable a partir de cladodios de Nopal", El nopal fue seleccionado, despinados, lavados, desinfectados, troceados, exprimidos y macerados para obtener mucílago. Las características más relevantes del mucílago fueron pH 6.36%, ceniza 26.72%, punto de gelatinización 82°C, humedad 9.05%, y proteína 0.428%, el más óptimo tratamiento fue de TP4 con 8 gramos de mucilago, 1 gramo de plastificante, 3 gramos de proteína y 0.5 gramos de cera natural, agitados y mezclados a temperatura controlada. Este tratamiento presenta baja permeabilidad, solubilidad de 14,85% y humedad de 26,73%, manteniendo una lenta tasa de degradación. La resistencia a la tracción fue de 226,22 MPa y el alargamiento fue de 238,35%. El plástico desarrollado puede ser utilizado como bolsas plásticas sanitarias ya que sus valores se encuentran dentro de las limitaciones de la Norma Técnica Ecuatoriana 2290. La duración de la maceración debe ser inferior a tres días ya que los microorganismos en el agua influyen en la materia prima (Solis, 2021).

Así también como, Díaz a, (2021) "Elaboración y caracterización de una película biodegradable utilizando harina de cascara de plátano (*Musa paradisiaca* L.)". El objetivo fue elaborar una película biodegradable a base de harina de cáscara de plátano verde. La metodología aplicada fue con un modelo rotatorio de superficie de respuesta, generando regresiones matemáticas para definir caracteres predictivos y tendenciosos. Los resultados se dieron por la combinación óptima de gomas y glicerol que generen mejores características mecánicas y de barrera. La combinación que maximizó los atributos de las



biopelículas generadas fue 5,38 % de glicerol, una proporción de 77 % de pectina y por 23 % de alginato de sodio. Los tratamientos cuatro y seis, con 10,5 % de glicerol y 11,74 % de glicerol, demostraron una biodegradación en el suelo superior al 90 %. Esto se debe a un aumento de humedad de las biopelículas, lo que tiene una influencia directa en su aceleración. Finalmente, la harina de *Musa paradisiaca* L. tuvo un alto contenido de almidón de 74 a 76%, lo que generó biopelículas con un uso reducido de glicerol, y la película se consideró un empaque biodegradable de acuerdo con los estándares de biodegradabilidad. El principal consejo es probar diferentes cantidades de almidón de *Musa paradisiaca* L. para hacer bioplástico.

2.1.2. Antecedente Nacionales

Según, Sernaqué Auccahuasi, Huaman Mogollón, Pecho Chipa, & Chacón Chacón (2020), la "Biodegradabilidad de bioplásticos hechos a partir de cáscaras de *Mangifera indica* y *Musa paradisiaca*", El presente estudio tiene como objetivo evaluar la biodegradabilidad de bioplásticos elaborados a partir de cáscaras de *Mangifera indica* (mango) y *Musa paradisiaca* (plátano), materiales que representan residuos agrícolas con alto potencial de aprovechamiento, dada su disponibilidad y bajo costo en diversas regiones tropicales. En los últimos años, la creciente preocupación por la contaminación ambiental causada por el uso indiscriminado de plásticos convencionales ha motivado el desarrollo de alternativas biodegradables a partir de fuentes renovables. La literatura científica ha demostrado que los bioplásticos elaborados con biomateriales naturales, como almidones, celulosas y otras fibras vegetales, tienen el potencial de ser una solución sostenible a la problemática de los residuos plásticos. No obstante,



aún existen desafíos en cuanto a la optimización de su producción y el análisis de sus propiedades mecánicas y de biodegradación.

El diseño experimental de esta investigación se basa en un proceso de plastificación con glicerol, el cual fue seleccionado debido a sus propiedades que mejoran la flexibilidad y la procesabilidad de los bioplásticos. Se utilizaron cáscaras de mango y plátano como fuentes principales de biomasa, siendo trituradas y sometidas a un proceso de extracción de almidón y celulosa para obtener las bases del bioplástico. La metodología incluyó la preparación de varias formulaciones con diferentes proporciones de glicerol (5%, 10% y 15%) para evaluar su efecto sobre la biodegradabilidad del material. El bioplástico resultante se secó a temperatura ambiente y fue modelado en láminas de 10x10 cm, las cuales fueron sometidas a pruebas de biodegradación en un medio de humus de lombriz durante un periodo de 30 días. La biodegradabilidad se monitoreó mediante mediciones periódicas del peso de las láminas de bioplástico, lo que permitió determinar la tasa de descomposición. Los resultados mostraron que el bioplástico elaborado con cáscaras de mango alcanzó una tasa de biodegradación superior al 93%, lo que indica una descomposición rápida y eficiente en comparación con el bioplástico de cáscaras de plátano, que presentó una tasa de biodegradación de 73.16%. Este hallazgo se puede atribuir a la mayor cantidad de celulosa presente en las cáscaras de mango, lo que favorece una mayor actividad microbiana y, por lo tanto, una mayor descomposición del material. Por otro lado, se observó que el aumento en la proporción de glicerol en la formulación incrementó la biodegradabilidad del bioplástico. Las láminas que contenían un 15% de glicerol mostraron una tasa de biodegradación más rápida en comparación con aquellas con menor cantidad de este plastificante.



Esto sugiere que el glicerol mejora la flexibilidad y la capacidad de descomposición del material al modificar su estructura molecular, facilitando la acción de los microorganismos responsables de la biodegradación. Además, se analizó el impacto de las condiciones ambientales y el tipo de residuos utilizados en la producción de los bioplásticos. Los bioplásticos de cáscaras de mango, debido a su mayor contenido de fibra celulósica y compuestos fenólicos, fueron más susceptibles a la acción de los microorganismos en comparación con los bioplásticos elaborados con cáscaras de plátano, que contienen más almidón y menos celulosa. Este aspecto resalta la importancia de seleccionar adecuadamente los materiales biológicos para optimizar las propiedades del bioplástico. La presencia de compuestos fenólicos en las cáscaras de mango parece favorecer la descomposición microbiana, mientras que el almidón en las cáscaras de plátano contribuye a una biodegradación más lenta, posiblemente debido a su estructura más densa. Como conclusión, los resultados obtenidos demuestran que los bioplásticos elaborados a partir de cáscaras de mango y plátano tienen un alto potencial como materiales biodegradables. Sin embargo, el bioplástico de cáscaras de mango se destacó por su mayor tasa de biodegradación, lo que sugiere que, entre los dos tipos de bioplástico estudiados, el de mango es más adecuado para aplicaciones en las que se busca una rápida descomposición ambiental. La incorporación de glicerol en las formulaciones de bioplástico también fue un factor crucial para mejorar la flexibilidad y acelerar la biodegradación. Este estudio confirma que la valorización de residuos agrícolas, como las cáscaras de mango y plátano, es una estrategia viable para la producción de bioplásticos sostenibles, lo que podría contribuir a la reducción de



residuos plásticos y al desarrollo de soluciones más ecológicas y rentables en la industria del packaging y otros sectores.

Gamboa Najarro (2021), "Obtención de bioplástico a partir de *Opuntia ficus indica* reforzado con almidón de *Ipomoea batatas*", Objetivo: El objetivo principal de este estudio fue desarrollar bioplásticos a partir de *Opuntia ficus indica* (nopal) y *Ipomoea batatas* (batata) para evaluar sus propiedades mecánicas y su biodegradabilidad, con el fin de encontrar una alternativa sostenible a los plásticos convencionales. El estudio buscó específicamente determinar la mejor combinación de mucílago de *Opuntia ficus indica* y almidón de *Ipomoea batatas* para la elaboración de bioplásticos que pudieran ser utilizados en aplicaciones agrícolas, como bolsas para plantas, debido a su alta tasa de biodegradabilidad. Con la Metodología, la investigación empleó un diseño cuasiexperimental con un enfoque cuantitativo, en el que se elaboraron bioplásticos mediante la extracción del mucílago de *Opuntia ficus indica* y el almidón de *Ipomoea batatas*. El mucílago se extrajo por maceración, y el almidón se obtuvo por rayado y filtración de la batata. A continuación, se procedió a mezclar ambos materiales con otros componentes como glicerina, ácido acético, agua destilada, canela y clavo de olor. Se formularon tres diferentes concentraciones de mucílago (15 g, 20 g, 25 g) y se elaboraron las respectivas muestras de bioplástico. Se evaluaron las propiedades mecánicas (elongación y tracción) de las muestras utilizando ensayos de laboratorio, y se realizó un seguimiento de la biodegradabilidad mediante enterramiento de las muestras en suelo agrícola, con monitoreos cada cinco días para determinar el porcentaje de biodegradación alcanzado en 35 días, conforme a la norma ASTM 5988. Los resultados se mostraron que la muestra con 20 g de mucílago (M3) presentó las



mejores propiedades mecánicas, con una elongación de 6.379 Kg/mm² y una tracción de 23.984 N/m², superior a las muestras con 15 g (M2) y 25 g (M4), que obtuvieron valores de 1.258 Kg/mm² y 7.031 N/m², y 3.371 Kg/mm² y 14.858 N/m², respectivamente. Además, la tasa de biodegradabilidad alcanzó el 99.99% en todas las muestras (M2, M3, M4) en un periodo de 35 días, según los datos obtenidos del monitoreo de peso de las muestras durante el proceso de biodegradación. El seguimiento mostró que todas las muestras perdieron más del 99% de su masa en el periodo estipulado. La muestra con 20 g de mucílago también presentó un tiempo de biodegradación más corto, destacándose como la más adecuada para aplicaciones agrícolas debido a su alto rendimiento en términos de elasticidad y resistencia, y su rápida descomposición en condiciones de suelo agrícola. En Conclusión, los bioplásticos elaborados a partir de *Opuntia ficus indica* y *Ipomoea batatas* presentaron excelentes características mecánicas y una destacada biodegradabilidad, lo que los convierte en una alternativa prometedora para la sustitución de plásticos convencionales en aplicaciones agrícolas. La formulación con 20 g de mucílago (M3) resultó ser la más efectiva, mostrando los mejores valores de elongación y tracción, así como una biodegradación del 99.99% en 35 días. Este bioplástico, por su capacidad de descomposición rápida en el suelo, es ideal para el uso en productos agrícolas como bolsas biodegradables para plantas. Los resultados sugieren que el *Opuntia ficus indica* y el *Ipomoea batatas* son recursos naturales viables para la producción de bioplásticos, contribuyendo a la reducción del impacto ambiental de los plásticos convencionales y promoviendo prácticas más sostenibles en la industria agrícola. Este estudio abre nuevas posibilidades para el uso de



recursos locales en la fabricación de productos biodegradables y ecológicos, con potencial para ser implementado en diversas industrias sostenibles.

Sin embargo, según Garrido Correa (2020), "elaboración de un bioplástico a partir de la palta (persea americana) con cáscara de plátano (musa paradisiaca) y almidón de papa (solanum tuberosum), con su efecto de elasticidad", Objetivo de la investigación fue la elaboración de láminas biodegradables utilizando como insumos almidón de papa, cáscara de palta y cáscara de banano, con el fin de desarrollar biopolímeros a partir de desechos agroindustriales, agregando valor a los residuos y promoviendo soluciones sostenibles para la industria del plástico. En metodología se realizaron la elaboración de las láminas biodegradables, se extrajo el almidón de la papa mediante un método húmedo. A continuación, se mezcló el almidón con cáscaras de palta y de banano en tres formulaciones con concentraciones de 0,03%, 0,06% y 0,09% de cáscara de palta. El proceso de gelatinización del almidón se realizó a 70°C, donde se permitió que el almidón formara un gel, el cual luego se vertió sobre superficies planas para dar forma a las láminas. Se evaluaron las propiedades fisicoquímicas (pH y humedad) y mecánicas (resistencia a la tracción y elongación) de las láminas obtenidas, utilizando un Texturómetro TA.XT Plus para medir la resistencia a la tracción y el porcentaje de deformación. Presentados los resultados mostraron que el pH de las láminas fue ligeramente básico, con valores promedio de 7,89 para la primera muestra, 7,71 para la segunda y 7,24 para la tercera. Ninguna de las muestras presentó acidez titulable. En cuanto a la humedad, las formulaciones con 0,03%, 0,06% y 0,09% de cáscara de palta presentaron valores de 8,48%, 11,25% y 11,51%, respectivamente. En cuanto a las propiedades mecánicas, la resistencia a la



tracción promedio fue de 17,97 MPa, 20,49 MPa y 25,00 MPa para las formulaciones con 0,03%, 0,06% y 0,09% de cáscara de palta, respectivamente. En términos de elongación, las láminas mostraron un 6,63% para la muestra con 0,03% de cáscara, un 10,36% para la de 0,06%, y un 3,77% para la de 0,09%. Sin embargo, el espesor promedio de las láminas fue de 0,135 mm, lo cual no cumple con los estándares establecidos por la Norma IRAM 13610 para bolsas plásticas tipo camiseta, que requiere un espesor entre 0,015 y 0,020 mm. Además, las láminas no alcanzaron la resistencia mínima a la tracción de 30 MPa requerida por la misma norma. Teniendo como conclusiones, que las láminas biodegradables elaboradas a partir de almidón de papa, cáscara de palta y cáscara de banano presentan propiedades físicas y mecánicas satisfactorias en términos de biodegradabilidad y adaptabilidad como biopolímeros. Sin embargo, no cumplen con los estándares de espesor y resistencia a la tracción establecidos por las normas industriales para bolsas plásticas. Los resultados indican que la incorporación de cáscara de palta mejora las propiedades mecánicas, pero aún no es suficiente para cumplir con los requisitos normativos para aplicaciones comerciales. La investigación demuestra el potencial de los residuos agroindustriales como fuentes para la producción de bioplásticos, contribuyendo a la sostenibilidad y la reducción del impacto ambiental de los plásticos convencionales. Se recomienda seguir investigando sobre la optimización de las propiedades mecánicas y el espesor de las láminas para cumplir con las normativas internacionales.

2.1.3. Antecedente Local

“Reaprovechamiento de las cáscaras de plátano musa paradisiaca para la elaboración de bioplástico en el Collao -Ilave, 2021”, teniendo como objetivo



elaboración de bioplastico a partir del reaprovechamiento de las cascaras de plátano *Musa paradisiaca* para determinar la biodegradación del bioplasticos y evaluar sus propiedad físicas del bioplastico en comparación al plástico convencional, la metodología de la investigación es experimental y cuasiexperimental, donde las materias primas fueron recolectadas de establecimientos de juguerías ubicados del mercado central de llave, el tipo de investigación fue experimental – cuasiexperimental, el procedimiento fue utilizando esos residuos de cascaras, glicerina, vinagre y agua destilada. Se realizaron el ensayo de biodegradabilidad en un tiempo de 50 días, donde se tuvieron 3 muestras de 10x10 cm cada una en agua, tierra (suelo húmedo) y a la temperatura ambiente. Teniendo como resultados, fue exitosa la elaboración del bioplastico y se logró la fabricación exitosa del bioplasticos con una biodegradabilidad que se sometieron tres muestras en condiciones de agua, suelos húmedo y temperatura ambiente, en un plazo de 50 días, llego a degradarse por completo, por otro lado las propiedades físicas del bioplastico fue de 0.0035 g/cm², mientras el testigo de la botella fue de 0.001 g/cm³, (Quispe Maquera, 2021).

Según Zapata, Ludeña , Trasmonte, & Cabrejos (2020), “Biopelícula a partir de almidón de banano verde (*Musa paradisiaca*) y mandioca (*Manihot esculenta*)”, Se tiene como objetivo esta investigación, evaluar la influencia de diferentes concentraciones y tipos de almidón (de banano verde y mandioca), la elaboración del bioplastico fue de mezclas de estos almidones con quitosano comercial, glicerina y gel de sábila, fueron utilizadas el 3% y 4%, y el quitosano se usó al 1%, mientras que la concretacion del gel de sábila fue de 5%. Las propiedades evaluadas incluyeron el espesor, solubilidad, permeabilidad al



vapor de agua y la humedad, esfuerzo de tracción de las películas, aplicando la metodología mediante el método casting, utilizando mezcla de almidón de banano verde y mandioca a concentraciones de 3% y 4% con quitosano comercial al 1%, glicerina como plastificante y gel de sábila como agente antifúngico. El diseño experimental consistió en bloques completamente aleatorizados, con evaluaciones de las propiedades fisicoquímicas y mecánicas de las películas, así como su biodegradabilidad. Se realizaron análisis estadísticos con pruebas de Tukey ($\alpha=0.05$) para determinar las diferencias significativas entre los tratamientos. Los resultados mostraron que las películas de almidón de mandioca a 4% tuvieron una mayor resistencia mecánica (10,7 MPa), menor solubilidad (24%) y menor contenido de humedad (15,5%) comparado con las películas de almidón de banano verde. En cuanto a la permeabilidad al vapor de agua (PVA), las películas de mandioca también presentaron valores inferiores (0.76 g/m².h.mmHg), mientras que las películas de almidón de banano verde a 6% mostraron mayor solubilidad (30%) y una PVA más alta (1.15 g/m².h.mmHg). El aditivo de quitosano resultó en una mayor eficiencia de biodegradación, con un tiempo de desintegración de 14 días en el ambiente, mientras que las películas sin aditivos presentaron una descomposición más lenta. a investigación concluye que las películas biodegradables elaboradas con almidón de mandioca muestran mejores propiedades mecánicas y menor solubilidad y permeabilidad al vapor de agua en comparación con las de almidón de banano verde. Además, el uso de quitosano como aditivo mejora la biodegradabilidad de las películas, acelerando su desintegración en el ambiente.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Biodegradabilidad

Existe una distinción importante entre polímeros degradables y polímeros biodegradables. Los polímeros degradables se definen como aquellos que se pueden despolimerizar o reciclar en condiciones y procesos controlados. De acuerdo con la definición de la Sociedad Estadounidense de Pruebas y Materiales (ASTM), los polímeros biodegradables pueden descomponerse en metano, agua, dióxido de carbono, compuestos inorgánicos o biomasa, los cuales pueden medirse mediante pruebas estandarizadas en un período específico, reflejando condiciones de eliminación disponibles (norma ASTM D6813).

El mecanismo de biodegradación consiste en que el peso molecular de los polímeros biodegradables se reduce debido al hidrólisis y la oxidación, seguida de la descomposición a través de microorganismos:

Biodegradabilidad (%) = $(\text{Peso inicial} - \text{Peso final}) / \text{Peso inicial} \times 100$.. (F. Fiandra, Shaw, Starc, J. McGurk , & Mahon, 2023)

2.2.2. Bioplástico

Las películas se pueden fabricar a partir de celulosa y almidón, pero sus cualidades mecánicas no pueden competir con las películas sintéticas, lo que dificulta el envasado de artículos húmedos. Por ello, se ha estudiado la conjugación con otros biopolímeros para aumentar su rendimiento mecánico y de barrera (Encalada, Belén Aldás, & Proaño, 2018)

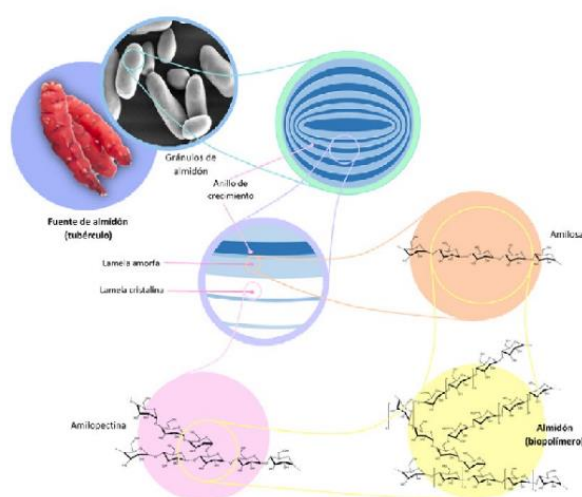
2.2.3. Almidón

Kumar, Mahajan, Kaur, & Gautam (2020) indican que todas las plantas producen almidón como subproducto de la fotosíntesis, y esta materia prima del

reino vegetal sirve como su principal fuente de energía. Es un polisacárido común que se encuentra en toda la naturaleza, es económico, digerible, producido por amiloplastos vegetales. Del mismo modo, (Meneses Sanjuan, 2022) afirman que el 25% de los gránulos de almidón están hechos de amilosa (básicamente una molécula lineal de 1,4 unidades de glucosa anhidra), y el 75% de ellos están hechos de amilopectina (una molécula ramificada de cadenas cortas de 1,4 unidas por 16, enlaces glucosídicos).

Figura 1

Estructura del almidón.



Nota. Estructura química del almidón (biopolímero), tomado de (2020)

2.2.3.1. Almidón de cáscara de *Musa paradisiaca*

El almidón, que puede recuperarse de los desechos de la cosecha de banano y usarse para la venta directa u otros fines como el tratamiento del agua o la polimerización, es abundante. Sobre una base seca, el contenido de almidón de una fruta de banano oscila entre el 70 y el 80 por ciento, mientras que la cáscara puede contener hasta el 50 por ciento (Khamsaw , y otros, 2024)

Tabla 2*Taxonomía del plátano verde.*

Taxonomía del plátano verde	
Nombre común	Plátano
Nombre científico	Musa paradisiaca
Reino	Plantae
Phyllum	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Familia	Zingiberaceae
Orden	Zingiberaceae
Genero	Zingiber
Especie	Z. Officinale

Nota. Tomando de Macano F, (2021)

Según su tamaño, la cáscara del plátano constituye alrededor del 30% del peso de la fruta, sin embargo, puede haber fluctuaciones. La cáscara de plátano se emplea porque comprende el 50% del almidón utilizado en los sectores textil, papelero, farmacéutico y alimentario. A medida que el plátano madura, el almidón se convierte en azúcares, por lo que los plátanos verdes tienen almidón. Es rico en fibra, aminoácidos, potasio y antioxidantes que curan trastornos en el cuerpo.

Tabla 3*Composición de la cáscara de plátano verde (Musa paradisiaca).*

Componentes	%
Almidón total	88,75%
Celulosa	35,14%
Humedad	9,32%
Proteína	0,86%
Ceniza	0,63%
Grasa	0,44%

Nota. Tomado de Pilco, y otros (2018)

2.2.3.2. Glicerina

El glicerol funciona como plastificante en bioplásticos, se crea a través de la fermentación del azúcar o de grasas y/o aceites vegetales o animales. Es un polioliol que tiene tres grupos hidroxilo y tres átomos de carbono en su cadena carbonada ($\text{CH}_2 \text{OH}-\text{CHOH}-\text{CH}_2 \text{OH}$). Los grupos de alcohol, tanto primarios como secundarios, proporcionan a sus moléculas una amplia gama de reacciones potenciales. Debido a las conexiones de hidrógeno que se desarrollan entre sus moléculas, tiene un alto punto de ebullición y es viscoso. Puede emplearse como agente reductor y fuente de hidrógeno en la hidrogenación de moléculas orgánicas ya que es estable al oxígeno en circunstancias ambientales típicas. Es un líquido insípido e incoloro que tiene una baja toxicidad ambiental. Es un material higroscópico con pH neutro (al disolverse en agua no se liberan cationes hidronio ni hidroxilo) y es químicamente estable. Sin embargo, las sustancias oxidantes como el clorato de potasio pueden hacer que explote (D. Ruiz & Huerta, 2016)

La glicerina se utiliza como emulsionante, suavizante y plastificante, que es una materia prima para la nitroglicerina. (Nuñez, 2014)

2.2.3.3. Mucílago

De acuerdo con Villa Uvidi, Osorio Rivera, & Villacis Venega (2020), es un químico con respuesta que puede ser ácida o neutra, y cada uno tiene una función particular en función del mayor peso molecular y la planta en la que se encuentra. Ya que están compuestos de celulosa polisacáridos con la misma cantidad de azúcares y sólo varían en sus cualidades físicas, a menudo se los confunde con gomas y pectinas. Los mucílago de agua crean coloides de baja viscosidad con actividad óptica.

También se produce en células secretoras especializadas, que típicamente se encuentran en hojas, tallos, raíces y semillas, como mencionan (Villa Uvidi, Osorio Rivera, & Villacis Venega, 2020).

2.2.3.4. Mucílago de *Opuntia ficus-indica*

Los cladodios tienen en su composición mucílago, una estructura carbohidratada polimérica compleja con capacidad de retardar la pérdida de agua y pudiendo formar coloides viscosos o gelatinosos. Sus propiedades gelificantes, espesantes y emulsionantes hacen que el mucílago de nopal sea utilizada en diferentes (Betiana Diez, y otros, 2020)

Tabla 4

Composición del mucílago en Opuntia ficus-indica

Componentes	%
Humedad	4,9
Proteína	7,9
Cenizas	36,2
Nitrógeno	1,3
Calcio	10,9
Potasio	1,6

Nota. Tomado de Mogrovejo Quispe (2023)

a) Elongación

Es cuánto puede estirarse un polímero sin romperse cuando se expone a tensión externa. Cuantifica el crecimiento en longitud de un material bajo tensión de tracción antes de que se rompa, como se demuestra en la siguiente ecuación. El alargamiento define la rigidez de un material, que simboliza su resistencia a la deformación. El resultado de la evaluación revela la ductilidad del material o su capacidad para deformarse antes de romperse.

$$\text{Elongación (\%)} = \frac{\text{Longitud final} - \text{Longitud inicial}}{\text{Longitud final}} \%$$

b) Resistencia

Hay tres tipos de resistencia; el primero es la resistencia a la tensión, que es la mayor fuerza por unidad de área que puede soportar un material antes de romperse cuando se estira; su valor se expresa en MPa. La fuerza requerida para propagar un desgarro desde una incisión inicial establecida o producida en la muestra de ensayo (el material) se caracteriza como resistencia al desgarro, que se mide en g/mm. El tercer factor es la resistencia al impacto, que es la capacidad del material para soportar un golpe o impacto sin romperse. (Montoya Cedeño, y otros, 2022)

c) Humedad

Para determinar su contenido de humedad (%). Los resultados que se muestran son un promedio de las tres iteraciones del experimento (Pooja , Shashank , Narayan Sing, & Mazumder, 2024)

$$\text{Humedad} = \frac{\text{Peso inicial de la película} - \text{Peso final de la película seca}}{\text{Peso inicial de la película}}$$

2.2.4. Normativa de biodegradabilidad del bioplástico

La biodegradabilidad se refiere a la capacidad de un material para descomponerse en componentes más simples a través de la acción de microorganismos. Según la norma ISO 14851:2019, un material se considera biodegradable si se descompone en un entorno natural en un tiempo razonable. (ISO 14851, 2019).

2.2.5. Normativa de Propiedades mecánicas del bioplástico

Las características mecánicas, como la resistencia a la tracción y la elongación, son fundamentales para determinar la aplicabilidad de los bioplásticos en diversas industrias. La hipótesis que sugiere que las características mecánicas del bioplástico alcanzarán valores superiores a 5 MPa y una elongación mínima del 20%. La norma ISO 527-1 establece los métodos para medir estas propiedades, lo que permite una comparación estandarizada con otros materiales. (ISO 527-1, 1993)

Tabla 5

Rangos típicos en bioplásticos según Normativas ISO 14851:2019 y ISO 527-1.

Normativa	Propiedad medida	Unidad	Rango típico en bioplásticos	Comentarios
ISO 14851:2019	Biodegradabilidad aeróbica	Porcentaje de carbono mineralizado (%)	60–100% en bioplásticos biodegradables	Los bioplásticos como PLA y PBAT suelen mostrar biodegradación alta bajo condiciones óptimas.
	Resistencia a la tracción	MPa	10–70 MPa	PLA: ~50-70 MPa; PBAT: ~20-30 MPa. Varía según la formulación y el refuerzo
ISO 527-1	Módulo de elasticidad	de GPa	0.5–3 GPa	PLA es más rígido (~2-3 GPa); PBAT es más flexible (~0.1–0.5 GPa).
	Elongación rotura	en %	5–600%	PLA: ~5-10% (baja ductilidad); PBAT: ~300-600% (muy dúctil).
	Esfuerzo máximo	MPa	Similar a resistencia a la tracción	Representa el punto máximo de esfuerzo antes del fallo.

Nota. Tomado de ISO 14851 (2019) y ISO 527-1 (1993)



2.3. Marco conceptual

2.3.1. Bioplástico

Los bioplásticos a polímeros que sientan sus bases en materiales biológicos, no abrasivos con el medio ambiente y de composición no tóxica, según Inamuddin & Altalhi (2022).

2.3.2. Plástico

Termino común para describir materiales sintéticos que tienen diferentes aplicaciones, material polimérico fabricado en base a petróleo, es contaminante, no biodegradable. (Hubbe, Lavoine, & Dou, 2021)

2.3.3. Polietileno

Conocido también como polimetileno, un polímero simple desde la fabricación química, se obtiene por polimerización del etileno, del cual se produce un plástico común por sus propiedades y factibilidad económica. (Hubbe, Lavoine, & Dou, 2021)

2.3.4. Biodegradabilidad

El tiempo que tarda un bioplástico en deteriorarse depende del material utilizado, ya que determina su estructura química y los factores ambientales a los que está expuesto. Esto se hace utilizando la técnica de prueba estándar o el método EN, y es el aspecto más crucial del bioplástico. 14046, también conocida como ISO 14885, es una prueba controlada que determina con certeza el grado de biodegradabilidad. (Hubbe, Lavoine, & Dou, 2021)

2.3.5. Nopal (*Opuntia ficus-indica*)

Es un cactus que crece en suelos y demanda bajas cantidades de nutrientes y humedad. Este nopal tiene un mucílago con buenas propiedades reológicas, y está constituido por azúcares, como arabinosa, ramosa, galactosa,



xilosa, pectinas y ácidos urónicos, con disposición de grupos funcionales hidroxilo y carbonilo, dándole una alta capacidad para unirse a macromoléculas polares, en otras palabras, creando cualidades para formar películas poliméricas. (Hubbe, Lavoine, & Dou, 2021).

2.3.6. Propiedades mecánicas

La mayoría de los materiales están cargados. Conocer las propiedades del material permite utilizarlo antes de que una deformación extrema socave su integridad. Las cualidades mecánicas del material reflejan cómo responde a la fuerza. La resistencia (N/m^2) y el alargamiento son cualidades mecánicas esenciales (m). (Hubbe, Lavoine, & Dou, 2021)



CAPÍTULO III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Diseño de investigación

El diseño de investigación utilizado en este estudio es experimental, ya que se manipulan directamente las variables independientes, como las proporciones de cáscara de *Musa paradisiaca* y mucílago de *Opuntia ficus-indica*, para observar su efecto sobre las propiedades del bioplástico, específicamente en cuanto a su biodegradabilidad. Así mismo, este estudio se lleva a cabo en condiciones controladas en un laboratorio. (Hernández, 2014)

3.2. Tipo de investigación

La investigación realizada es aplicada, ya que se orienta a la creación de bioplásticos a partir de materiales orgánicos como la cáscara de *Musa paradisiaca* y desechos de *Opuntia ficus-indica*. A través de experimentos controlados, se busca determinar cómo la proporción de almidón y mucílago influye en propiedades clave como la biodegradabilidad, resistencia y elongación del material resultante. (Hernández, 2014)

- a) **Nivel de investigación:** El nivel de investigación es relacional, ya que busca identificar y analizar la relación entre las propiedades de los materiales empleados y su capacidad para biodegradarse. (Hernández, 2014)
- b) **Enfoque de investigación:** El enfoque de la investigación es cuantitativo debido a que se centra en la recopilación y análisis de datos medibles relacionados con las propiedades y características de los bioplásticos elaborados a partir de cáscara de *Musa paradisiaca* y desechos de *Opuntia ficus-indica*. (Hernández, 2014)

3.3. Diseño estadístico

Para el diseño estadístico se utilizó los siguiente:

i) **La prueba de Shapiro-Wilk**

Es adecuada para comprobar la normalidad de estas variables antes de aplicar otras pruebas, como el ANOVA, es crucial en tu estudio para decidir si puedes aplicar pruebas paramétricas.

ii) **Estadística Descriptivo:**

El análisis descriptivo permitió obtener un panorama general de los datos. Como los datos que manejas incluyen las variables de "días", "tratamiento", "peso", y "porcentaje de biodegradabilidad", se pueden obtener medidas estadísticas.

Análisis de Varianza (ANOVA):

Se utilizó para comprar si existen diferencias significativas entre los distintos tratamientos en términos de biodegradabilidad. Donde se observa 3 grupos.

El ANOVA permitió, responder si los diferentes tratamientos afectan de manera significativa el porcentaje de biodegradabilidad o el peso del bioplástico en los diferentes días de medición.

3.4. Lugar de estudio

2.3.7. Ubicación de los Puntos de muestreo

Figura 2

Mapa de ubicación del Mercado cerro colorado - Juliaca.



Nota. Google Earth

Figura 3

Mapa de ubicación Centro Poblado de San Camilo



Nota. Google Earth



3.5. Población

La población está conformada por cáscaras de *Musa paradisiaca* recolectadas en el mercado Cerro Colorado y desechos de *Opuntia ficus-indica* obtenidos en el Centro Poblado de San Camilo (Arequipa).

3.6. Muestra

La muestra está compuesta por:

- 4 kg de cáscaras de *Musa paradisiaca* recolectadas en juguerías del mercado Cerro Colorado.
- 1.2 kg de desechos de *Opuntia ficus-indica*, obtenidos en cultivos de cochinillas del distrito de La Joya.

3.7. Técnicas e instrumentos

- Técnicas de gabinete: Se procesó la información inicial y final mediante fichas técnicas y recolección de datos. Se definieron y aplicaron análisis estadísticos pertinentes.
- Técnicas de campo: incluyeron la recolección y el procesamiento de muestras en laboratorio.
- Laboratorio de calidad ambiental EPISA – UANCV
- Laboratorio del equipo de departamento de ingeniería de materiales de la UNSA.

3.8. Procedimiento metodológico

3.8.1. Elaborar un bioplástico a partir de cáscara de musa paradisiaca y desechos de opuntia ficus-indica en condiciones controladas.

a) Fase campo: Recolección de la materia prima

La recolección de cáscara de Musa paradisiaca la misma que se realizó con la colaboración de las juguerías de mercado cerro colorado del Distrito de Juliaca, quienes segregaron las cascaras de plátano.

- Registro de participantes y orientación a las juguerías que participaran en el proceso de segregación de cáscaras de Musa paradisiaca.
- Recolección de Cáscaras de plátano de las juguerías del mercado cerro colorado.

Tabla 6 Datos Generales de Código, ubicación y fecha de muestreo.

Código	Origen de la Muestra	Coordenadas
P-01	Mercado cerro colorado	E:379081 N:8285838 Z:19 E: 191919 N
P-02	Centro poblado de San camilo	N: 8151771 Z: 19

Nota. Google Earth

El método de ensayo para la recuperación de almidón fue método húmedo, del ensayo de almidón y Mucilago.

Los parámetros fueron analizados de acuerdo a las recomendaciones de los Métodos normalizados para el Análisis de Aguas Potable y Residuales APHA, AWW.WEF.21th ed. 2005.

Figura 4

Recolección de cascaras de plátano de la juguerias del mercado cerro colorado.



Nota. Fotografía en campo.

El punto de recolección de los desechos de *Opuntia ficus indica* fue realizada en el centro poblado de San Camilo Distrito de la Joya.

Figura 5

*Recolección de desechos de *Opuntia Ficus – indica*.*



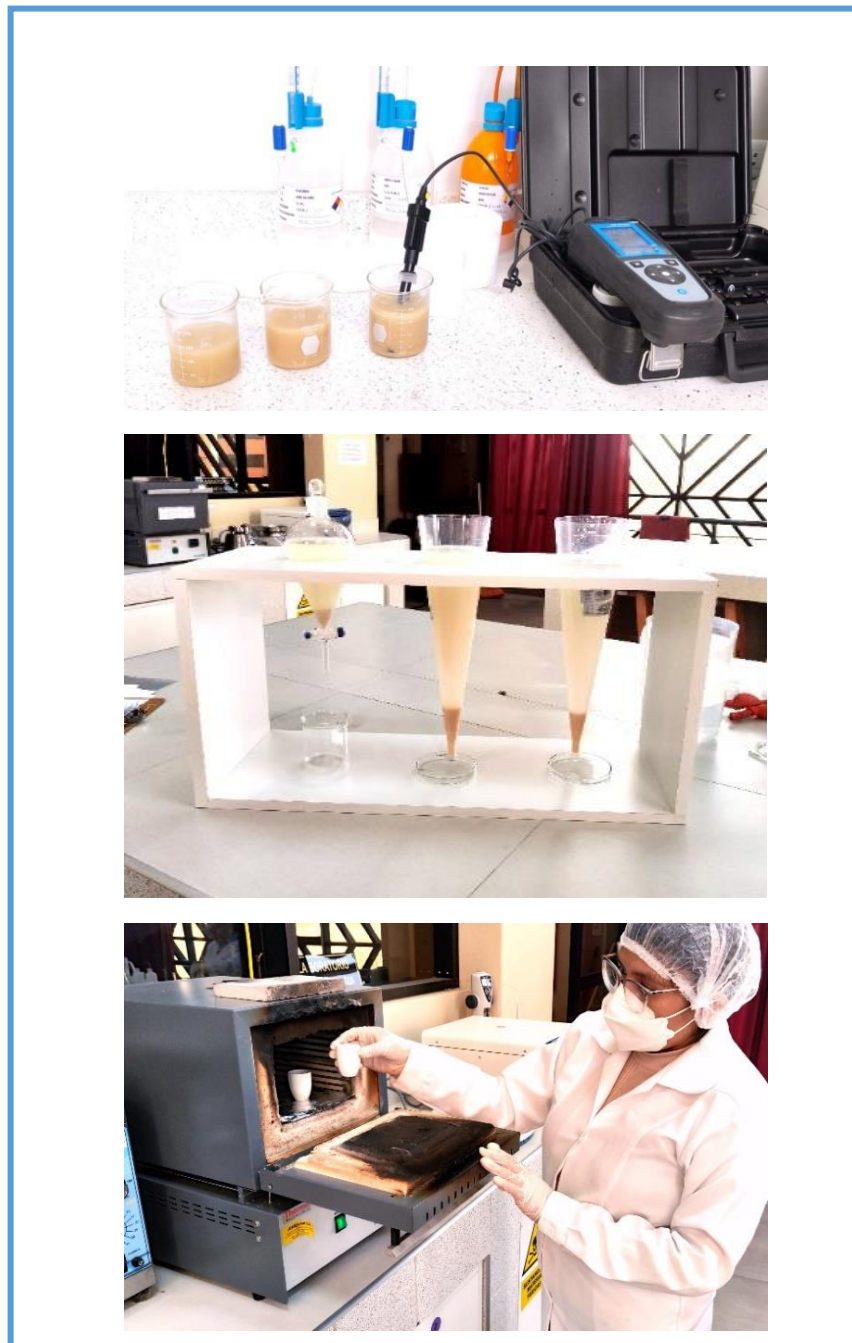
Nota. Fotografía en campo.

b) Fase de laboratorio: Análisis

Los análisis se llevaron a cabo en el laboratorio de calidad ambiental EPISA, siguiendo estándares como los métodos APHA.

Figura 6

Análisis de los siguientes parámetros



Nota. Laboratorio de calidad ambiental – UANCV

c) Fase de Extracción: Desechos de opuntia ficus-indica

La extracción de mucilago de desechos de Opuntia Ficus-indica se realizó a nivel laboratorio, se siguió la siguiente metodología.

- ✓ **Recepción:** Las muestras recolectadas fueron llevadas al laboratorio de calidad ambiental.
- ✓ **Lavado:** Consistió en lavar la Opuntia ficus indica con agua destilada, eliminar así las impurezas y espinas.
- ✓ **Troceado:** Se procedió a cortar en cubos pequeños de 1cm x 1cm.
- ✓ **Peso:** Se utilizó 1200 gramos de Opuntia ficus-indica.
- ✓ **Reposo:** En un vaso precipitado se colocó cubos pequeños 1X1cm de Opuntia ficus-indica en una relación de 1:2 de agua destilada durante 24 horas.
- ✓ **Filtrado:** se filtró la parte líquida de la sólida.
- ✓ **Medición de volumen:** se midió el volumen de cada tratamiento.
- ✓ **Almacenado:** Se mantuvo el mucilago en refrigeración a temperatura de 4°C.

Figura 7

Diagrama de procesos para la extracción del mucilago

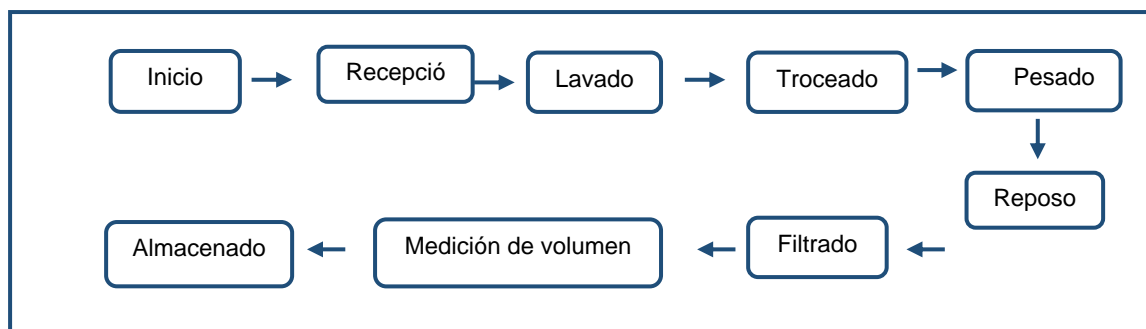


Figura 8

Proceso de extracción de mucilago de *opuntia Ficus – indica*



Nota. Laboratorio de calidad ambiental - UANCV

d) Fase de Extracción: Cáscara de *musa paradisiaca*

La extracción de almidón se realizó a nivel laboratorio a través de procedimientos guiándonos mediante la metodología propuesta por, utilizando el método húmedo.

- ✓ **Recepción:** Las muestras de la materia prima recolectada y transportada al laboratorio de calidad ambiental.
- ✓ **Selección:** las muestras estuvieron en malas condiciones fueron desechadas.
- ✓ **Lavado de las cáscaras:** Se realizó con agua destilada eliminando de esta forma las impurezas (polvo, basuras, pajas, etc.) y desinfecto con una solución de hipoclorito de sodio al 1%.
- ✓ **Licuada:** Consistió en licuar con agua destilada 1:4.

- ✓ **Filtrado:** Se filtró la mezcla obtenida mediante un filtro de tela (lienzo). Esta acción fue repetida tres veces hasta que el agua dejó de presentar un color blanquecino.
- ✓ **Sedimentado:** El filtrado se dejó en reposo en un embudo de decantación durante el periodo de 24 horas. / por media hora
- ✓ **Centrifuga:** Al pedimento se le agregó agua 1:1 L centrifugo durante media hora.
- ✓ **Decantado:** Se eliminó el agua que se encontraba en la parte superior del recipiente, al sedimento se le añadió agua destilada y se dejó precipitar. Esta operación se realizó varias veces hasta que el agua sobrenadante quede completamente clara.
- ✓ **Secado:** El precipitado se secó en una mufla de 105°C durante 3 horas.
- ✓ **Molido:** Se procedió a moler en un mortero hasta obtener un material en polvo.
- ✓ **Tamizado:** Para este proceso se utilizó tamizadores de 100 y 120 micras.
- ✓ **Almacenamiento:** Se colocó la muestra dentro de una funda hermética.

Figura 9

Diagrama de procesos para la extracción del almidón

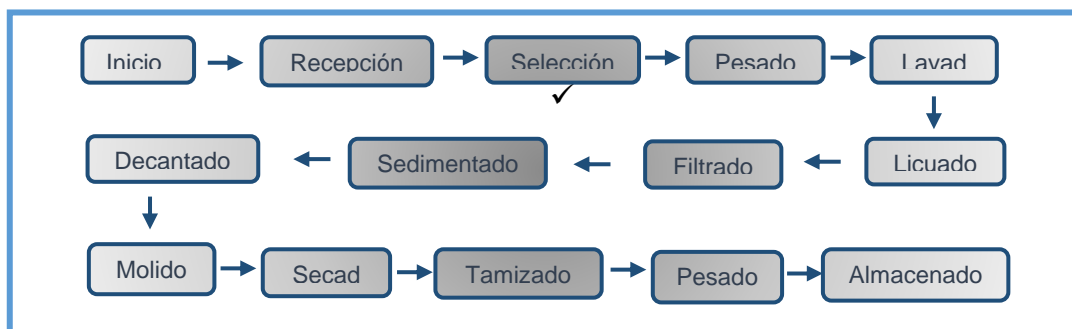


Figura 10

Diagrama de procesos para elaboración bioplástico



Nota. Laboratorio de calidad ambiental - UANCV

e) Fase de Experimentación: Elaboración de bioplásticos a partir de la cáscara de *Musa paradisiaca* y Desechos de *Opuntia ficus-indica*.

Para elaborar los bioplásticos en la presente investigación se realizó un diseño factorial 1 6 manipulando así cinco factores independientes, tales como: almidón, mucílago, gretenina, glicerina, Ácido acético y agua. Realizando 5 tratamientos de 3 repeticiones para cada tratamiento.

Tabla 7

Tratamientos de las dosificaciones para elaboración de bioplástico.

Tratamiento	Agua destilada	Almidón	Mucílago	Glicerol	Ácido acético	Grenetina
	ml	g	ml	ml	ml	g
T 1	100	5	10	10	5	2
T 2	120	7.5	10	10	5	2
T 3	140	10	10	10	5	2
T 4	180	15	10	10	5	2
T 5	220	20	10	10	5	2

Tratamientos descartados

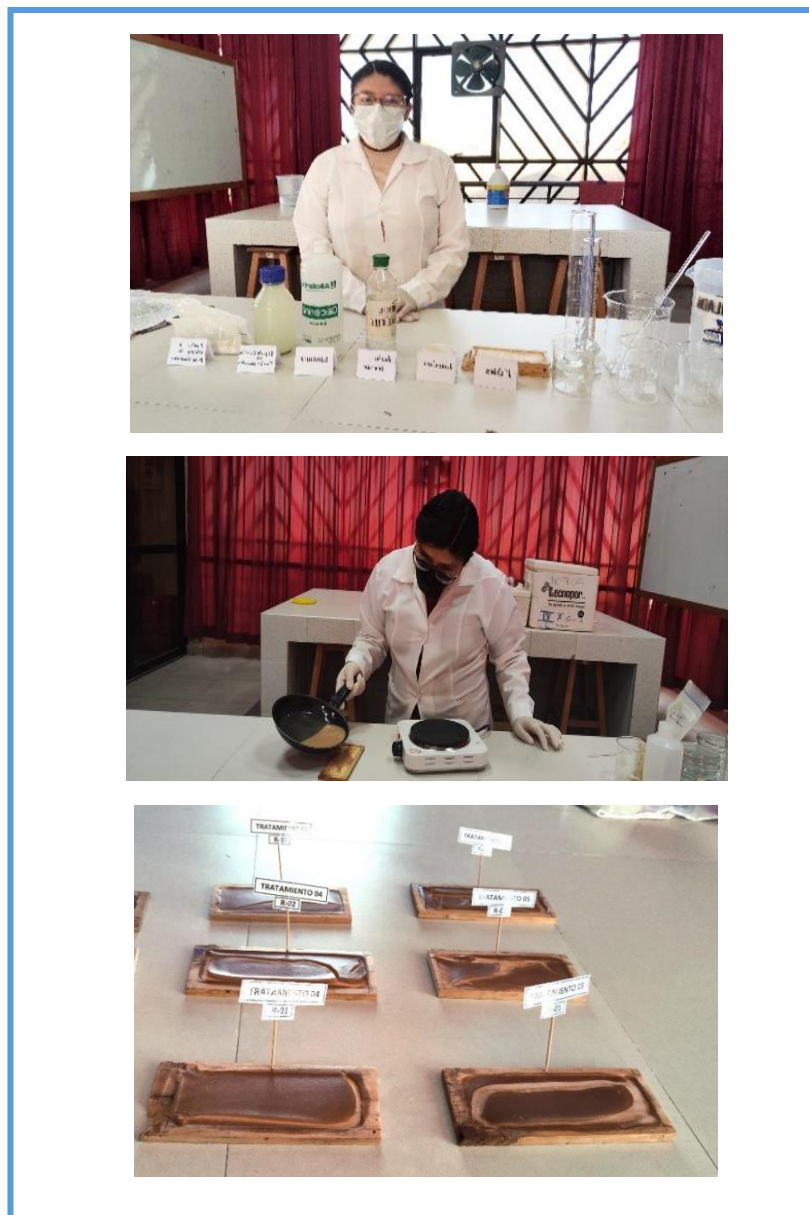
- ✓ **Pesado Medición:** 100ml de H₂O destilada, 5g de almidón, se utilizaron 10 ml de mucílago, 2g grenetina 10ml de glicerol y 5ml de ácido acético. De los 5 diferente tratamiento.
- ✓ **Mezclado:** se colocó un vaso precipitado los compuestos de agua destilada, Almidón Mucilago Glicerina Ácido acético y grenetina para luego ser mezclado en un agitador magnético por 10 min a una temperatura de 80 °C
- ✓ **Cocción:** en una parrilla eléctrica se agregó la mezcla a una temperatura de 90°C de 20 a 30 min con una agitación constante.

- ✓ **Moldeado:** el bioplástico obtenido se agregó a un molde de madera con un espesor de 2 mm.

Este procedimiento se realizó para los 5 tratamientos con 3 repeticiones cada una.

Figura 11

Tratamientos para elaboración de bioplásticos



Nota. Laboratorio de calidad ambiental - UANCV

3.8.2. Describir las características mecánicas del bioplástico a partir de cáscara de musa paradisiaca y desechos de opuntia ficus-indica, Juliaca, 2022.

a) Medición de Tensión, Porcentaje de deformación, carga max, medidas del bioplástico.

El desarrollo de este procedimiento se realizó en el laboratorio de mecánica de materiales de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, ejecutando así el ensayo de tracción a través de un equipo celda de carga de tensión capacidad de 1 000N marca Mecmesin.

Figura 12

Ensayo de tensión en un equipo (marca Mecmesin), celda de carga de tensión de capacidad de 1000N



Nota. Equipo del departamento de ingeniería de materiales de la UNSA, a cargo de la prueba del ing. Elmer Mamani Calcina. Para la prueba de tracción se llevó dentro del marco a la normativa ASTM D-638 para así ser analizadas en base a sus dimensiones.

b) Preparación de muestras para el ensayo del sistema de prueba de materiales

Para las propiedades mecánicas de las películas de bioplásticos como la tracción se determinarán a través de la prueba de probeta según ASTM D638. Donde se procederá a cortar las muestras en tamaño de 2.5 cm por 10 cm con un espesor mayor o igual a 1.1mm.

Figura 13

Preparación de muestras para los ensayos de materiales.



Nota. Laboratorio de calidad ambiental - UANCV

3.8.3. Determinar el grado de biodegradabilidad del bioplástico a partir de cáscara de *musa paradisiaca* y desechos de *opuntia ficus-indica*, Juliaca, 2022.

En la evaluación de la biodegradabilidad de los bioplásticos se consideró la desintegración física del material plástico en fragmentos en los 30 días en agua. Para luego se evaluadas según los pesos.

Figura 14

Muestras de bioplásticos en la prueba de biodegradabilidad.



Nota. Laboratorio de calidad ambiental - UANCV

CAPÍTULO IV

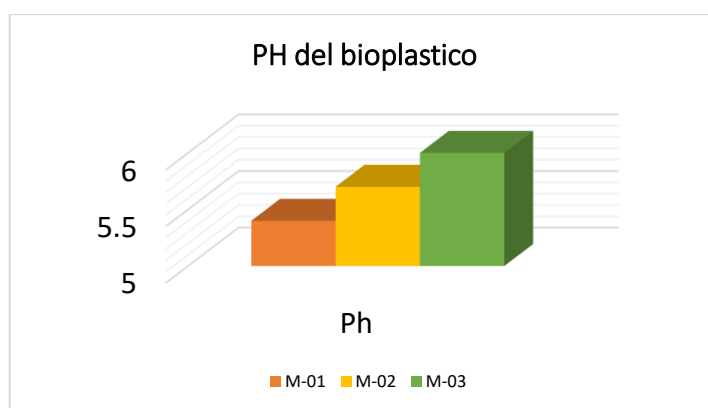
4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Resultados

4.1.1. Elaborar un bioplástico a partir de cáscara de musa paradisiaca y desechos de opuntia ficus-indica en condiciones controladas.

Figura 15

Ph de Muestras de Bioplastico.



Interpretación: Estos valores indican que los bioplásticos obtenidos tienen una acidez leve, con un pH que varía de 5.4 a 6.0. Este rango de pH podría influir en las propiedades finales del bioplástico, como su biodegradabilidad y estabilidad. Un pH ligeramente ácido podría ser favorable para ciertas aplicaciones donde la resistencia a microorganismos es importante.

Los resultados de laboratorio, del procedimiento de extracción de almidón de musa paradisiaca, que se utilizara para la elaboración del bioplastico.

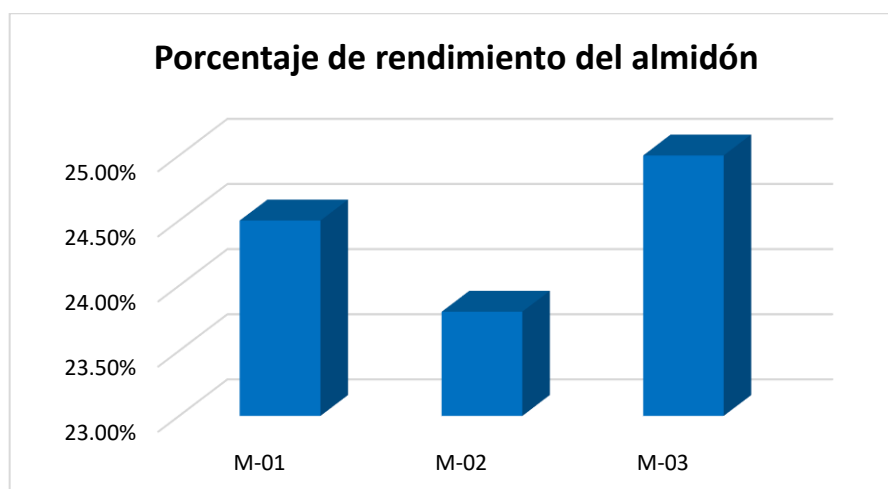
Tabla 8

Porcentaje de rendimiento de almidón de cáscara de musa paradisiaca

Código	Peso inicial de cáscara de musa paradisiaca	Peso final del almidón cáscara de musa paradisiaca	Porcentaje de rendimiento del almidón
M-01	1250 g	306.25 g	24.5 %
M-02	1400 g	333.2 g	23.8 %
M-03	1350 g	337.5 g	25 %
	rendimiento promedio		24.3 %

Figura 16

Porcentaje de Rendimiento de Almidón de Cáscara de Musa paradisiaca



Interpretación: El rendimiento de almidón obtenido es relativamente consistente entre las muestras, con un promedio de 24.3%. Esto sugiere que la extracción del almidón de las cáscaras de Musa paradisiaca es eficiente y estable.

Tabla 9

Porcentaje de rendimiento de mucilago de desechos de opuntia ficus-indica

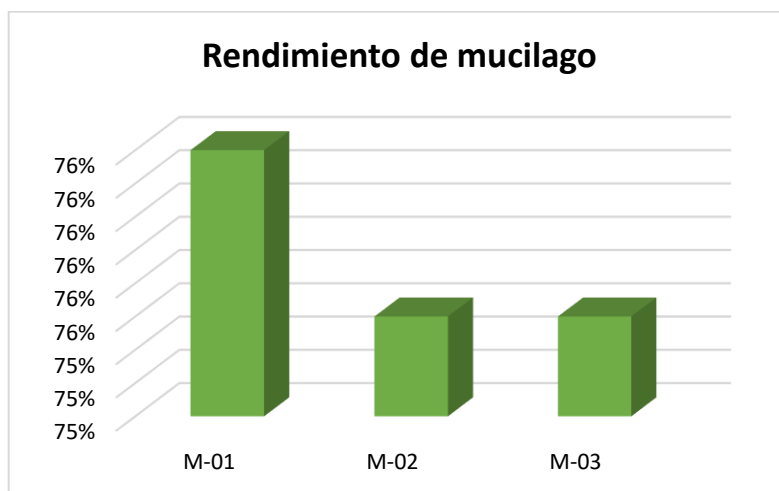
Código	Peso de opuntia ficus indica	Volumen de agua destilada	Volumen de mucilago obtenido	Peso de nopal sin mucilago	Rendimiento de mucilago
M-01	300 g	600 ml	690 ml	209.7 g	76 %
M-02	300 g	600 ml	680 ml	218.2 g	75.5 %
M-03	600 g	1200 ml	1360 ml	435.3 g	75.5 %
rendimiento promedio					75.6%

Nota. Método de ensayo; El método de ensayo para la recuperación del almidón

fue método húmedo aplicado por kent e Islas Hernández.

Figura 17

Porcentaje de Rendimiento de Mucílago de Desechos de Opuntia ficus-indica



Interpretación: El rendimiento de mucílago es bastante alto, lo que indica que una gran parte del peso de los desechos de Opuntia ficus-indica se puede convertir en mucílago. Este alto rendimiento es beneficioso para la producción de bioplásticos, ya que asegura la disponibilidad suficiente de mucílago como un componente clave en la formulación del bioplástico.

4.1.2. Describir las características mecánicas del bioplástico a partir de cáscara de musa paradisiaca y desechos de opuntia ficus-indica, Juliaca, 2022.

Tabla 10

Ensayo De Tracción

Muestra	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Area (mm ²)	Carga Max (N)	Tensión max (KPa)	Porcentaje deformación (%)
Tratamiento 1 (R01)	14.5	1.1	15.95	2.70	169.279	20.888
Tratamiento 1 (R02)	14.0	0.9	12.60	3.20	253.968	19.380
Tratamiento 2 (R01)	13.2	1.0	13.20	5.00	378.788	21.608
Tratamiento 2 (R02)	13.9	1.0	13.90	3.90	280.576	21.594
Tratamiento 3 (R01)	13.2	1.2	15.84	5.40	340.909	21.174
Tratamiento 3 (R02)	12.7	1.1	13.97	5.60	400.859	22.441

Figura 18

Ancho y Espesor del bioplastico

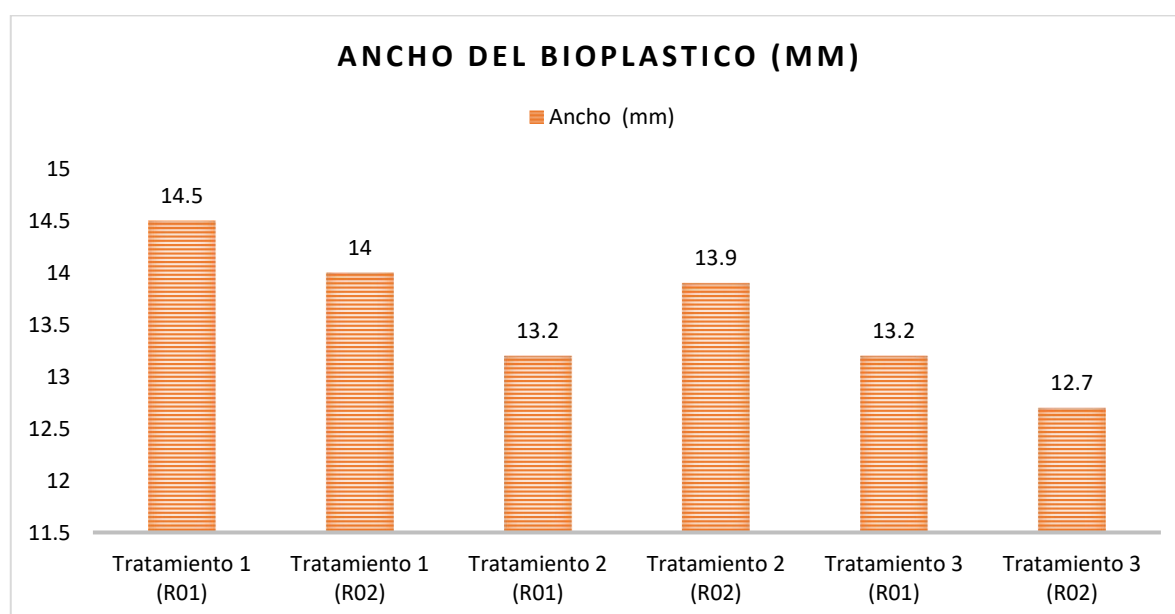
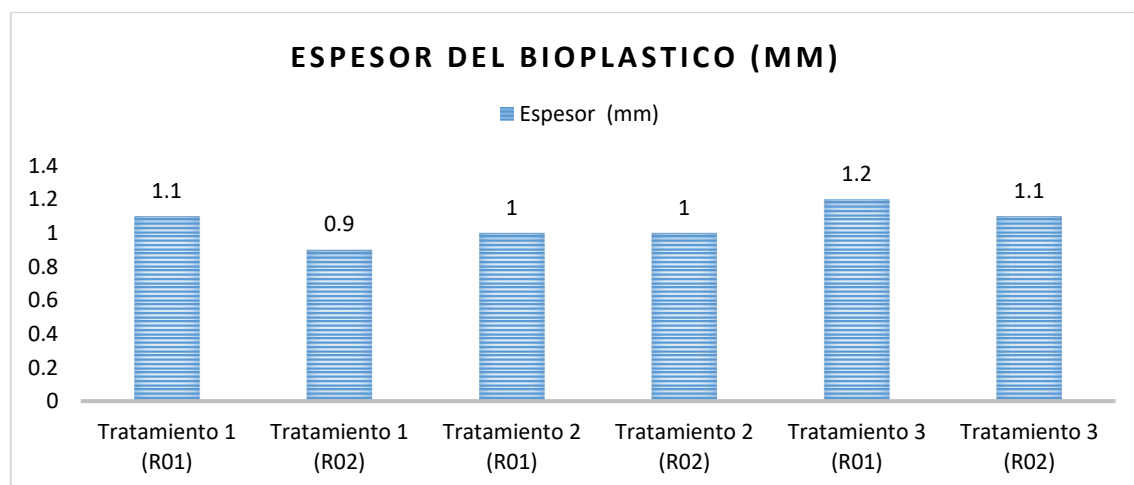
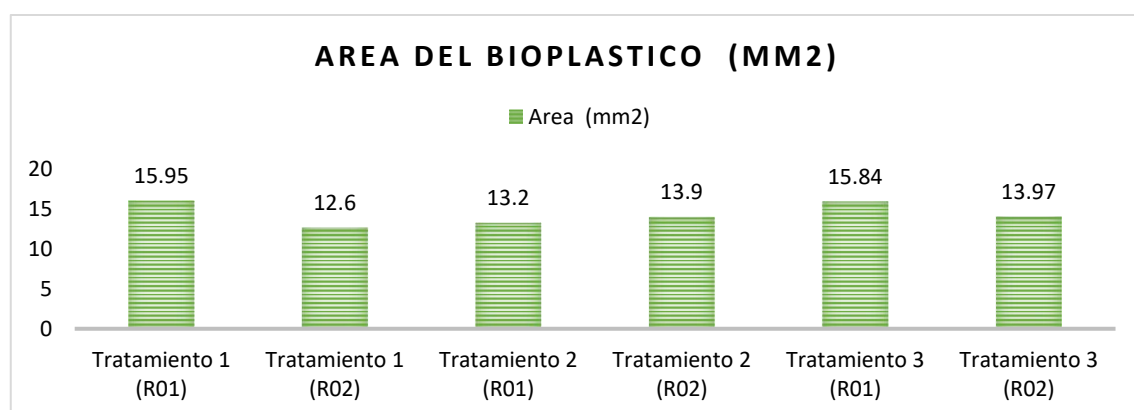


Figura 19*Área (mm²) del bioplástico*

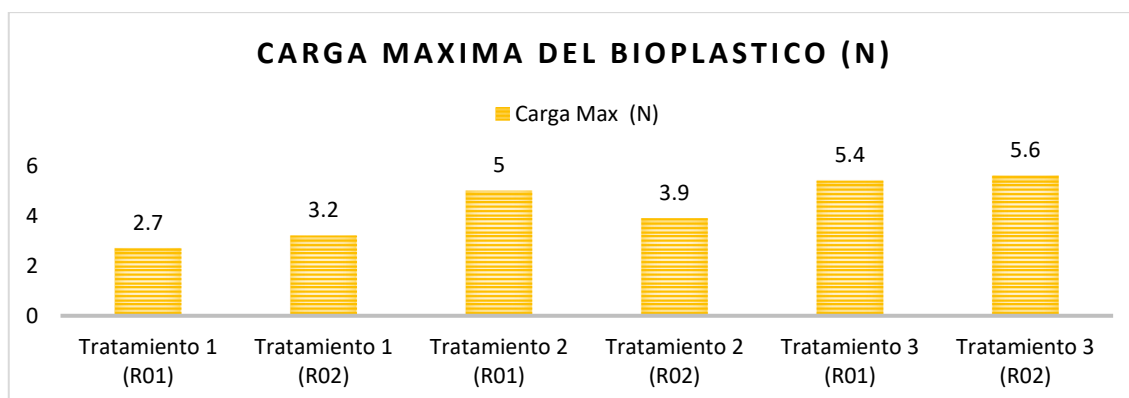
Interpretación: Estos son parámetros físicos de las muestras que indican su tamaño antes de ser sometidas a la tracción. Las muestras tienen anchos que varían entre 12.7 mm y 14.5 mm, y espesores entre 0.9 mm y 1.2 mm. Esto afecta directamente el área de la muestra, que influye en la capacidad de soportar cargas.

Figura 20*Carga Máxima (N) del bioplástico*

Interpretación: El área transversal de cada muestra varía dependiendo de su ancho y espesor. Las áreas más grandes tienden a distribuir mejor la carga aplicada, lo que podría dar lugar a diferencias en la tensión máxima soportada.

Figura 21

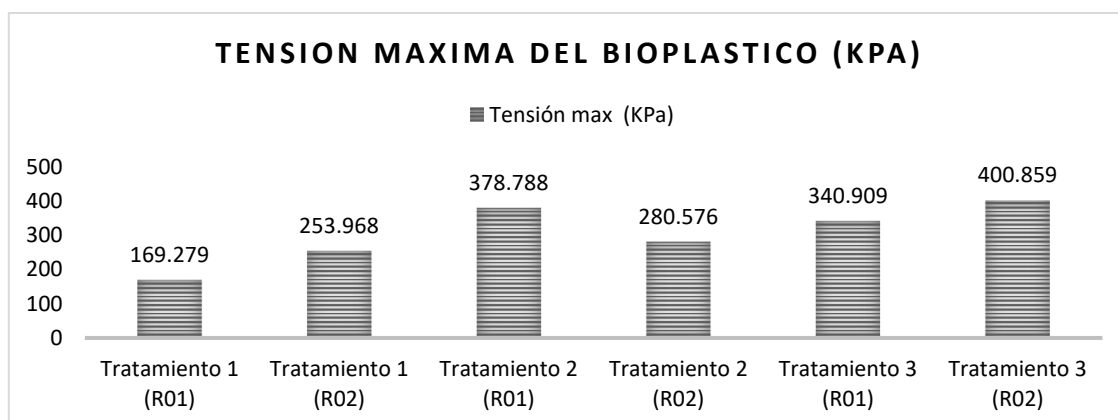
Carga Máxima (N) del bioplástico



Interpretación: Este es el valor máximo de fuerza que cada muestra soportó antes de romperse. Los valores de carga máxima varían desde 2.70 N hasta 5.60 N. Las muestras del Tratamiento 3 (R01 y R02) soportaron las cargas más altas, lo que sugiere que este tratamiento produce un bioplástico más resistente.

Figura 22

Carga Máxima (N) del bioplástico

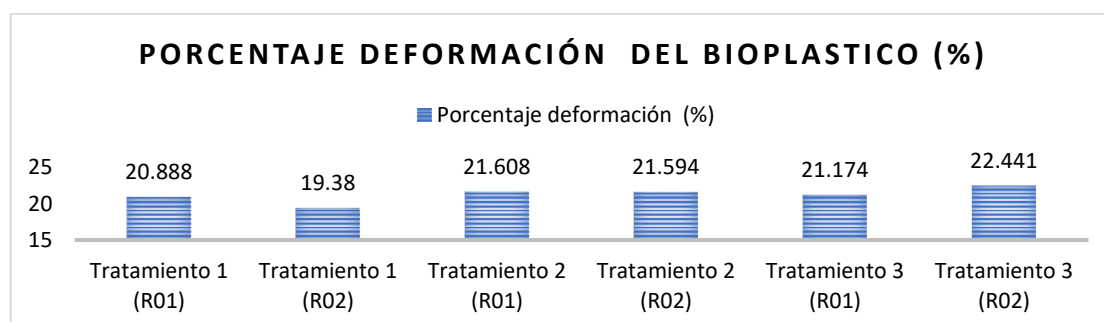


Interpretación: La tensión máxima es la cantidad de fuerza que la muestra soporta por unidad de área. Este es un indicador clave de la resistencia del material. Las muestras del Tratamiento 3 presentan las tensiones más altas,

con un valor máximo de 400.859 KPa, lo que indica que este tratamiento ofrece la mayor resistencia al estiramiento.

Figura 23

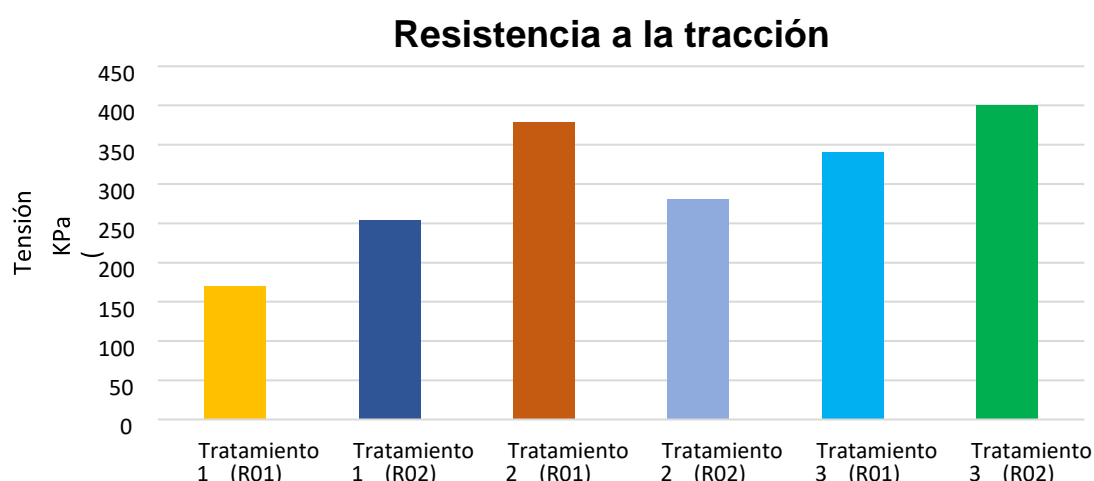
Carga Máxima (N) del bioplástico



Interpretación: Indica cuánto se deformó la muestra antes de romperse, expresado como un porcentaje de su longitud original. Todas las muestras presentan un porcentaje de deformación similar, alrededor del 20%, lo que sugiere que tienen una ductilidad comparable antes de la ruptura.

Figura 24

Resistencia a la tracción del bioplástico.



Interpretación: El tratamiento 3 es el mejor en términos de resistencia a la tracción, ya que soporta la mayor tensión antes de romperse. Esto sugiere que el bioplástico producido con el Tratamiento 3 tiene una mayor capacidad para

resistir fuerzas estiradoras, lo que lo hace más adecuado para aplicaciones que requieren durabilidad y resistencia mecánica,

4.1.3. Determinar el grado de biodegradabilidad del bioplástico a partir de cáscara de musa paradisiaca y desechos de opuntia ficus-indica, Juliaca, 2022.

Tabla 11

Ensayo De Biodegradabilidad del tratamiento 01 y sus repeticiones.

DIAS	TRATAMIENTO 01					
	Peso (g)			% de Biodegradabilidad		
	R01	R02	R03	R01	R02	R03
1	4.9146	5.5906	4.673	0.00	0.00	0.00
5	4.6659	5.3094	4.4819	5.06	5.03	4.09
10	4.3239	4.8756	4.1132	12.02	12.79	11.98
15	3.9641	4.4730	3.8164	19.34	19.99	18.33
20	3.1788	3.6579	3.1767	35.32	34.57	32.02
25	2.0322	2.3822	2.0930	58.65	57.39	55.21
30	1.0493	1.2679	1.1687	78.65	77.32	74.99

DIAS	TRATAMIENTO 02					
	Peso (g)			% de Biodegradabilidad		
	R01	R02	R03	R01	R02	R03
1	3.4968	2.2581	2.2418	0.00	0.00	0.00
5	3.3178	2.1411	2.1068	5.12	5.18	6.02
10	2.9940	1.9083	1.8907	14.38	15.49	15.66
15	2.6656	1.6392	1.5652	23.77	27.41	30.18
20	2.1327	1.3221	1.2160	39.01	41.45	45.76
25	1.1959	0.7307	0.6515	65.8	67.64	70.94
30	0.6004	0.3225	0.2663	82.83	85.72	88.12

DIAS	TRATAMIENTO 03					
	Peso (g)			% de Biodegradabilidad		
	R01	R02	R03	R01	R02	R03
1	4.3734	3.9684	5.0559	0.00	0.00	0.00
5	4.0633	3.6858	4.6944	7.09	7.12	7.15
10	3.5910	3.2450	4.1034	17.89	18.23	18.84
15	2.9538	2.6104	3.2302	32.46	34.22	36.11
20	2.1172	1.8560	2.1953	51.59	53.23	56.58
25	0.9302	0.8687	0.9166	78.73	78.11	81.87
30	0.1797	0.1409	0.1360	95.89	96.45	97.31

Nota: Los resultados de laboratorio de calidad ambiental, cada tratamiento (1, 2,3) de bioplásticos con sus respectivas 3 repeticiones.

Tabla 12

Ensayo De Biodegradabilidad del tratamiento 01

TRATAMIENTO 01		
DIAS	Peso (g)	% de Biodegradabilidad
1	5.059	0.000
5	4.819	4.727
10	4.438	12.263
15	4.085	19.220
20	3.338	33.970
25	2.169	57.083
30	1.162	76.987

Figura 25

Tratamiento 01; % de biodegradabilidad – tiempo en días.



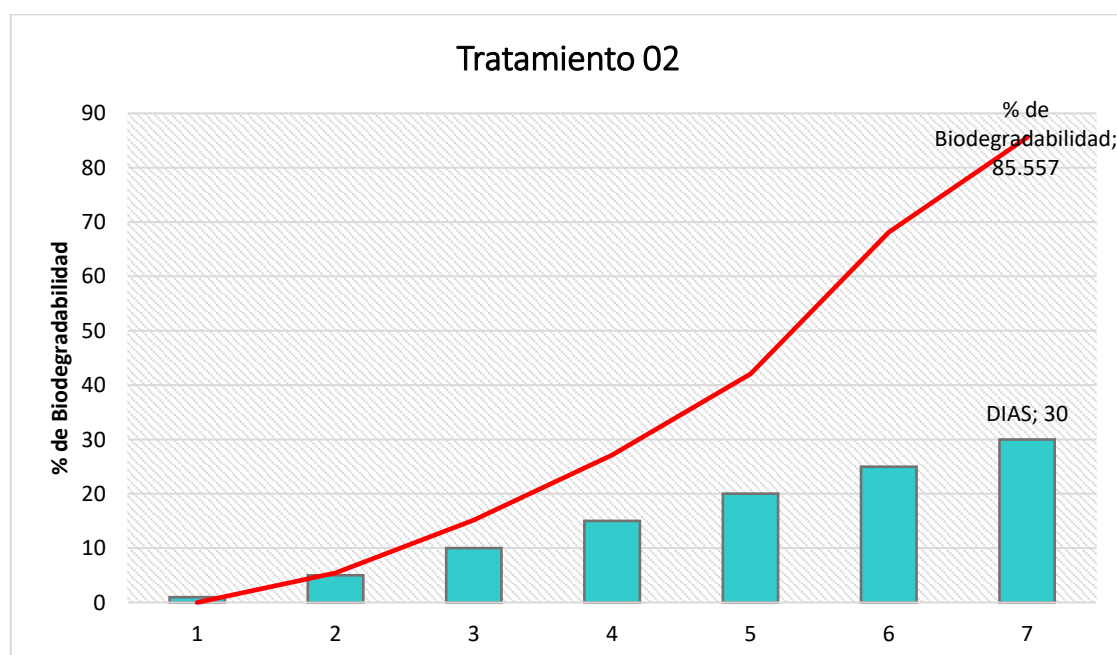
Interpretación: El bioplástico del Tratamiento 01 muestra un aumento progresivo en la biodegradabilidad a lo largo del tiempo. La tasa de biodegradación es relativamente rápida en los primeros días, pero se acelera notablemente en los días 20 a 30. Esto sugiere que el bioplástico es bastante biodegradable, pero con una fase de aceleración en la descomposición hacia el final del período de prueba.

Tabla 13

Ensayo De Biodegradabilidad del tratamiento 02

TRATAMIENTO 02		
DIAS	Peso (g)	% de Biodegradabilidad
1	2.666	0.000
5	2.522	5.440
10	2.264	15.177
15	1.957	27.120
20	1.557	42.073
25	0.859	68.127
30	0.396	85.557

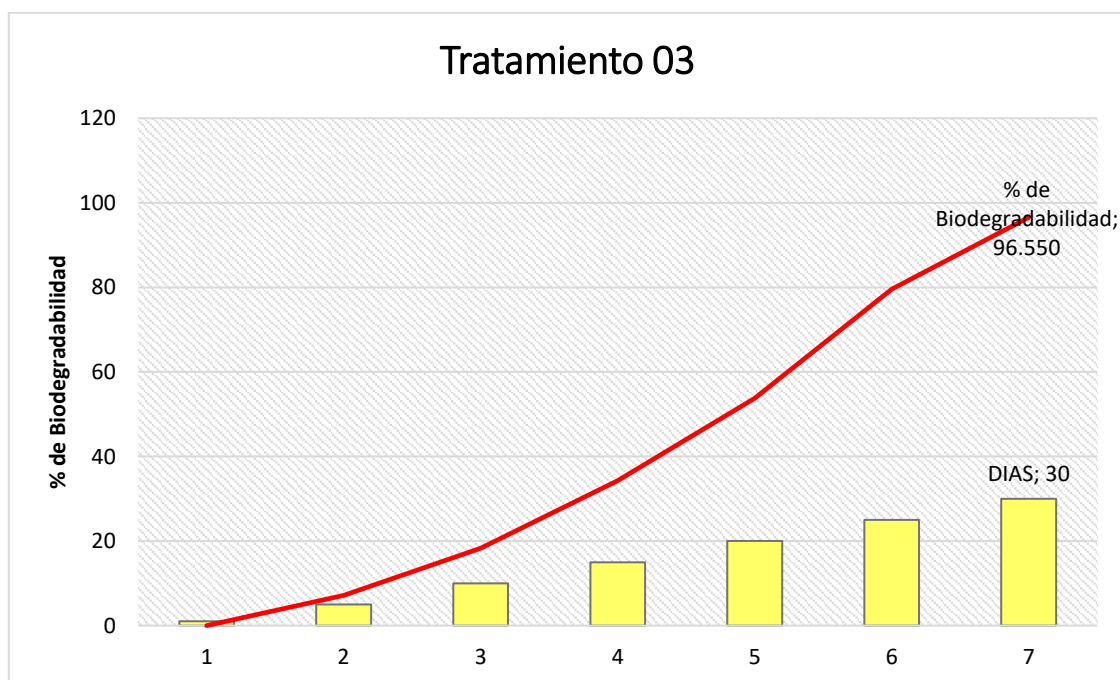
Figura 26

Tratamiento 02; % de biodegradabilidad – tiempo en días.

Interpretación: El bioplástico del Tratamiento 02 también muestra una progresiva biodegradabilidad, con una tasa de degradación que es más constante en comparación con el Tratamiento 01. La tasa de biodegradación es alta, con un aumento significativo en la biodegradabilidad desde el primer día y continuando a un ritmo relativamente estable hasta el final del período.

Tabla 14*Ensayo De Biodegradabilidad del tratamiento 03*

TRATAMIENTO 03		
DIAS	Peso (g)	% de Biodegradabilidad
1	4.466	0.000
5	4.148	7.120
10	3.646	18.320
15	2.931	34.263
20	2.056	53.800
25	0.905	79.570
30	0.152	96.550

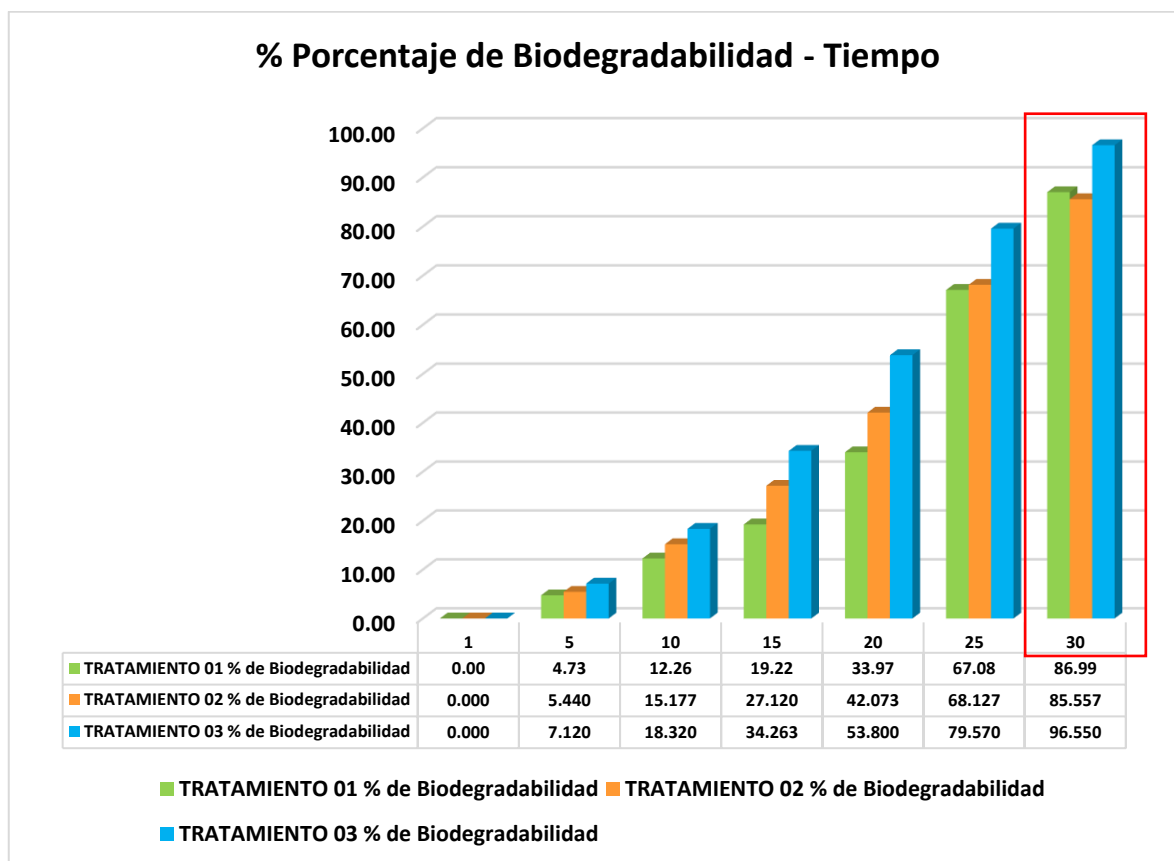
Figura 27*Tratamiento 03; % de biodegradabilidad – tiempo en días.*

Interpretación: El bioplástico del Tratamiento 03 presenta la mayor tasa de biodegradabilidad. La tasa de biodegradación es inicialmente más alta y aumenta rápidamente a lo largo del período de prueba. Al final del período, casi

el 97% del bioplástico ha sido biodegradado, lo que indica que este tratamiento produce el bioplástico más rápidamente biodegradable de los tres.

Figura 28

Relación del Porcentaje de biodegradabilidad en función al Tiempo.



Interpretación:

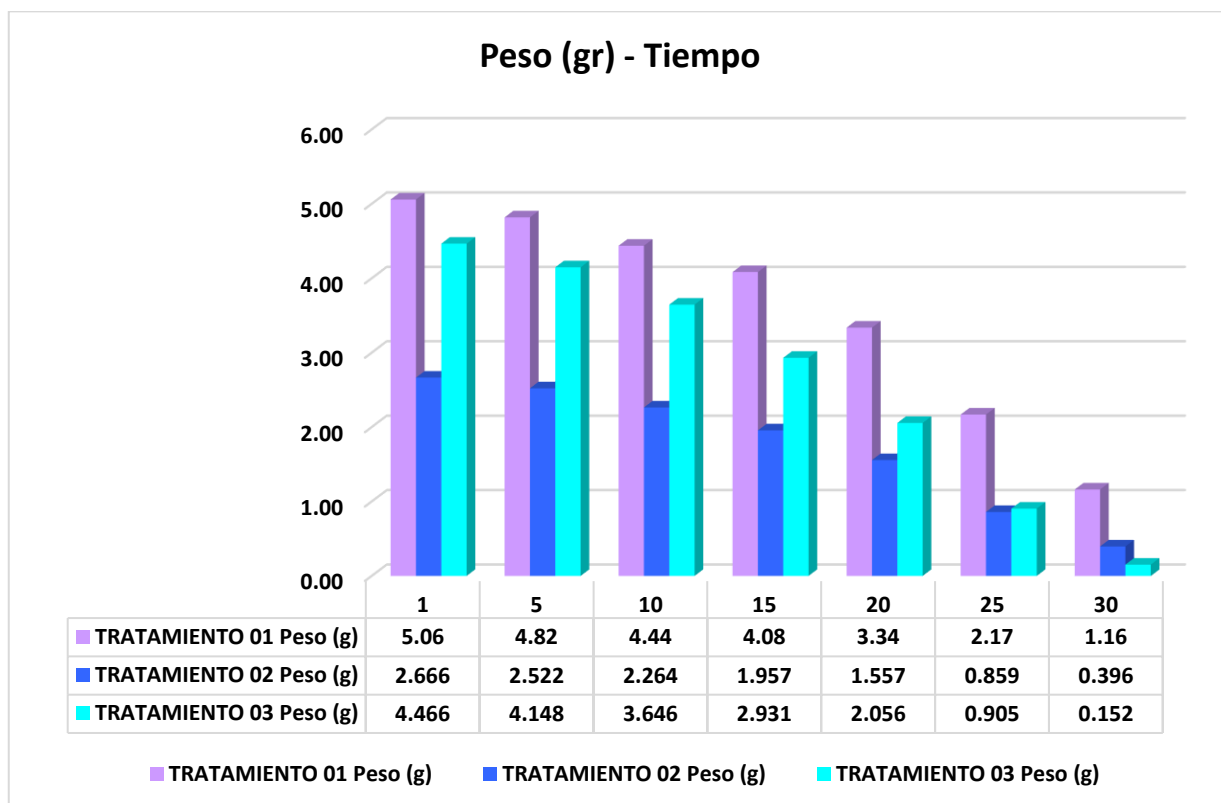
Porcentaje de Biodegradabilidad vs. Tiempo

- Tratamiento 03 muestra el porcentaje de biodegradabilidad más alto en todos los días evaluados, alcanzando casi el 97% al día 30. Esto indica que este tratamiento tiene la mayor capacidad de biodegradación.
- Tratamiento 02 sigue en eficacia con un porcentaje de biodegradabilidad de aproximadamente 85.6% al día 30.

- Tratamiento 01 también es efectivo, pero con un porcentaje de biodegradabilidad de 87% al día 30, que es ligeramente menor en comparación con el Tratamiento 03.

Figura 29

Relación del Peso en gramos en función al Tiempo.

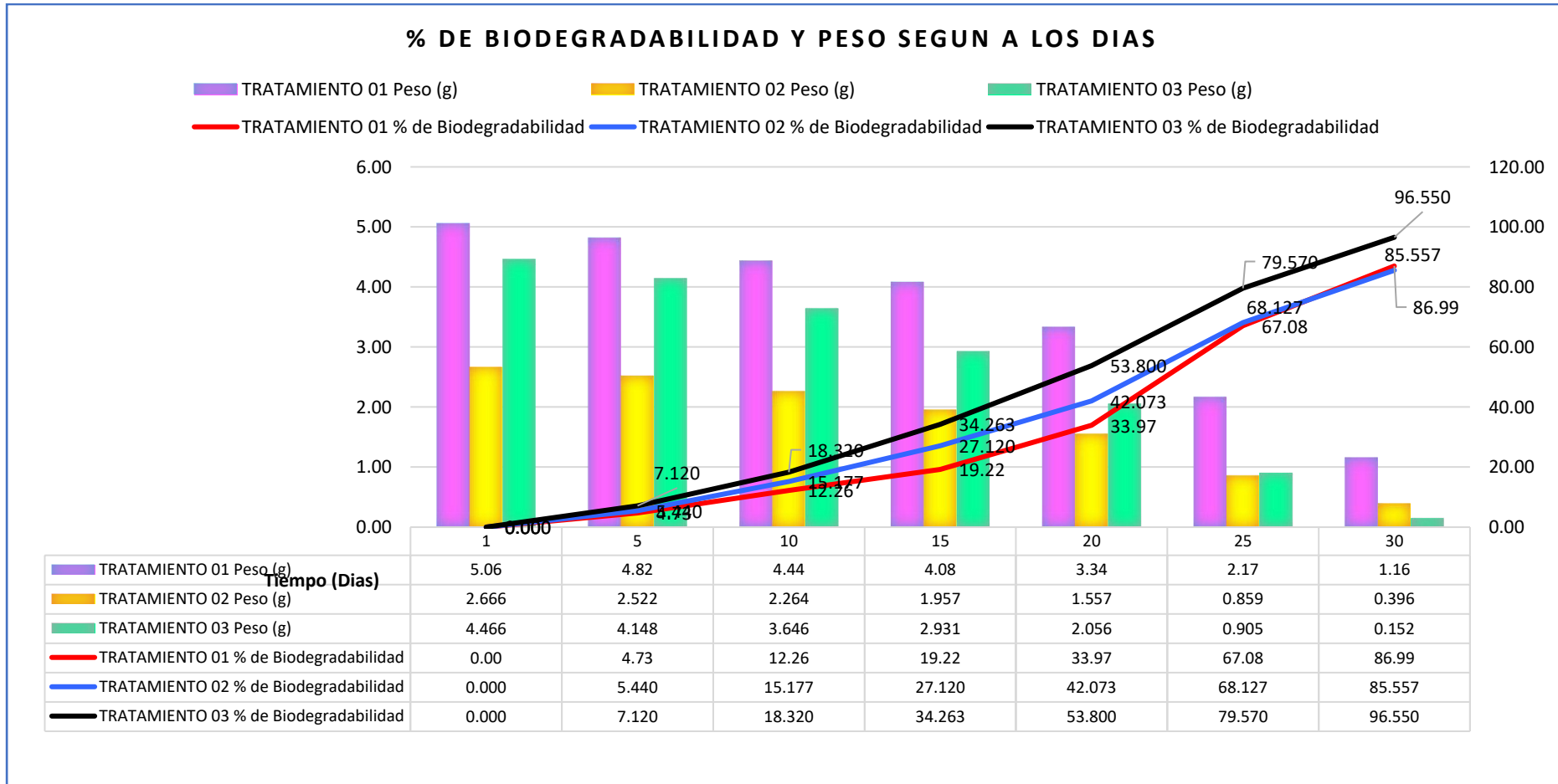


Peso vs. Tiempo:

- El Tratamiento 03 muestra la mayor reducción en peso con el tiempo, alcanzando solo 0.152 g al día 30. Esto refleja su alta tasa de biodegradación.
- El Tratamiento 02 también muestra una reducción significativa en peso, pero no tan rápida como el Tratamiento 03.
- El Tratamiento 01 tiene una reducción en peso más lenta comparada con los otros tratamientos.

Figura 30

El porcentaje de biodegradabilidad y peso según a paso del tiempo en días.





4.2. Resultado de la Contrastación de Hipótesis

a) Criterio de decisión

Si $P\text{-Valor} < 0.05$ se rechaza la H_0

Si $P\text{-Valor} \geq 0.05$ se acepta la H_0 y se rechaza la H_1

b) Planteamiento de las hipótesis

Hipótesis Nula (H_0):

H_0 : El bioplastico elaborado a partir de cascaras de Musa paradisiaca y desechos de Opuntia ficus-indica NO presenta un comportamiento de biodegradabilidad alto en condiciones controladas.

Hipótesis Alternativa (H_1):

H_1 : El bioplastico elaborado a partir de cascaras de Musa paradisiaca y desechos de Opuntia ficus-indica SI presenta un comportamiento de biodegradabilidad alto en condiciones controladas.

4.2.1. Resultados Estadísticos descriptivos para el primer objetivo de la elaborar un bioplástico a partir de cáscara de musa paradisiaca y desechos de opuntia ficus-indica en condiciones controladas.

Tabla 15

Análisis estadístico de la extracción de almidón de la cascara de plátano.

Porcentaje de rendimiento de almidón de cáscara de musa paradisiaca

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación	Varianza
Peso inicial de Cascara de Platano	3	1250,00	1400,00	1333,333 3	76,37626	5833,33 3
Porcentaje de extraccion de Almidon de la Cascara de Platano	3	23,80	24,50	24,2000	,36056	,130
Peso Final de Cascara de Platano	3	306,25	337,50	325,6500	16,93790	286,892
N válido (por lista)	3					

Nota. El software IBM® SPSS Statistics

Interpretación:

- Peso Inicial de Cáscara de Plátano: El peso inicial varía entre 1250,00 g y 1400,00 g, con una media de 1333,33 g y una desviación estándar de 76,38 g. La varianza de 5833,33 muestra la dispersión de los datos.
- Porcentaje de Extracción de Almidón: Los porcentajes están en un rango muy estrecho (23,80% a 24,50%), con una media de 24,20% y una desviación estándar baja (0,36%). La varianza (0,13) también es baja, indicando consistencia en los datos.

- Peso Final de Cáscara de Plátano: El peso final oscila entre 306,25 g y 337,50 g, con una media de 325,65 g y una desviación estándar de 16,94 g. La varianza (286,89) refleja la variabilidad en los pesos finales.

Tabla 16

Análisis estadístico descriptivo de la extracción de mucilago de desechos de opuntia ficus-indica

Porcentaje de rendimiento de mucilago de desechos de opuntia ficus-indica

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación	Varianza
Rendimiento_mucilago	3	75,50	76,00	75,6667	,28868	,083
Volumen_agua	3	600,00	1200,00	800,0000	346,41016	120000,0000
Peso_opuntia	3	300,00	600,00	400,0000	173,20508	30000,0000
Volumen_mucilago	3	680,00	1360,00	910,0000	389,74351	151900,0000
Peso_nopal	3	209,70	435,30	287,7333	127,86713	16350,0033
N válido (por lista)	3					

Nota. El software IBM® SPSS Statistics

Interpretación:

- Rendimiento de Mucílago: La variación en el rendimiento es pequeña, con valores entre 75,50% y 76,00%, y una media de 75,67% con desviación estándar baja (0,29). Esto indica una alta consistencia en el rendimiento del mucílago.
- Volumen de Agua: Hay una amplia variabilidad en el volumen de agua usado (600,00 ml a 1200,00 ml), con una media de 800,00 ml y una desviación estándar alta (346,41). Esto sugiere diferencias significativas en la cantidad de agua requerida en el proceso.

- Peso de Opuntia: El peso de los desechos varía entre 300,00 g y 600,00 g, con una media de 400,00 g y desviación estándar de 173,21. La varianza (30000,00) refleja la gran dispersión en los pesos.
- Volumen de Mucílago: Los volúmenes de mucílago obtenidos son bastante variados (680,00 ml a 1360,00 ml), con una media de 910,00 ml y una desviación estándar alta (389,74). Esto también indica variabilidad en la cantidad de mucílago extraído.
- Peso de Nopal: El peso del nopal muestra variabilidad (209,70 g a 435,30 g), con una media de 287,73 g y una desviación estándar de 127,87.

4.2.2. Resultados Estadísticos para el segundo objetivo describir las características mecánicas del bioplástico a partir de cáscara de *musa paradisiaca* y desechos de *opuntia ficus-indica*, Juliaca, 2022.

a) Estadísticos Descriptivos

Tabla 17

Análisis estadístico de la extracción de mucilago de desechos de opuntia ficus-indica

		Ancho	Espesor	Area	Carga_ma x	tension_ma x	Porcentaje_ deformacion
N	Válido	6	6	6	6	6	6
	Perdidos	0	0	0	0	0	0
Media		13,5833	1,0500	14,2433	4,3000	304,06317	21,18083
Mediana		13,5500	1,0500	13,9350	4,4500	310,74250	21,38400
Moda		13,20	1,00 ^a	12,60 ^a	2,70 ^a	169,279 ^a	19,380 ^a
Desv. Desviación		,66156	,10488	1,37432	1,20996	86,647324	1,026645
Mínimo		12,70	,90	12,60	2,70	169,279	19,380
Máximo		14,50	1,20	15,95	5,60	400,859	22,441

Nota. a. Existen múltiples modos. Se muestra el valor más pequeño, El software IBM® SPSS Statistics

Interpretación:

- Ancho, Espesor y Área: Las medias y medianas son muy similares, sugiriendo una distribución relativamente simétrica. La desviación estándar muestra la dispersión en cada variable.
- Carga max: La media es 4,30 con una desviación estándar de 1,21, indicando variabilidad en la carga máxima que el bioplástico puede soportar.
- Tensión max: La media es 304,06 con una desviación estándar de 86,65. Esto sugiere que hay una considerable variabilidad en la tensión máxima soportada por el bioplástico.
- Porcentaje deformación: La media es 21,18% con una desviación estándar de 1,03%, lo que indica variabilidad en el porcentaje de deformación del bioplástico.

b) Modelo de Regresión**Tabla 18***Resumen del modelo*

Resumen del modelo ^b				
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,615 ^a	,378	,223	,904918

a. Predictores: (Constante), tension_max

b. Variable dependiente: Porcentaje_deformacion

Nota. El software IBM® SPSS Statistics

Interpretación:

- R (0,615) indica una correlación moderada entre la tensión máxima y el porcentaje de deformación.
- R cuadrado (0,378) sugiere que aproximadamente el 37,8% de la variabilidad en el porcentaje de deformación puede ser explicado por la tensión máxima.
- R cuadrado ajustado (0,223) considera el número de predictores y muestra que el modelo tiene un ajuste moderado.

c) Análisis de varianza (ANOVA)**Tabla 19***Análisis de varianza ANOVA.*

		ANOVA ^a				
Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	1,994	1	1,994	2,436	,194 ^b
	Residuo	3,276	4	,819		
	Total	5,270	5			

Nota.

a. Variable dependiente: Porcentaje_deformacion,

b. Predictores: (Constante), tension_max

Interpretación:

F (2,436) y Sig. (0,194) indican que la relación entre la tensión máxima y el porcentaje de deformación no es estadísticamente significativa al nivel del 5% ($p > 0,05$). Esto sugiere que la tensión máxima no es un predictor significativo del porcentaje de deformación en este modelo.

d) Coeficientes

Tabla 20

Coeficientes en función a la constante de tensión máx.

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
		B	Desv. Error	Beta		
1	(Constante)	18,964	1,467		12,924	,000
	tension_max	,007	,005	,615	1,561	,194

Nota. a) Variable dependiente: Porcentaje_deformacion

Interpretación:

- Constante: El valor de la constante es 18,964, lo que representa el valor esperado del porcentaje de deformación cuando la tensión máxima es 0,007.
- Tensión max: El coeficiente de 0,007 indica que, por cada unidad adicional de tensión máxima, el porcentaje de deformación aumenta en 0,007 unidades. Sin embargo, el valor de p (0,194) es mayor que 0,05, lo que significa que este coeficiente no es estadísticamente significativo.

e) Estadísticas de Residuos

Tabla 21

Estadística de residuos

	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación	N
Valor pronosticado	20,19837	21,88639	21,18083	,631584	6
Residuo	-1,435683	,689627	,000000	,809383	6
Desv. Valor pronosticado	-1,556	1,117	,000	1,000	6
Desv. Residuo	-1,587	,762	,000	,894	6

Nota. a. Variable dependiente: Porcentaje_deformacion

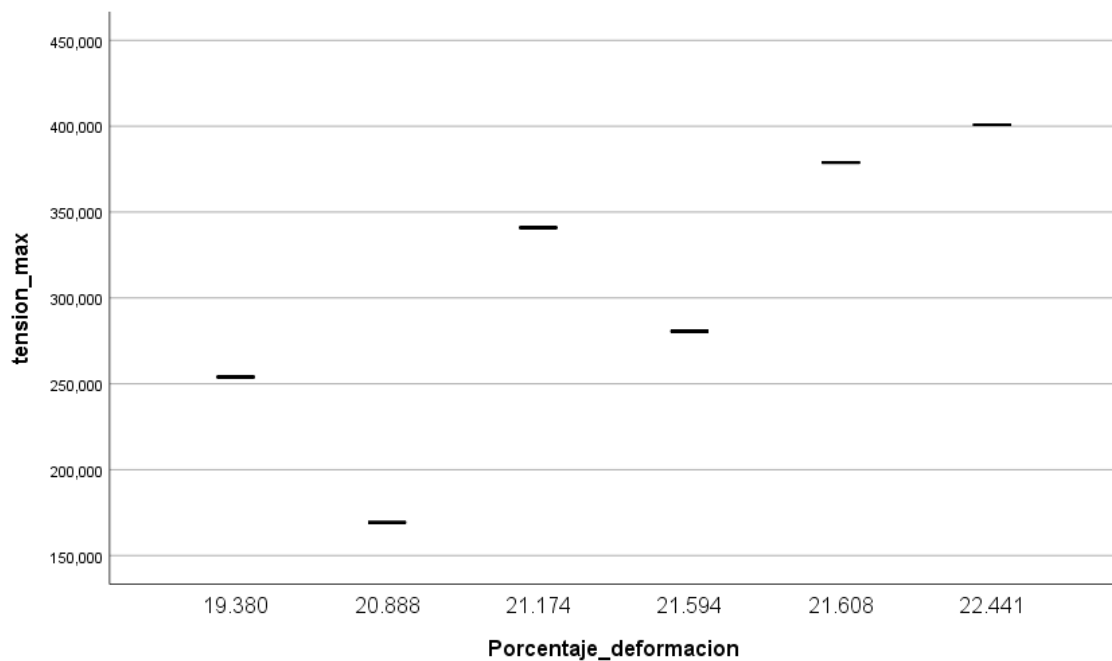
Interpretación:

- Valor pronosticado y Residuo: La media del residuo es 0, lo cual es esperado en una regresión lineal. Las desviaciones estándar muestran la variabilidad en los valores pronosticados y los residuos.

f) Gráfico e Histograma

Tabla 22

Gráfico de la relación entre la tensión Max y porcentaje de deformación del bioplástico.



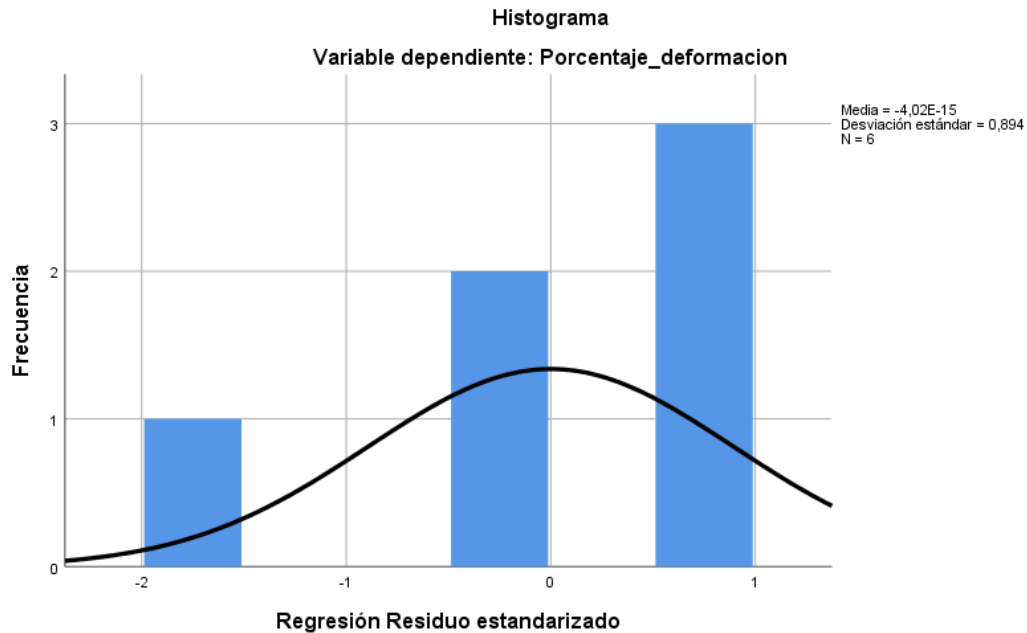
Nota. El software IBM® SPSS Statistics.

Interpretación:

- Gráfico de la Relación entre Tensión Max y Porcentaje de Deformación, tiene una relación no significativa en el análisis podría reflejarse en la dispersión en el gráfico.

Figura 31

Histograma de la variable dependiente el porcentaje de deformación.



Nota. El software IBM® SPSS Statistics

Interpretación:

- En la distribución del porcentaje de deformación en la muestra indica su desviación estándar de 0.894, donde podemos ver que en el histograma del porcentaje de deformación.



4.2.3. Resultados del análisis estadístico para el tercer objetivo

Determinar el tiempo de biodegradación el bioplástico a partir de cáscara de musa paradisiaca y desechos de opuntia ficus-indica, Juliaca, 2022.

Para este objetivo se utilizó el SPSS y el Rstudio, para el análisis de los diseños estadísticos como se muestra en los siguiente:

4.2.3.1. Diseño Estadístico

a) Cargar y Examinar los Datos

Se cargaron los datos desde un archivo CSV exportado desde SPSS utilizando el paquete haven. Los primeros registros y la estructura de los datos indican que las variables están correctamente formateadas y listas para análisis adicionales.

b) Prueba de Normalidad

Para determinar si los datos siguen una distribución normal, se realizó el test de Shapiro-Wilk para cada tratamiento:

```
shapiro.test(subset(datos, tratamiento == "T1")$peso)
##           Shapiro-Wilk           normality           test
## data:      subset(datos,      tratamiento ==      "T1")$peso
## W = 0.90947, p-value = 0.3922
shapiro.test(subset(datos,      tratamiento ==      "T2")$peso)
##           Shapiro-Wilk           normality           test
## data:      subset(datos,      tratamiento ==      "T2")$peso
## W = 0.92432, p-value = 0.5037
shapiro.test(subset(datos,      tratamiento ==      "T3")$peso)
##           Shapiro-Wilk           normality           test
## data:      subset(datos,      tratamiento ==      "T3")$peso
## W = 0.93414, p-value = 0.5866
```

Tratamiento T1: p-value = 0.3922

Tratamiento T2: p-value = 0.5037

Tratamiento T3: p-value = 0.5866

Interpretación: Todos los p-values son mayores que 0.05, lo que indica que no se rechaza la hipótesis nula de normalidad. Esto sugiere que los datos de peso en cada tratamiento siguen una distribución normal.

4.2.3.2. Análisis Estadístico

a) ANOVA para Comparar Biodegradabilidad entre Tratamientos

Se realizó un ANOVA para evaluar las diferencias en la biodegradabilidad entre los tratamientos:

```
anova_resultado <- aov(`Porcentaje_biodegradabilidad` ~ tratamiento, data = datos)
summary(anova_resultado)
##              Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
## tratamiento    2      322    161.2    0.138    0.872
## Residuals   18 20961  1164.5
```

Valor F: 0.138

p-value: 0.872

Interpretación: El p-value es mayor que 0.05, lo que indica que si hay diferencias significativas en la biodegradabilidad entre los tratamientos. Esto sugiere que los distintos tratamientos afectan de manera diferenciada el porcentaje de biodegradabilidad.

Por lo tanto; dado que el valor p (0.872) es mucho mayor que el umbral común de 0.05, si se rechaza la hipótesis nula, esto significa que hay evidencia suficiente para afirmar que hay diferencias significativas en la biodegradabilidad entre los tres tratamientos (Tratamiento 01, Tratamiento 02 y Tratamiento 03)

b) Análisis de Tendencias Temporales

Se analizó cómo cambia la biodegradabilidad con el tiempo utilizando un modelo de medidas repetidas:

```
anova_resultado <- aov(`Porcentaje_biodegradabilidad` ~ dias + Error(tratamiento/dias),
                        data = datos)
summary(anova_resultado)
Error:
##              Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
## Residuals      2      322.5      161.2
## Error:
##              Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
## dias          1  19869    19869    440.1  0.00226 **
## Residuals      2       90       45
##
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
## Error:
##              Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
## Residuals 15  1002   66.78
Valor p para el tiempo: 0.00226 (significativo)
```

Interpretación: El tiempo tiene un efecto significativo en la biodegradabilidad, indicando que el porcentaje de biodegradabilidad cambia considerablemente con el tiempo. Sin embargo, el tipo de tratamiento no afecta significativamente la biodegradabilidad en comparación con el efecto del tiempo.

Conclusión: El tiempo es un factor importante en la biodegradación del bioplástico, mientras que los tratamientos no muestran diferencias significativas.

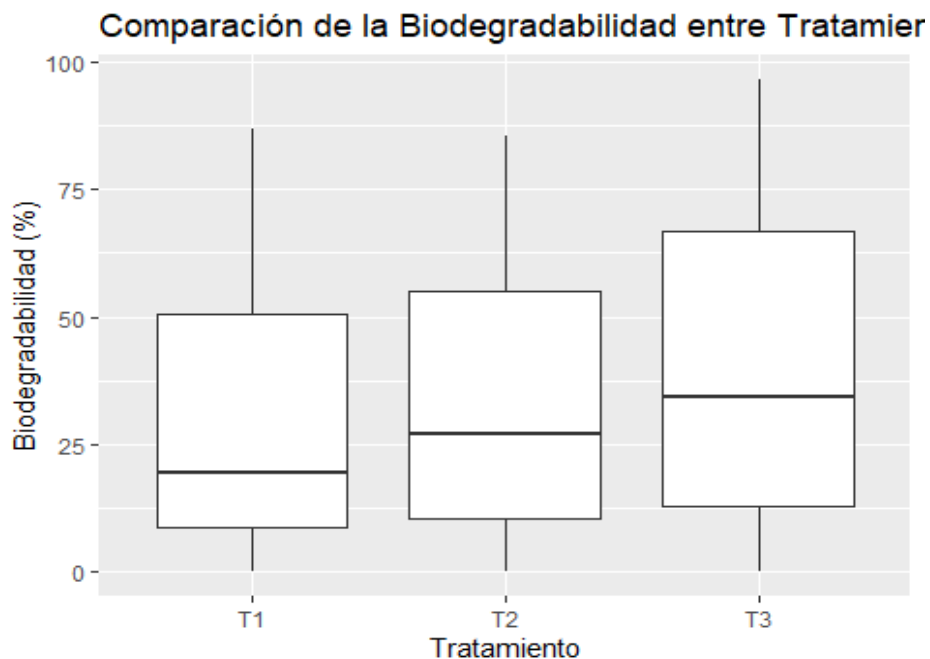
c) Visualización de Resultados

Gráfico de Cajas:

```
# Gráfico de caja
ggplot(datos, aes(x = tratamiento, y = `Porcentaje_biodegradabilidad`)) + geom_boxplot() + labs(title = "Comparación de la Biodegradabilidad entre Tratamientos", x = "Tratamiento", y = "Biodegradabilidad (%)")
```

Figura 32

Comparación del porcentaje de biodegradabilidad del bioplástico según a los tratamientos (01, 02, 03).



Nota. RStudio Version (R-4.4.1)

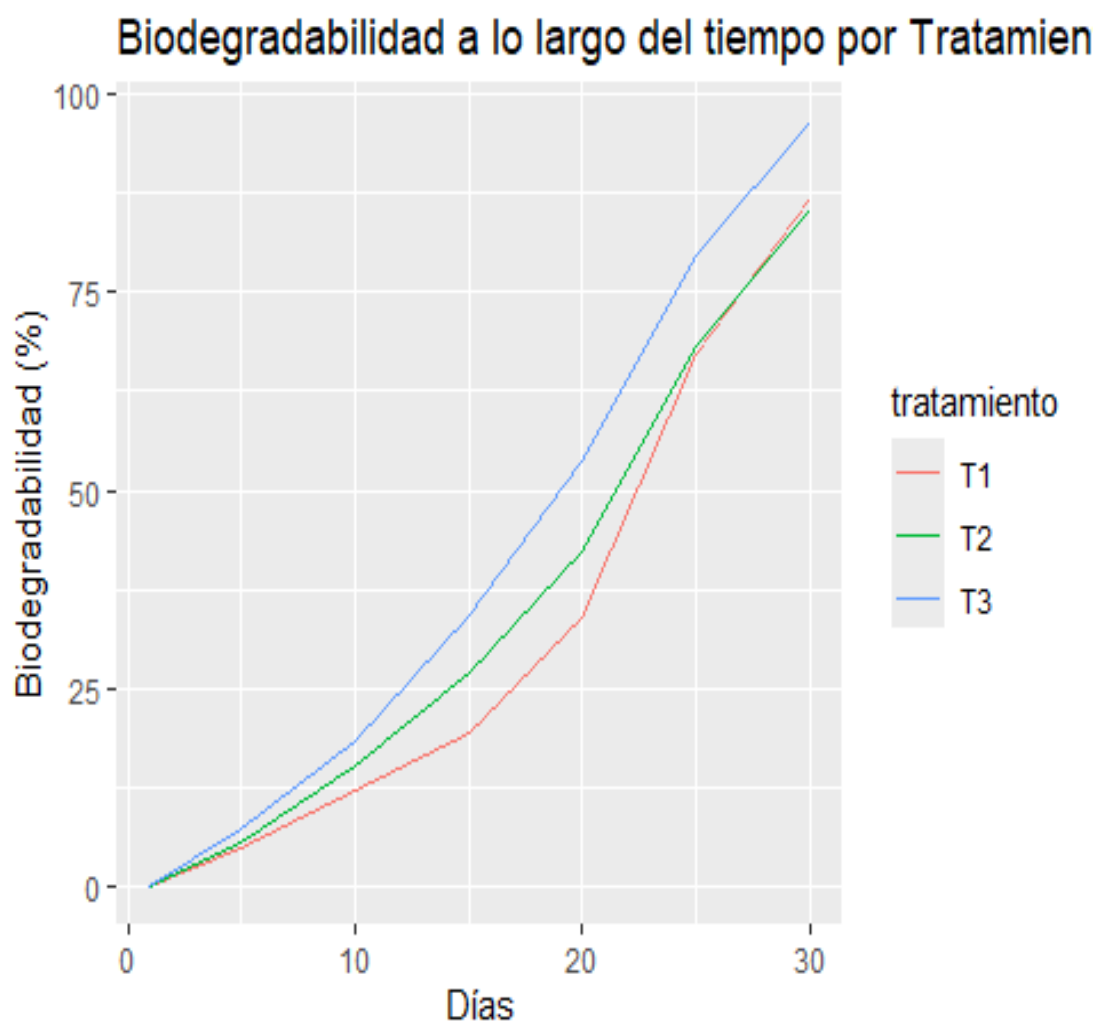
Interpretación: Las medianas son similares y las variabilidades no muestran grandes discrepancias, lo que indica que no hay diferencias significativas en la biodegradabilidad promedio entre tratamientos.

Gráfico de Líneas:

```
# Gráfico de Líneas
ggplot(datos, aes(x = dias, y = `Porcentaje_biodegradabilidad`, color = trata
miento)) +
  geom_line() +
  labs(title = "Biodegradabilidad a lo largo del tiempo por Tratamiento", x = "Días"
, y = "Biodegradabilidad (%)")
```

Figura 33

Relación del porcentaje de biodegradabilidad del bioplástico según al tiempo y tratamiento T1, T2 y T3.



Nota. RStudio Version (R-4.4.1)

Interpretación: Todos los tratamientos muestran un aumento en la biodegradabilidad con el tiempo, sugiriendo que la biodegradabilidad mejora a medida que pasa el tiempo.

d) Análisis de Correlación

Se evaluó la correlación entre el peso del bioplástico y su porcentaje de biodegradabilidad:

```
colnames(datos)
## [1] "dias" "tratamiento"
## [3] "peso" "Porcentaje_biodegradabilidad"
head(datos)
```

```
##           #           A           tibble:           6           x           4
##           dias           tratamiento           peso           Porcentaje_biodegradabilidad
##           <dbl> <chr>           <dbl>           <dbl>
## 1           1 T1           5.06           0
## 2           5 T1           4.82           4.73
## 3          10 T1           4.44           12.3
## 4          15 T1           4.08           19.2
## 5          20 T1           3.34           34.0
## 6          25 T1           2.17           67.1

#Asegurar que no Hay Valores Perdidos:
sum(is.na(datos$peso))

## [1] 0

sum(is.na(datos$`Porcentaje_biodegradabilidad`))

## Warning: Unknown or uninitialised column: `Porcentaje_biodegradabilidad`.

## [1] 0
```

Correlación entre peso y porcentaje de biodegradabilidad

```
correlation <- cor(datos$peso, datos$`Porcentaje_biodegradabilidad`)
print(correlation)

## [1] -0.8538896

head(datos)

##           #           A           tibble:           6           x           4
##           dias           tratamiento           peso           Porcentaje_biodegradabilidad
##           <dbl> <chr>           <dbl>           <dbl>
## 1           1 T1           5.06           0
## 2           5 T1           4.82           4.73
## 3          10 T1           4.44           12.3
## 4          15 T1           4.08           19.2
## 5          20 T1           3.34           34.0
## 6          25 T1           2.17           67.1
```

Correlación: -0.8539

Interpretación: Una correlación negativa fuerte indica que a medida que el peso del bioplástico disminuye, el porcentaje de biodegradabilidad aumenta. Esto sugiere que la pérdida de peso es un buen indicador de la biodegradabilidad.

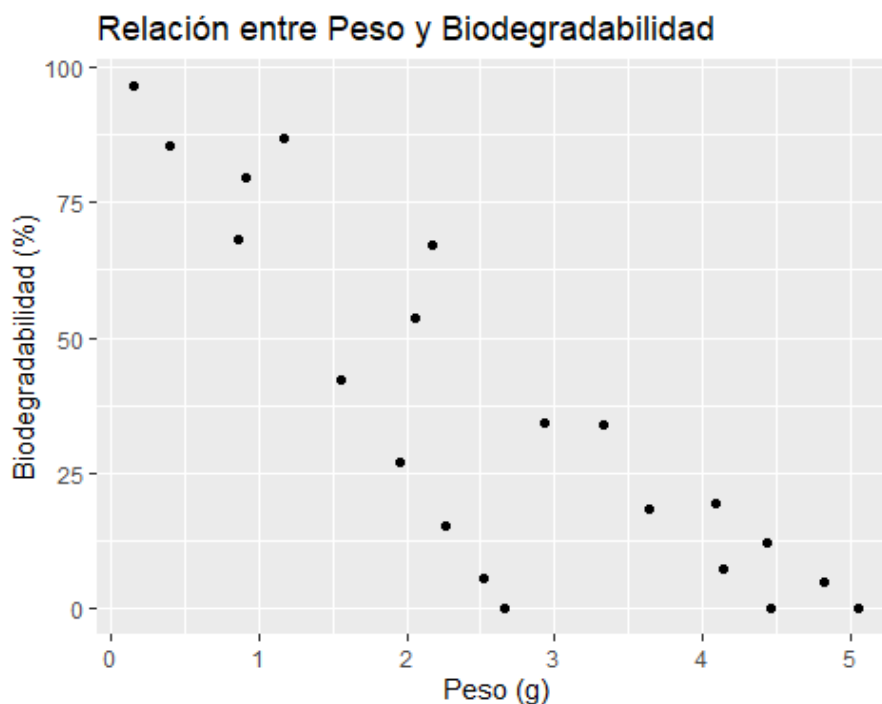
Visualización Adicional:

Puedes complementar el análisis con un gráfico de dispersión para visualizar la relación entre peso y Porcentaje biodegradabilidad.

```
ggplot(datos, aes(x = peso, y = `Porcentaje_biodegradabilidad`)) + geom_point(  
  ) + labs(title = "Relación entre Peso y Biodegradabilidad", x = "Peso (g)", y = "Biodegradabilidad (%)")
```

Figura 34

Gráfico de dispersión donde se muestra la relación entre peso y Biodegradabilidad.



Nota. RStudio Versión (R-4.4.1)

Interpretación: Los puntos se agrupan mostrando una relación positiva, consistente con la correlación negativa, indicando que a medida que el peso disminuye, la biodegradabilidad aumenta.

Interpretación del tercer objetivo:

Finalmente: Concluiremos que los resultados muestran que la biodegradabilidad del bioplástico mejora con el tiempo, y la pérdida de peso es un buen indicador de esta biodegradabilidad. Los tratamientos no tienen un impacto significativo en la biodegradabilidad comparado con el efecto del tiempo.



4.2.4. Resultados de la contratación de hipótesis

a) Evaluación de Hipótesis con Resultados del ANOVA

Resultados del ANOVA para Medidas Repetidas:

Tiempo: El análisis indica que el tiempo tiene un efecto significativo en la biodegradabilidad ($p = 0.00226$). Esto sugiere que la biodegradabilidad cambia significativamente con el tiempo.

Tratamientos: No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto a su impacto en la biodegradabilidad ($p = 0.872$).

b) Conclusión:

La hipótesis nula se rechaza ya que se encontró un efecto significativo del tiempo sobre la biodegradabilidad donde presenta un alto nivel biodegradabilidad de los bioplásticos a partir de cáscara de musa paradisiaca y desechos de opuntia ficus-indica.

Donde se cumple con la Hipótesis Alterna:

El bioplastico elaborado a partir de cascaras de Musa paradisiaca y desechos de Opuntia ficus-indica SI presenta un comportamiento de biodegradabilidad alto en condiciones controladas.

4.3. Discusiones

Primero: Los resultados del rendimiento de extracción de almidón de cáscara de *Musa paradisiaca* y mucílago de *Opuntia ficus-indica* indican que ambos materiales son viables para la producción de bioplásticos. El rendimiento de almidón promedio del 24.3% y el rendimiento de mucílago de 75.6% son comparables con otros estudios en la literatura.

Almidón de cáscara de *Musa paradisiaca*: Rendimiento promedio del 24.3%, (Mohan Chandrasekar , Krishnamachari, Farris, & Romano, 2023), reportaron que el rendimiento de almidón a partir de cáscaras de plátano oscila entre 10% y 30%. Los resultados están dentro de este rango, lo que sugiere que la extracción de almidón fue eficiente y conforme a expectativas previas.

Mucílago de *Opuntia ficus-indica*: Rendimiento promedio del 75.6%, encontraron que el mucílago de *Opuntia ficus-indica* puede alcanzar rendimientos de hasta el 80% según (Chávez Martínez, y otros, 2021). Esto indicando una eficiencia alta en la recuperación del mucílago

Segundo: Comparación entre Tratamientos; Tratamiento 1: Las muestras bajo este tratamiento muestran la menor tensión máxima y una carga máxima más baja en comparación con los otros tratamientos, lo que sugiere que son menos resistentes; Tratamiento 2: Las muestras en este grupo tienen una tensión máxima intermedia y una buena resistencia, con una carga máxima de hasta 5.00 N y 3.90 N; Tratamiento 3: Este tratamiento produce el bioplástico más fuerte, con las mayores tensiones máximas y cargas máximas (hasta 400.859 KPa y 5.60 N). Las muestras también presentan una deformación



ligeramente mayor, que se tiene una buena combinación de resistencia y flexibilidad.

Según, (Cabrejos Castillo, Maluquis Sánchez, Díaz Ruiz, & Minchán Velayarce, 2024) evaluaron las propiedades mecánicas de bioplásticos basados en almidón de plátano, encontrando que la optimización de los métodos de extracción y el tratamiento térmico mejora significativamente la resistencia a la tracción, lo cual coincide con los resultados de tu Tratamiento 3.

El análisis gráfico y los estudios citados confirman que el Tratamiento 3 ofrece la mejor resistencia a la tracción para el bioplástico elaborado a partir de cáscaras de *Musa paradisiaca* y desechos de *Opuntia ficus-indica*. Este tratamiento parece ser el más prometedor para aplicaciones que requieren materiales duraderos y resistentes.

Los datos de tracción muestran que el Tratamiento 03 tiene la mayor resistencia a la tracción. Comparativamente:

Resultados de tu investigación; Tratamiento 01: Tensión máxima de 169.279 KPa; Tratamiento 02: Tensión máxima de 280.576 KPa; Tratamiento 03: Tensión máxima de 400.859 KPa.

Tercero: Comparación entre Tratamientos; Tratamiento 03 es el más eficaz en términos de biodegradabilidad, alcanzando casi el 97% de biodegradación en 30 días. Esto sugiere que el bioplástico producido con el Tratamiento 03 se descompone mucho más rápido que los bioplásticos de los otros tratamientos. Tratamiento 02 también muestra una alta biodegradabilidad, con un 85.56% de biodegradación en el mismo período, pero es ligeramente



menos eficiente que el Tratamiento 03. Tratamiento 01 tiene una tasa de biodegradación más lenta en comparación con los otros tratamientos, alcanzando un 86.99% en 30 días. Aunque sigue siendo efectivo, su velocidad de biodegradación es menor. Los datos de biodegradabilidad muestran que el Tratamiento 03 tiene la mayor tasa de descomposición en comparación con los otros tratamientos. La reducción en el peso del bioplástico a lo largo del tiempo y el aumento en el porcentaje de biodegradabilidad reflejan una descomposición efectiva del material.

El grado de biodegradabilidad muestra que el Tratamiento 03 tiene la mayor tasa de descomposición. Comparativamente: Tratamiento 01: 76.99% biodegradabilidad en 30 días; Tratamiento 02: 85.557% biodegradabilidad en 30 días; Tratamiento 03: 96.550% biodegradabilidad en 30 días.

Los bioplásticos elaborados a partir de cáscaras de plátano (*Musa paradisiaca*) mostraron un pH ligeramente básico, con valores promedios de 7,89, 7,71 y 7,24 para diferentes formulaciones. La humedad de las láminas fue de 8,48%, 11,25% y 11,51% para las concentraciones de cáscara de palta de 0,03%, 0,06% y 0,09%, respectivamente. En cuanto a las propiedades mecánicas, la resistencia a la tracción promedio fue de 17,97 MPa, 20,49 MPa y 25,00 MPa, y la elongación fue de 6,63%, 10,36% y 3,77% para las mismas formulaciones. En referente a los antecedentes; como el estudio de Sernaqué Auccahuasi, Huaman Mogollón, Pecho Chipa, & Chacón Chacón (2020), indican que los bioplásticos elaborados a partir de cáscaras de mango mostraron una biodegradación más rápida en comparación con los de plátano, debido a su mayor contenido de fibra celulósica. Además, el estudio de Mohan



Chandrasekar, Krishnamachari, Farris, & Romano (2023) destaca que el almidón de cáscara de plátano tiene un alto contenido de celulosa y almidón, lo que lo hace adecuado para aplicaciones sostenibles. Con respecto a nuestra investigación, muestran que las láminas de bioplástico a partir de cáscaras de plátano tienen propiedades mecánicas aceptables, pero la resistencia a la tracción es inferior a la de los bioplásticos de mango, que se mencionan en los antecedentes. Los antecedentes resaltan que los bioplásticos de cáscaras de mango tienen una tasa de biodegradación más alta debido a su contenido de fibra celulósica y compuestos fenólicos, mientras que los de plátano, que contienen más almidón, presentan una biodegradación más lenta Sernaqué Auccahuasi, Huaman Mogollón, Pecho Chipa, & Chacón Chacón (2020)

El estudio de Zapata et al. (2020) menciona que la incorporación de quitosano como aditivo mejora la biodegradabilidad de las películas, lo que sugiere que la adición de otros componentes podría ser beneficiosa. En nuestro estudio no se agregó ese tipo de aditivos donde la variabilidad en la elongación observada en los bioplásticos pudo mejorarse mediante la incorporación de aditivos como el quitosano, que ha demostrado mejorar la biodegradabilidad y las propiedades mecánicas en otros estudios.

Finalmente; aunque existen pocos estudios en la producción de bioplásticos a partir de cáscaras de musa paradisiaca y desechos de opuntia ficus-indica, existen áreas de mejora en términos de resistencia mecánica y biodegradabilidad. La selección de materias primas y la incorporación de aditivos son factores críticos que deben ser considerados para desarrollar bioplásticos más eficientes y sostenibles.



CONCLUSIONES

- **Primero:** La elaboración de bioplástico a partir de cascara de musa paradisiaca y desechos de opuntia ficus-indica en condiciones controladas, teniendo como resultados obtenidos indican que es factible elaborar un bioplástico utilizando cáscara de Musa paradisiaca, ya que tiene un 24.3 % y desechos de Opuntia ficus-indica 75.6% de porcentaje de rendimientos para la elaboración de bioplásticos en condiciones controladas. La consistencia en los rendimientos de almidón y mucílago, junto con los valores de pH obtenidos, sugiere que el proceso de elaboración es eficiente y reproducible, lo que es crucial para la producción a mayor escala. Estos resultados cumplen con el primer objetivo específico de tu investigación, demostrando que las materias primas utilizadas son adecuadas para la fabricación de bioplásticos. Según la aplicación el análisis de estadística descriptivo se L muestran variabilidad en algunos de los aspectos medidos, como el volumen de agua y el peso de los desechos de Opuntia, mientras que otros aspectos como el rendimiento de almidón y mucílago muestran una mayor consistencia. Esta información es clave para evaluar la eficacia del proceso de extracción y la calidad del bioplástico producido.
- **Segundo:** Se describe las características mecánicas del bioplástico a partir de cáscara de musa paradisiaca y desechos de opuntia ficus-indica, teniendo como resultados del ensayo de tracción indican que los bioplásticos elaborados con diferentes tratamientos tienen características mecánicas variables. El Tratamiento 3 parece ser el más efectivo, produciendo un bioplástico que soporta mayores cargas y tensiones, lo

que sugiere una mayor resistencia. Estos resultados son cruciales para determinar la mejor formulación del bioplástico en función de su uso final, ya que un material más fuerte y resistente será más adecuado para aplicaciones que requieren durabilidad. Según su estadística; Los análisis descriptivos muestran variabilidad en las características mecánicas del bioplástico. El modelo de regresión indica una relación moderada entre la tensión máxima y el porcentaje de deformación, pero esta relación no es estadísticamente significativa. La variabilidad en los datos sugiere que otros factores pueden estar influyendo en la deformación del bioplástico.

- **Tercero:** Se determinó el tiempo de biodegradación del bioplástico a partir de cáscara de *musa paradisiaca* y desechos de *opuntia ficus-indica* que el Tratamiento 03 es el más efectivo en términos de biodegradabilidad, haciendo que sea el más adecuado para aplicaciones donde la rápida descomposición del bioplástico es deseable. El Tratamiento 02 también es altamente biodegradable, mientras que el Tratamiento 01 es el menos eficaz en términos de velocidad de biodegradación. Finalmente; esta investigación revela que el tiempo de biodegradación tiene un impacto significativo en la biodegradabilidad del bioplástico, lo que indica que la biodegradabilidad mejora o cambia de manera importante a medida que pasa el tiempo. Sin embargo, los diferentes tratamientos aplicados no muestran un impacto significativo en el nivel de biodegradabilidad. Por lo tanto, el tiempo es un factor crucial en la biodegradación del bioplástico, mientras que los tratamientos no generan variaciones significativas en este proceso.



RECOMENDACIONES:

- **Primero:** Para futuros investigadores se recomienda mejorar la extracción del almidón y eficiencia de extracción, para el rendimiento promedio del almidón de la cáscara de Musa paradisiaca es de 24.3% y rendimiento promedio de mucílago de 75.6%, es útil explorar ajustes en la proporción de agua y el proceso de extracción para optimizar la cantidad y calidad del mucílago. Así también, el control de calidad los parámetros de extracción para asegurar un rendimiento más consistente.
- **Segundo:** Según este estudio recomiendo que el Tratamiento 03 mostró el mejor rendimiento en términos de resistencia a la tracción, se sugiere explorar su implementación en aplicaciones donde la resistencia mecánica es un factor crítico. También sería conveniente investigar el uso de aditivos o modificadores que puedan optimizar las propiedades mecánicas del bioplástico en general. Para validar la viabilidad de estas mejoras, sería relevante comparar las propiedades mecánicas obtenidas con estándares industriales, con el fin de asegurar que el bioplástico cumpla con las especificaciones necesarias para aplicaciones prácticas.
- **Tercero:** Continuar monitoreando la biodegradabilidad en diferentes condiciones ambientales para evaluar la durabilidad y la eficiencia del bioplástico, trabajar con expertos en materiales biodegradables y en el campo del reciclaje para desarrollar nuevas aplicaciones y soluciones basadas en los resultados obtenidos.

BIBLIOGRAFIA

- Betiana Diez, L., Pérez Zamora, C. M., Germán Michaluk, A., Beatriz Nuñez, M., Analía Torres, C., & González, M. A. (2020). *Mucüago de Opuntia ficus indica como potencial excipiente natural de productos cosméticos*. Naturalia pataponica: Universidad Nacional del Chaco Austral (UNCAUS).
- Inamuddin, I., & Altalhi, T. (2022). *Biodegradable Materials and Their Applications*.
- Montoya Cedeño, M. A., Espinal Lascano, M. F., Bello Moreira, I. P., López Zambrano, C. F., Mendoza Cedeño, E. J., Bravo Moreira, C. D., & López Zambrano, P. I. (2022). *Elaboración de bioplásticos a base de cáscara de plátano (musa paradisiaca) y almidón de maíz (zea mays)*. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Facultad Ciencias Agropecuarias. Manta – Ecuador: Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar. doi:https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i4.2763
- N. Makshakova, O., & F. Zuev, Y. (2022). *Interaction-Induced Structural Transformations in Polysaccharide and Protein-Polysaccharide Gels as Functional Basis for Novel Soft-Matter: A Case of Carrageenans*. Application of Hydrocolloids in Human Health and Nutrition. Obtenido de <https://doi.org/10.3390/gels8050287>
- Pilco, G., Borja, D., Goetschel, L., Andrade, P., Irazabal, J., Vargas Jentsch, P., . . . Ramos, L. (20 de octubre de 2018). Caracterización bromatológica y evaluación de la actividad antimicrobiana en cáscara de banano Ecuatoriano (Musa paradisiaca). *Ute*, 9, 48-58. doi:<https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v9n2.297>
- Ahmad Malik, J., R. Goyal, M., & Kumari, A. (2024). Recent Trends in Biodegradable Packaging of Foods and Food Products. Obtenido de https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-99-6831-2_11
- Cabrejos Castillo, K., Maluquis Sánchez, J., Díaz Ruiz, A., & Minchán Velayarce, H. H. (2024). Caracterización de las propiedades mecánicas del bioplástico de almidón de plátano (Musa paradisiaca L.) y compuestos celulósicos de café (Coffea arabica L.). *Revista Científica Pakamueros*, 12(2), 88-101. doi:<https://doi.org/10.37787/rft0ar53>
- Camilo Villa, C. (2020). *An Overview on Starch Structure and Chemical Nature*. doi:10.1007/978-3-030-42542-5_2
- Caracterización de las propiedades mecánicas del bioplástico de almidón de plátano (Musa paradisiaca L.) y compuestos celulósicos de café (Coffea arabica L.). (s.f.).



- Chávez Martínez, A., Manuel Tirado, J., Tirado Gallego, J. M., Reyes Jurado, F., Ochoa Velasco, C., & Avila Sosa, R. (2021). Opuntia spp. Products and By-products as a Potential Source of Edible Films and Coatings. *Chapter*, 777–797. Obtenido de https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-78444-7_39
- D. Ruiz , G., & Huerta, A. (2016). *Propilenglicol: Composición y características*. Química Industrial.
- Díaz A, A. (2021). *Elaboración y caracterización fisicomecánica de una película biodegradable utilizando harina de cáscara de plátano (Musa paradisiaca L.)*. Obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/6984>
- Encalada, K., Belén Aldás, M., & Proaño, E. (2018). Una revisión sobre biopolímeros con base en almidón y su biodegradabilidad. *redalyc.org*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/5075/507557607005/>
- F. Fiandra, E., Shaw, L., Starc, M., J. McGurk , C., & Mahon, C. (2023). Designing biodegradable alternatives to commodity polymers. *Chem. Soc. Rev*, 52, 8085-8105. doi: 10.1039/D3CS00556A
- Flores Aréval, P. (2021). La problemática del consumo de plásticos durante pandemia de la covid-19. *Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Científica del Sur. Lima, Perú*. doi:10.21142/SS-0102-2020-016
- Gamboa Najarro, S. (2021). *Obtención de bioplástico a partir de Opuntia ficus indica reforzado con almidón de Ipomoea batatas*. Lima: Universidad Cesar Vallejo.
- Garrido Correa, R. (2020). “*elaboración de un bioplástico a partir de la palta (persea americana) con cáscara de plátano (musa paradisiaca) y almidón de papa (solanum tuberosum), con su efecto de elasticidad*”. Piura: Universidad Nacional de Piura. Obtenido de <https://repositorio.unp.edu.pe/server/api/core/bitstreams/9544c6b7-503b-491c-8cc5-e071c9d1ad36/content>
- Hernández, R. F. (2014). *Metodología de la investigación (6ta ed.)*. McGraw-Hill.
- Huamaní Montesinos, C., Tudela Mamani, J., & Huamaní Peralta, A. (marzo de 2020). Gestión de residuos sólidos de la ciudad de Juliaca - Puno - Perú. *Rev. investig. Altoandín*, 22. doi:<http://dx.doi.org/10.18271/ria.2020.541>
- Hubbe, M., Lavoine, N., & Dou, C. (2021). Formulating bioplastic composites for biodegradability, recycling, and performance: A Review. *BioResources*, 2021-2083.
- ISO 14851. (2019). *Método de ensayo para la biodegradabilidad de plásticos en condiciones de laboratorio*. Organización Internacional de Normalización (ISO).



- ISO 527-1. (1993). *Determinación de las propiedades de tracción — Parte 1: Método de ensayo estándar*. Organización Internacional de Normalización (ISO).
- J, N. (2014). *Glicerina: Propiedades, usos y beneficios*.
- Khamsaw , P., Rose Sommano, S., Wongkaew, M., T. Willats, W. G., R. Bakshani, C., Sirilun, S., & Sunanta, P. (2024). Banana Peel (Musa ABB cv. Nam Wa Mali-Ong) as a Source of Value-Adding Components and the Functional Properties of Its Bioactive Ingredients. 13. doi: <https://doi.org/10.3390/plants13050593>
- Kumar, P., Mahajan, p., Kaur, R., & Gautam, s. (2020). Nanotechnology and its challenges in the food sector: a review. 17. doi:<https://doi.org/10.1016/j.mtchem.2020.100332>
- Macano F, E. (2021). *Jardin botanico de Santiago*. Santiago, chile.
- Madhavan, V., Muthusamy, S., & Hameed, A. (2022). Sustainable Bioplastics: Challenges and Prospects. *Sustainability*, 14(1), 105-120. doi:<https://doi.org/10.1166/jbmb.2022.2056>
- Meneses Sanjuan, J. D. (2022). *Estudio para plastificación del almidón de papa: proceso, estructura y propiedades*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/1992/56502>
- Merino, D., Quilez-Molina, A., Perotto, G., Bassani, A., Spigno, G., & Athanassiou, A. (2021). A second life for fruit and vegetable waste: A review on bioplastic films and coatings for potential food protection applications. *Green Chemistry*, 23.
- Mogrovejo Quispe, H. D. (2023). *Efecto del mucilago de Opuntia ficus indica (Tuna) como coagulante natural y coadyuvante al sulfato de aluminio en el tratamiento de las aguas residuales procedentes de la laguna de estabilización de Querapata, distrito de Chinchero*. Escuela Profesional de Biología . Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12918/8410>
- Mohan Chandrasekar , C., Krishnamachari, H., Farris, S., & Romano, D. (2023). Development and characterization of starch-based bioactive thermoplastic packaging films derived from banana peels. *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, 5. doi:<https://doi.org/10.1016/j.carpta.2023.100328>
- Nunes S, M., Oliveir A, L., & Silva, R. (2021). Life Cycle Assessment of Bioplastics. A Review. *Journal of Cleaner Production*, 297. doi:<https://doi.org/10.1002/pts.2586>
- Nuñez, J. (2014). *Glicerina: Propiedades, usos y beneficios*. Ciencia y Salud.

- (s.f.). *Obtención de plástico biodegradable a partir de los cladodios de nopal (Opuntia tomentosa) como alternativa al uso de bolsas plásticas convencionales.*
- OECD. (2019). *Bioplastics: A Sustainable Alternative to Traditional Plastics.*
- Pooja , N., Shashank , S., Narayan Sing, B., & Mazumder, N. (2024). *Advancing sustainable bioplastics: chemical and physical modification of starch films for enhanced thermal and barrier properties.* Department of Biophysics. doi:10.1039/D4RA04263H
- Quispe Maquera, R. (2021). *REAPROVECHAMIENTO DE LAS CÁSCARAS DE PLÁTANO Musa paradisiaca PARA LA ELABORACIÓN DE BIOPLÁSTICO EN EL COLLAO -*. Callao - Ilave: Universidad Privada San Carlos.
- Santos R, A., Costa M, L., & Lima L, S. (2021). *The Role of Bioplastics in Environmental Sustainability.* Environmental Science & Policy. doi:https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110162
- Sernaqué Aucchuasi, F., Huaman Mogollón, L., Pecho Chipa, H., & Chacón Chacón, M. (2020). Biodegradabilidad de bioplásticos hechos a partir de cáscaras de Mangifera indica y Musa paradisiaca. *Centro Agrícola*, 22-31.
- Solis, S. (2021). *Obtención de plástico biodegradable a partir de los cladodios de nopal (Opuntia tomentosa) como alternativa al uso de bolsas plásticas convencionales.* Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/16919>
- Villa Uvidi, D. N., Osorio Rivera, M. Á., & Villacis Venega, N. Y. (Abril-junio de 2020). Extracción, propiedades y beneficios de los mucílagos. *Dominio de las Ciencias*, 6(2), 503-524. doi: http://dx.doi.org/10.23857/dc.v6i2.1181
- Zapata, D., Ludeña , A., Trasmonte, W., & Cabrejos, E. (Diciembre de 2020). Biopelícula a partir de almidón de banano verde (Musa paradisiaca) y mandioca (Manihot esculenta). *Revista Pakamuros*, 8(4), 15-30. Obtenido de <https://revistas.unj.edu.pe/index.php/pakamuros/article/view/113/113>
- Zhang, C., Wu, Z., & Chen, J. (2020). *Emerging Technologies in Bioplastics Production: Recent Developments and Future Directions.* Bioresource Technolog. doi:https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.121782
- Zhao, L., Rong, L., Zhao, L., & Yang, J. (2020). *Plastics of the Future? The Impact of Biodegradable Polymers on the Environment. MOE Key Laboratory of Pollution Processes and Environmental Criteria.* doi:10.1007/698_2020_462

ANEXOS

Figura 35

Recolección de desechos de opuntia ficus – indica.



Figura 36

Mercado cerro colorado, recolección de la muestra de cáscaras de musa paradisiaca



Figura 37

Proceso de extracción de mucilago de opuntia ficus – indica



Figura 38

Proceso de extracción de almidón de musa paradisiaca



Figura 39

Preparación de los tratamientos de bioplásticos en el laboratorio



Figura 40

Elaboración de los bioplásticos y sus repeticiones con la formulación.



Figura 41

Proceso de moldeo de los bioplásticos.



Figura 42

Los tratamientos (T1, T2, T3) y sus repeticiones en respectivo secado



Figura 43

Muestras de bioplástico y sus respectivas repeticiones de los tratamientos.

TRATAMIENTO 01	TRATAMIENTO 02	TRATAMIENTO 03
R01	R01	R01
R02	R02	R02

Figura 44

Proceso de biodegradación del bioplástico en agua.



Figura 45

Proceso de biodegradación del bioplástico en agua.




Anexo 1 Matriz de consistencia.

BIODEGRADABILIDAD DE BIOPLÁSTICOS A PARTIR DE CÁSCARA DE MUSA PARADISIACA Y DESECHOS DE OPUNTIA FICUS-INDICA, JULIACA, 2022

Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variables	Dimensión	Indicadores	Índice
¿Cuál es el comportamiento de biodegradabilidad de bioplástico elaborados a partir de cáscara de musa paradisiaca y desechos de opuntia ficus- indica, Juliaca, 2022?	Evaluar el comportamiento de biodegradabilidad de bioplástico elaborados a partir de cáscara de musa paradisiaca y desechos de opuntia ficus- indica, Juliaca, 2022.	El bioplastico elaborado a partir de cascaras de Musa paradisiaca y desechos de Opuntia ficus-indica presenta un comportamiento de biodegradabilidad alto en condiciones controladas.	Variables Independiente - Bioplásticos de cáscara de Musa paradisiaca y desechos de Opuntia ficus-indica	- Tratamientos	Glicerina Ácido acético Cola piz almidón Mucílago	ml ml g % %
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis específicos	Variables Dependiente - Biodegradabilidad	- Propiedades mecánicas - Ensayo de biodegradabilidad	Elongación Resistencia de tracción % de biodegradabilidad Tiempo de degradabilidad pH	% Mpa % Días Rango De (0-14)
a) ¿Cómo elaborar bioplástico a partir de cáscara de musa paradisiaca y desechos de opuntia ficus-indica en condiciones controladas?	a) Elaborar un bioplástico a partir de cáscara de musa paradisiaca y desechos de opuntia ficus-indica en condiciones controladas.	a) Es factible elaborar un bioplastico a partir de cascaras de Musa paradisiaca y desechos de Opuntia ficus-indica que cumpla con los estándares de producción controlada, obteniendo rendimientos del 60% al 90% respecto a la materia prima inicial.				
b) ¿Cuáles son las características mecánicas del bioplástico a partir de cáscara de musa paradisiaca y desechos de opuntia ficus-indica, Juliaca, 2022?	b) Describir las características mecánicas del bioplástico a partir de cáscara de musa paradisiaca y desechos de opuntia ficus-indica, Juliaca, 2022.	b) Las características mecánicas del bioplástico, como la resistencia a la tracción y elongación alcanzaran valores superiores a 5 Mpa y una elongación mínima del 20%, en condiciones de prueba controlada según la norma ISO 527-1.				
c) ¿Cuál es el tiempo de biodegradación el bioplástico a partir de cáscara de musa paradisiaca y desechos de opuntia ficus-indica, Juliaca, 2022?	c) Determinar el tiempo de biodegradación el bioplástico a partir de cáscara de musa paradisiaca y desechos de opuntia ficus-indica, Juliaca, 2022.	c) El tiempo de biodegradación del bioplastico elaborado será inferior a 30 días, alcanzando un porcentaje de degradación al 50%, conforme a los criterios establecidos en la norma ISO 14851:2019.				

Anexo 2

Resultados de Análisis de laboratorio realizados en el laboratorio de calidad



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

RESULTADO DE ANALISIS
INFORME N° LCA026

I. DATOS DEL SERVICIO

1.1. Solicitante : Mary Yesenia Machaca Chambilla
1.2. Proyecto : BIODEGRADABILIDAD DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE CÁSCARA DE MUSA PARADISIACA Y DESECHOS DE OPUNTIA FICUS-INDICA, JULIACA, 2022

II. DATOS DEL ENSAYO

2.1. Producto : Almidón y Mucilago
2.2. Numero de muestras : 06
2.3. Muestreado por : Mary Yesenia Machaca Chambilla
2.4. Fecha de ensayo : 23 al 31 de mayo del 2023
2.5. Departamento : Puno
2.6. Provincia : San Román
2.7. Distrito : Juliaca
2.8. Código, ubicación, fecha de muestreo

Código	Origen de la muestra	Coordenadas	Fecha de muestreo
P-01	Mercado cerro colorado	E: 379081 N: 8285838 Z: 19	24/05/2023
P-02	Centro poblado de San Camilo	E: 191919 N: 8151771 Z:19	22/05/2023

III. RESULTADOS


CODIGO	Rendimiento del almidón
M-01	24.5 %
M-02	23.8 %
M-03	25 %

CÓDIGO	Rendimiento de mucilago
M-01	76 %
M-02	75.5 %
M-03	75.5 %


IV. MÉTODO DE ENSAYO

El método de ensayo para la recuperación del almidón fue método húmedo aplicado por Kent e Islas Hernández.

Juliaca, 19 de julio del 2023.



UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
Mgtr. Ing. Milton Quispe Huanca
CIP. 47790
JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL FICP



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
E.P. INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL
Ing. Karen Kelly Quispe Quispe
AGENTE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL

N°B.:006-00263236
Página 1 de 3

ambiental – UANCV.



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

RESULTADO DE ANALISIS

INFORME N° LCA027

I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.1. Solicitante : Mary Yesenia Machaca Chambilla
1.2. Proyecto : BIODEGRADABILIDAD DE BIOPLASTICO A PARTIR DE
CÁSCARA DE MUSA PARADISIACA Y DESECHOS DE
OPUNTIA FICUS-INDICA, JULIACA, 2022

II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. Producto : Bioplástico
2.2. Numero de muestras : 06
2.3. Muestreado por : Mary Yesenia Machaca Chambilla
2.4. Fecha de ensayo : 09 de junio del 2023
2.5. Departamento : Puno
2.6. Provincia : San Román
2.7. Distrito : Juliaca

III. RESULTADOS

CODIGO	pH
T-01	5.4
T-02	5.7
T-03	6

IV. MÉTODO DE ENSAYO

Los parámetros fueron analizados de acuerdo a las recomendaciones de los Métodos normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWW.WEF.21th ed. 2005

Juliaca, 19 de julio del 2023.

UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

Mgt. Ing. Milton Quispe Huanca
CIP. 47790
JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL FICP

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
E.P. INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL

Ing. Karen Kelly Quispe Quispe
ASISTENTE - LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL

N°B.:006-00263236

Página 2 de 3



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

RESULTADO DE ANALISIS

INFORME N° LCA028

I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.1. Solicitante : Mary Yesenia Machaca Chambilla
1.2. Proyecto : BIODEGRADABILIDAD DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE CÁSCARA DE MUSA PARADISIACA Y DESECHOS DE OPUNTIA FICUS-INDICA, JULIACA, 2022

II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. Producto : Bioplástico
2.2. Numero de muestras : 09
2.3. Muestreado por : Mary Yesenia Machaca Chambilla
2.4. Fecha de ensayo : 9 de junio al 9 de julio del 2023
2.5. Departamento : Puno
2.6. Provincia : San Román
2.7. Distrito : Juliaca

III. RESULTADOS

CÓDIGO	% DE BIODEGRADABILIDAD					
	D-05	D-10	D-15	D-20	D-25	D-30
T01-R01	5.06	12.02	19.34	35.32	68.65	88.65
T01-R02	5.03	12.79	19.99	34.57	67.39	87.32
T01-R03	4.09	11.98	18.33	32.02	65.21	84.99
T02-R01	5.12	14.38	23.77	39.01	65.8	82.83
T02-R02	5.18	15.49	27.41	41.45	67.64	85.72
T02-R03	6.02	15.66	30.18	45.76	70.94	88.12
T03-R01	7.09	17.89	32.46	51.59	78.73	95.89
T03-R02	7.12	18.23	34.22	53.23	78.11	96.45
T03-R03	7.15	18.84	36.11	56.58	81.87	97.31

IV. MÉTODO DE ENSAYO

La determinación de la biodegradabilidad en agua, se realizó teniendo en cuenta la Normativa ASTM D-5488-944.

Juliaca, 19 de julio del 2023.

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
Ing. Milton Quispe Huanca
C.I.P. 47790
ASISTENTE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL FICP

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
E.P. INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL
Ing. Karen Kelly Quispe Quispe
ASISTENTE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL

N°B.:006-00263236

Página 3 de 3



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

CONSTANCIA

EL QUE SUSCRIBE JEFE DEL LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL, DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS PURAS DE LA UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ.

HACE CONSTAR:

Que la Bach. MARY YESENIA MACHACA CHAMBILLA, egresada de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Puras de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, ha desarrollado su proyecto de investigación titulado "**BIODEGRADABILIDAD DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE CÁSCARA DE MUSA PARADISIACA Y DESECHOS DE OPUNTIA FICUS-INDICA, JULIACA, 2022**", ha realizado análisis experimental y proceso de obtención de almidón de cáscara de Musa paradisiaca y mucilago de desechos de opuntia ficus indica, así obtención del bioplásticos y ensayo de biodegradabilidad de bioplástico en agua, durante los meses de Mayo Junio y Julio.

Se expide la presente constancia de petición del interesado para los fines que estime por conveniente.



Juliaca, 19 de julio 2023

UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
Mgtr. Ing. Milton Quispe Huanca
CIP. 47790
JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL FICP

N°B.:006-00263236

Anexo 3

Resultados de Análisis de laboratorio realizados en el laboratorio de ensayo de materiales – UNAS

 UNSA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE MATERIALES ESCUELA DE INGENIERÍA DE MATERIALES	
--	--	---

ENSAYO DE TRACCIÓN						
INFORME DE LABORATORIO N° 07-2023-LEM						
						Número de página:1/2
SOLICITADO POR	: MARY YESENIA MACHACA CHAMBILLA					
REALIZADO POR	: Laboratorio de Ensayo de Materiales-EPIMAT-UNSA					
MUESTRA	: BIOPLASTICO A PARTIR DE CASCARA DE Musa paradisiaca y desechos de Opuntia ficus-indica.					
FECHA DE EJECUCIÓN	: 10/07/2023					
FECHA DE EMISIÓN	: 11/07/2023					
RESULTADOS						
	Ancho	Espesor	Area	Carga Max	Tensión max	Porcentaje deformación
Muestra	(mm)	(mm)	(mm ²)	(N)	(KPa)	(%)
Tratamiento 1 (R01)	14.5	1.1	15.95	2.70	169.279	20.888
Tratamiento 1 (R02)	14.0	0.9	12.60	3.20	253.968	19.380
Tratamiento 2 (R01)	13.2	1.0	13.20	5.00	378.788	21.608
Tratamiento 2 (R02)	13.9	1.0	13.90	3.90	280.576	21.594
Tratamiento 3 (R01)	13.2	1.2	15.84	5.40	340.909	21.174
Tratamiento 3 (R02)	12.7	1.1	13.97	5.60	400.859	22.441
EQUIPO:	- Sistema de prueba de materiales, Marca Mecmesin - Celda de carga de tensión. Capacidad 1000N					
OBSERVACIONES:	-En estos ensayos se registraron las máximas cargas y se calcularon los esfuerzos máximos - Las probetas fueron proporcionadas por la solicitante.					

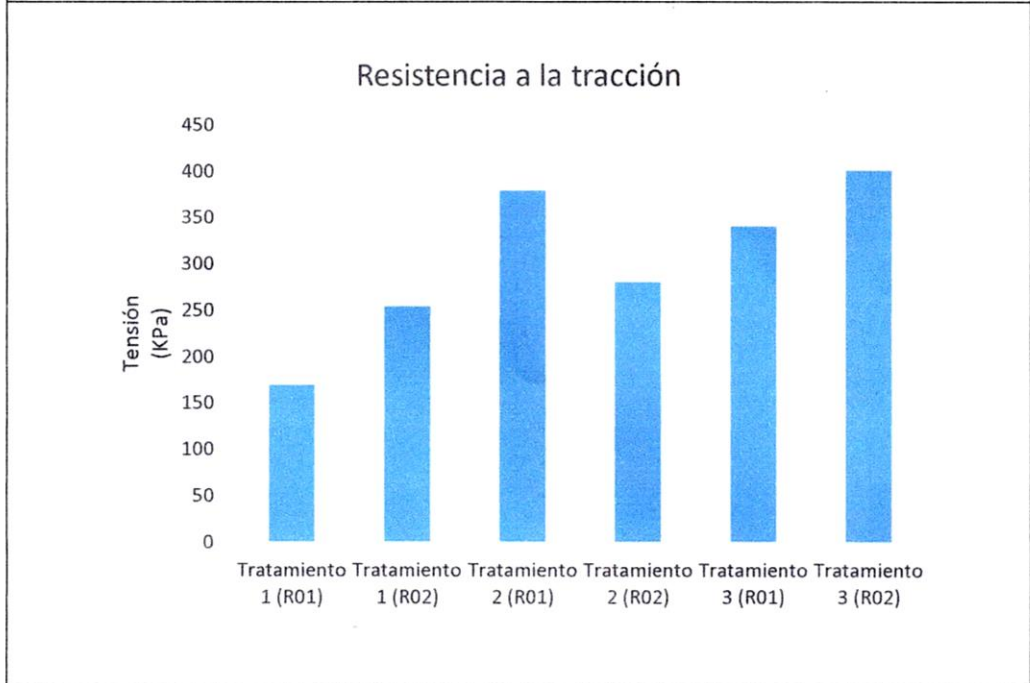
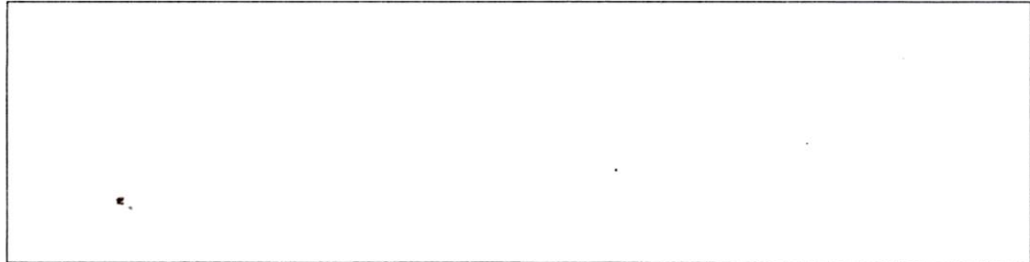


Ing. Elmer Mamani Calcina
Laboratorio de Ensayo de Materiales



 <p>UNSA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA</p>	<p>LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE MATERIALES ESCUELA DE INGENIERÍA DE MATERIALES</p>	
--	--	---

Número de páginas:2/2



Ing. Elmer Mamani Calcina
Laboratorio de Ensayo de Materiales

Anexo 4

Resultados de Diseño estadístico utilizando El software IBM® SPSS Statistics y Rstudio.- The RStudio integrated development environment (IDE).

BIODEGRADABILIDAD DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE CÁSCARAS DE MUSA PARADISIACA Y DESECHOS DE OPUNTIA FICUS - INDICA, JULIACA, 2022

Mary Yesenia Machaca Chambilla

2024-09-10

1. DISEÑO ESTADÍSTICO

1.1 Cargar los datos desde el archivo CSV exportado desde SPSS

```
library(haven)
datos <- read_sav("biodegradabilidad.sav")
```

Ver los primeros registros para verificar que los datos se cargaron correctamente

```
View(datos)
head(datos)

##           #           A           tibble:           6           ×           4
##           dias tratamiento peso Porcentaje_biodegradabilidad
## <dbl> <chr> <dbl> <dbl>
## 1     1 T1           5.06           0
## 2     5 T1           4.82           4.73
## 3    10 T1           4.44           12.3
## 4    15 T1           4.08           19.2
## 5    20 T1           3.34           34.0
## 6    25 T1           2.17           67.1

str(datos)

## tibble [21 × 4] (S3: tbl_df/tbl/data.frame)
## $ dias : num [1:21] 1 5 10 15 20 25 30 1 5 10
## $ tratamiento : chr [1:21] "T1" "T1" "T1" "T1" ...
## $ peso : num [1:21] 5.06 4.82 4.44 4.08 3.34
## $ Porcentaje_biodegradabilidad: num [1:21] 0 4.73 12.26 19.22 33.97
## attr(*, "format.spss")= chr "F8.2"
## attr(*, "format.spss")= chr "A8"
## attr(*, "display_width")= int 24
## attr(*, "format.spss")= chr "F8.3"
```

```
names(datos)
```

```
## [1] "dias" "tratamiento"  
## [3] "peso" "Porcentaje_biodegradabilidad"
```

1.2 Prueba de Normalidad

Primero, verifica si los datos siguen una distribución normal. Esto te ayudará a decidir si debes usar pruebas paramétricas (que asumen normalidad) o no paramétricas

B) Cargar el paquete

```
library(nortest)
```

C) Verificar normalidad para cada tratamiento

```
shapiro.test(subset(datos, tratamiento == "T1")$peso)
```

```
##  
##          Shapiro-Wilk          normality          test  
##  
## data:      subset(datos,      tratamiento      ==      "T1")$peso  
## W = 0.90947, p-value = 0.3922
```

```
shapiro.test(subset(datos, tratamiento == "T2")$peso)
```

```
##  
##          Shapiro-Wilk          normality          test  
##  
## data:      subset(datos,      tratamiento      ==      "T2")$peso  
## W = 0.92432, p-value = 0.5037
```

```
shapiro.test(subset(datos, tratamiento == "T3")$peso)
```

```
##  
##          Shapiro-Wilk          normality          test  
##  
## data:      subset(datos,      tratamiento      ==      "T3")$peso  
## W = 0.93414, p-value = 0.5866
```

D) Interpretación

Interpretación El test de Shapiro-Wilk evalúa la hipótesis nula de que los datos siguen una distribución normal. Los resultados se interpretan como sigue:

Estadístico W: Mide la conformidad de los datos con la distribución normal. Un valor cercano a 1 sugiere normalidad.

p-value: Indica la probabilidad de obtener un estadístico W al menos tan extremo como el observado, bajo la hipótesis nula de normalidad.



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS
TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN
EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital

Fecha de entrega: 19/12/2024

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: MARY YESENIA MACHACA CHÁMBILLA

Dirección: VIÑANI SECTOR 25 MZ D6 LT. 11

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 74355586

Teléfono: 940451310 email: maryessi28@GMAIL.COM

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____ email: _____

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

Título o Grado Académico a optar: INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL

Asesor: Dr. ARNALDO YANA TORRES

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: BIODEGRADABILIDAD DE BIOPLÁSTICOS A PARTIR DE CÁSCARA DE MUSA
PARADISIACA Y DESECHOS DE OPUNTIA FICUS-INDICA, JULIACA, 2022

Palabras claves, (3 a 5 términos): BIOPLASTICO, BIODEGRADABILIDAD, MUSA PARADISIACA.

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV ^{1, 2}?

2

¹ Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entre otros relacionados.

² Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



2. Referencia de tesis:

Bachiller Título 2da Especialidad Maestría Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

Autorizo su publicación (marque con una X)

- Sí autorizo que se deposite inmediatamente.
- Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): _____
- No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

Sí: significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

No: significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

- Sí autorizo
- No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción "internacional" o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción "internacional" emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, **la opción "internacional" goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral.** Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

Internacional

Nacional

Línea de investigación: CONTAMINACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL - P22

Firma de Autor



huella digital

19 DE DICIEMBRE DEL 2024

Fecha