

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
ALTOANDINA DE TARMA**
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



Título de tesis

**Desarrollo de un envase biodegradable a partir de residuos de café
(*Coffea arabica* L.) y maíz (*Zea mays*) generados por agricultores en
Pichanaki, Junín**

Tesis

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial

Autor:

Luis David Gómez Huamán

Asesores:

Mg. Perfecto Chagua Rodríguez (Asesor)

Mg. Elmer Robert Torres Gutiérrez (Co-asesor)

Línea de Investigación:

Bioprocesos Tecnológicos y Sostenibilidad

TARMA – PERÚ

2026

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
ALTOANDINA DE TARMA**
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



Título de tesis

**Desarrollo de un envase biodegradable a partir de residuos de café
(*Coffea arabica* L.) y maíz (*Zea mays*) generados por agricultores en
Pichanaki, Junín**

Tesis

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial

Autor:

Luis David Gómez Huamán

Asesores:

Mg. Perfecto Chagua Rodríguez (Asesor)

Mg. Elmer Robert Torres Gutiérrez (Co-asesor)

Línea de Investigación:

Bioprocesos Tecnológicos y Sostenibilidad

TARMA – PERÚ

2026

PÁGINA DEL JURADO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA ALTOANDINA DE TARMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



TESIS

Desarrollo de un envase biodegradable a partir de residuos de café (*Coffea arabica* L.) y maíz (*Zea mays*) generados por agricultores en Pichanaki,
Junín

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado evaluador:

Dr. Larry Oscar Chañi
Paucar
PRESIDENTE

MSc. Carmen Liz Sandra
Solis Malaga
SECRETARIO

Dr. Juan Carlos Cárdenas
Valverde
VOCAL

Desarrollo de un envase biodegradable a partir de residuos de café (*Coffea arabica* L.) y maíz (*Zea mays*) generados por agricultores en Pichanaki, Junín

por Luis David Gómez Huamán

Fecha de entrega: 15-jun-2026 04:03p. m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2983961390

Nombre del archivo: CORREGIDO_FINAL_Tesis_Gomez_Huaman_Luis_Final.pdf (1.14M)

Total de palabras: 24679

Total de caracteres: 137566

Desarrollo de un envase biodegradable a partir de residuos de café (Coffea arabica L.) y maíz (Zea mays) generados por agricultores en Pichanaki, Junín

INFORME DE ORIGINALIDAD

17%

INDICE DE SIMILITUD

16%

FUENTES DE INTERNET

8%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.uns.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	
2	rinacional.tecnm.mx	1%
	Fuente de Internet	
3	hdl.handle.net	1%
	Fuente de Internet	
4	www.coursehero.com	1%
	Fuente de Internet	
5	repositorio.uta.edu.ec	1%
	Fuente de Internet	
6	cdn.www.gob.pe	1%
	Fuente de Internet	
7	repositorio.unaat.edu.pe	<1%
	Fuente de Internet	
8	repositorio.utesup.edu.pe	<1%
	Fuente de Internet	
9	repositorio.unjfsc.edu.pe	<1%
	Fuente de Internet	
10	repositorio.unah.edu.pe	<1%
	Fuente de Internet	
11	apirepositorio.unh.edu.pe	<1%
	Fuente de Internet	
12	repositorio.unbosque.edu.co	
	Fuente de Internet	

<1 %

13

Submitted to Universidad Nacional Autonoma
Altoandina de Tarma

Trabajo del estudiante

<1 %

14

revistas.unsm.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

15

Submitted to Universidad Cesar Vallejo

Trabajo del estudiante

<1 %

16

repositorio.udea.edu.co

Fuente de Internet

<1 %

17

pure.udem.edu.mx

Fuente de Internet

<1 %

18

Emilia Villani. "", IEEE Transactions on
Aerospace and Electronic Systems, 10/2006

Publicación

<1 %

19

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

20

repositorio.unach.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

21

repositorio.uwiener.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

22

repositorio.unheval.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

23

Submitted to Universidad TecMilenio

Trabajo del estudiante

<1 %

24

repositorio.unsch.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

25

repositorio.upsc.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

26

bibliotecadigital.exactas.uba.ar

Fuente de Internet

<1 %

27	repositorio.catie.ac.cr Fuente de Internet	<1 %
28	Submitted to Anglo-Chinese School (Independent) Trabajo del estudiante	<1 %
29	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
30	revistas.unal.edu.co Fuente de Internet	<1 %
31	libros.esprint.tech Fuente de Internet	<1 %
32	revistatediq.azc.uam.mx Fuente de Internet	<1 %
33	www.conftool.pro Fuente de Internet	<1 %
34	www.medigraphic.com Fuente de Internet	<1 %
35	Mamani Flores, Mishell Julisa. "Bioacumulación de metales pesados en Schoenoplectus californicus de aguas ácidas de mina - Acumulación los Rosales, 2024", Universidad Nacional del Altiplano de Puno (Peru) Publicación	<1 %
36	Tapia Jacinto, Victor Hugo. "Sistema de información de trámite documentario basado en tecnología web para institutos de educación superior tecnológicos de la región Ancash en el año 2016", Universidad Católica los Ángeles de Chimbote (Peru) Publicación	<1 %
37	repositorio.utea.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

38	repository.unsri.ac.id Fuente de Internet	<1 %
39	Stavros, Kallie Marie. "Conformation of the Aryl Amine DNA Adduct 2-Amino-3-methylimidazole-[4,5-f]quinoline N2-deoxyguanine in the NarI Endonuclease Recognition Sequence as Determined by NMR Spectroscopy.", Proquest, 2015. Publicación	<1 %
40	cybertesis.unmsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
41	dgsa.uaeh.edu.mx:8080 Fuente de Internet	<1 %
42	www.dspace.espol.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
43	Submitted to Trabajo del estudiante	<1 %
44	Submitted to Cankaya University Trabajo del estudiante	<1 %
45	Submitted to Universidad Tecnica De Ambato- Direccion de Investigacion y Desarrollo , DIDE Trabajo del estudiante	<1 %
46	repositorio.una.edu.ni Fuente de Internet	<1 %
47	ru.iiec.unam.mx Fuente de Internet	<1 %
48	Mariana de Souza Ribeiro, Filipe Almendagna Rodrigues, Ronilson Carlos de Araujo, Vantuil Antonio Rodrigues et al. "Optimization of in vitro propagation of blueberry: influence of plant growth regulators and medium components on multiplication and rooting",	<1 %

Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC), 2026

Publicación

49	repositorio.chapingo.edu.mx	<1 %
	Fuente de Internet	
50	repositorio.cidecuador.org	<1 %
	Fuente de Internet	
51	repositorio.uas.edu.mx	<1 %
	Fuente de Internet	
52	repositorioacademico.upc.edu.pe	<1 %
	Fuente de Internet	
53	repository.usta.edu.co	<1 %
	Fuente de Internet	
54	Submitted to Higher Education Commission Pakistan	<1 %
	Trabajo del estudiante	
55	Submitted to Lincoln University	<1 %
	Trabajo del estudiante	
56	dspace.esPOCH.edu.ec	<1 %
	Fuente de Internet	
57	repositorio.udh.edu.pe	<1 %
	Fuente de Internet	
58	repositorio.unas.edu.pe	<1 %
	Fuente de Internet	
59	rinfi.fi.mdp.edu.ar	<1 %
	Fuente de Internet	
60	Submitted to CORPORACIÓN UNIVERSITARIA IBEROAMERICANA	<1 %
	Trabajo del estudiante	
61	Submitted to Universidad Nacional de Trujillo	<1 %
	Trabajo del estudiante	

journals.esCIencepress.net

62	Fuente de Internet	<1 %
63	repositorio.uaaan.mx Fuente de Internet	<1 %
64	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
65	repositorio.undac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
66	repositorio.unemi.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
67	Submitted to Universidad Estatal Amazonica- Trabajo del estudiante	<1 %
68	Submitted to Universidad Técnica Nacional de Costa Rica Trabajo del estudiante	<1 %
69	jurnal-id.com Fuente de Internet	<1 %
70	repositorio.unjbg.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
71	repositorio.uteq.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
72	revistas.ucentral.edu.co Fuente de Internet	<1 %
73	ridaa.unq.edu.ar Fuente de Internet	<1 %
74	repositorio.autonoma.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
75	repositorio.ual.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
76	repositorio.uct.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

77	repositorio.unasam.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
78	repositorio.undc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
79	Submitted to Universidad Politecnica Salesiana del Ecuador Trabajo del estudiante	<1 %
80	Submitted to Universidad Senor de Sipan Trabajo del estudiante	<1 %
81	core.ac.uk Fuente de Internet	<1 %
82	laccei.org Fuente de Internet	<1 %
83	www.bohrpub.com Fuente de Internet	<1 %
84	www.polibotanica.mx Fuente de Internet	<1 %
85	Submitted to BENEMERITA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE PUEBLA BIBLIOTECA Trabajo del estudiante	<1 %
86	mail.notulaebotanicae.ro Fuente de Internet	<1 %
87	noticias.juridicas.com Fuente de Internet	<1 %
88	renati.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
89	www.mdpi.com Fuente de Internet	<1 %
90	Submitted to ITESM: Instituto Tecnologico y de Estudios Superiores de Monterrey Trabajo del estudiante	<1 %

91	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
92	Submitted to Universidad Santo Tomas Trabajo del estudiante	<1 %
93	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
94	link.springer.com Fuente de Internet	<1 %
95	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
96	revistas.uclave.org Fuente de Internet	<1 %
97	Submitted to unap Trabajo del estudiante	<1 %
98	www.research.manchester.ac.uk Fuente de Internet	<1 %
99	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1 %
100	www.sabiia.cnptia.embrapa.br Fuente de Internet	<1 %
101	Maco, Edgar Hernán Salazar Vigo, Jaime Javier Ochoa Flores, Julio Joaquín Virreira Saavedra, Luis Martín Trigoso. "Modelo Prolab: Reducción de la Contaminación por Residuos Plásticos mediante su Aprovechamiento para Producción de Combustibles en Iquitos y Pucallpa", Pontificia Universidad Catolica del Peru (Peru), 2024 Publicación	<1 %
102	Mendes, Raquel Filipa Aires. "Transformacao Digital Aplicada a area de Recrutamento", Instituto Politecnico do Porto (Portugal), 2022	<1 %

103	biblioteca.galileo.edu Fuente de Internet	<1 %
104	eprint.subtopublish.com Fuente de Internet	<1 %
105	repositorio.unprg.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
106	riunet.upv.es Fuente de Internet	<1 %
107	"Proceedings of the 4th Biotechnology World Symposium", Mexican Journal of Biotechnology, 2024 Publicación	<1 %
108	"Proceedings of the XII International Congress on Bioscience and Biotechnology, VI Meeting of Postgraduate Students and Alumni of the CICB-UATx", Mexican Journal of Biotechnology, 2025 Publicación	<1 %
109	Carlo Lozada, Luis Alberto. "Características textiles y medulación de la fibra en reproductores de reemplazo en alpacas de la raza Huacaya de la Unidad de Producción Macusani de la rural Alianza E.P.S. - Puno ", Universidad Nacional del Altiplano de Puno (Peru) Publicación	<1 %
110	Itzel Galaviz-Villa, Irving D. Pérez-Landa, Guadalupe D. Gutiérrez Sampieri, Virginia Alcántara-Méndez et al. "Biodegradable polymers based on cellulose and fiber from coffee (Coffea spp.) and sugarcane (Saccharum spp.) residues", BioResources, 2025 Publicación	<1 %

111	Submitted to Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo	<1 %
	Trabajo del estudiante	
112	repositorio.flacsoandes.edu.ec	<1 %
	Fuente de Internet	
113	repositorio.unat.edu.pe	<1 %
	Fuente de Internet	
114	repositorio.unfv.edu.pe	<1 %
	Fuente de Internet	
115	repositorio.upa.edu.pe	<1 %
	Fuente de Internet	
116	repositorio.upt.edu.pe	<1 %
	Fuente de Internet	
117	repositorio.utc.edu.ec	<1 %
	Fuente de Internet	
118	revistas.utn.ac.cr	<1 %
	Fuente de Internet	
119	tesis.pucp.edu.pe	<1 %
	Fuente de Internet	
120	www.radiocarbon.com	<1 %
	Fuente de Internet	

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

< 10 words

Excluir bibliografía

Activo

A mi querida madre, Irma Huamán, quien con su esfuerzo y cariño me ha acompañado en cada etapa de mi vida, enseñándome valores que hoy forman parte de quien soy. Gracias a ella he aprendido a luchar con honestidad y humildad.

A mi hermana, Jackelin Gómez Huamán, por ser un apoyo constante en los momentos más difíciles y un ejemplo de perseverancia que me motiva a seguir adelante, tanto en lo personal como en lo profesional.

AGRADECIMIENTOS

- En primer lugar agradecerle a Dios creador por su constante guía y por ser el pilar fundamental en mi vida.
- Agradezco a mi padre David Gómez Hinostroza y hermanos, por confiar en mí y llenarme de apoyo y motivación en cada paso.
- También quiero expresar mi sincero agradecimiento al Mg. Chagua Rodríguez Perfecto, quien me acompañó durante todo el proceso de este trabajo. Su guía, compromiso y paciencia fueron fundamentales para que pudiera llegar hasta aquí. La experiencia y el apoyo que me brindó marcaron una huella importante en mi formación académica y personal.
- De igual manera, agradezco profundamente al Dr. Raúl Siche Jara, por abrirme las puertas de los laboratorios agroindustriales de la Universidad Nacional de Trujillo (UNT). Su disposición para compartir sus conocimientos y facilitarnos los recursos necesarios fue clave para llevar a cabo nuestras prácticas experimentales y lograr los resultados que hicieron posible esta investigación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ANEXOS	6
PRESENTACIÓN	1
RESUMEN	2
ABSTRACT	3
I. INTRODUCCIÓN	4
1.1. Determinación del problema	5
1.2. Formulación del problema	7
1.2.1. Problema general.....	7
1.2.2. Problemas específicos	7
1.3. Hipótesis	7
1.3.1. Hipótesis general	7
1.3.2. Hipótesis específica.....	7
1.4. Objetivos.....	8
1.4.1. Objetivo general	8
1.4.2. Objetivos específicos.....	8
II. MARCO TEÓRICO.....	9
2.1. Antecedentes	9
2.1.1. Internacionales	9
2.1.2. Nacionales	11
2.2. Bases teóricas.....	14
2.2.1. Café	14
2.2.2. Maíz.....	19
2.2.3. Técnicas de elaboración de envases biodegradables.....	23
2.2.4. Envases Biodegradables	25
2.2.5. Normas técnicas para bioplásticos	27
2.3. Definición de términos básicos	28
III. MARCO METODOLÓGICO	29
3.1. Tipo y nivel de investigación.....	29
3.2. Diseño de investigación	29
3.3. Variables	30
3.3.1. Variable independiente.....	30
3.3.2. Variable dependiente.....	30

3.4. Operacionalización de variables	36
3.5. Población, muestra y muestreo	38
3.5.1. Población.....	38
3.5.2. Muestra.....	38
3.5.3. Muestreo.....	38
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	39
3.6.1. Determinación de la formula optima en el desarrollo de envases biodegradables.....	39
3.6.2. Determinación las características físico-mecánicas de los envases biodegradables.....	44
3.6.3. Determinación del tiempo de degradación de los envases biodegradables a partir de residuos de café (<i>Coffea arabica</i> L.) y maíz (<i>Zea mays</i>).....	47
3.7. Métodos de análisis de datos.....	47
IV. RESULTADOS.....	48
4.1. Formulación del envase biodegradable.....	48
4.2. Características físico-mecánicas de los envases biodegradables	50
4.2.1. Espesor y densidad.....	50
4.2.2. Humedad y absorción de agua	51
4.2.3. Tensión.....	52
4.2.4. Compresión	53
4.2.5. Contestación de hipótesis	54
4.3. Tiempo de degradación del envases biodegradable.....	54
V. DISCUSIÓN.....	56
5.1. Determinación de la formula optima de los envases biodegradables	56
5.2. Determinación de las características físico-mecánicas	57
5.3. Evaluación del tiempo de biodegradación del envase optimo	58
VI. CONCLUSIONES.....	59
VII. RECOMENDACIONES	60
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61
ANEXOS	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Partes del grano de café.....	14
Figura 2 Partes del cerezo del café arábica.....	15
Figura 3 Taxonomía del café arábica	18
Figura 4 Partes del grano del maíz	19
Figura 5 Producción del maíz según departamentos	20
Figura 6 Taxonomía del maíz (<i>Zea mays</i>).....	21
Figura 7 Partes del moldeo por comprensión	24
Figura 8 Esquema del proceso experimental.....	30
Figura 9 Determinación de la población.....	38
Figura 10 Determinación de la muestra.....	39
Figura 11 Diagrama de flujo de la obtención del almidón de maíz.....	40
Figura 12 Diagrama de flujo de la obtención de la fibra de café.....	42
Figura 13 Diagrama de flujo de la elaboración de envases biodegradables	43
Figura 14 Calibrador Vernier digital	44
Figura 15 Balanza de precisión	45
Figura 16 Analizador de humedad digital	45
Figura 17 Analizador de textura TA.HD Plus	46
Figura 18 Balanza de precisión	47
Figura 19 Envases biodegradables elaborados con distintas proporciones de almidón de maíz y fibra de café	49
Figura 20 Diagrama de obtención de las muestras de envases biodegradables.....	50
Figura 21 Pérdida de peso (g) del envase biodegradable óptimo	55
Figura 22 Degradación del envase biodegradable.....	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Superficies de cosecha de granos de café 2020-2022 (hectáreas).....	16
Tabla 2 Producción de café orgánico y total 2020-2022 (toneladas)	17
Tabla 3 Composición del residuo de café.....	19
Tabla 4 Composición residuos de maíz.....	22
Tabla 5 Características mecánicas y de degradación de materiales bioplásticos proveniente de residuo de café	23
Tabla 6 Diferencias en los porcentajes de degradación de bioplásticos en las normas de varios países latinoamericanos	28
Tabla 7 Formulación de los envase biodegradable.....	29
Tabla 8 Operacionalización de variables independiente y dependiente	36
Tabla 9 Formulaciones en la elaboración de envases biodegradables.....	48
Tabla 10 Espesor y densidad en envases elaborados con almidón de maíz y fibra de café	51
Tabla 11 Humedad y absorción en envase con almidón de maíz y fibra de café	51
Tabla 12 Propiedades mecánicas (Máxima fuerza de tensión, resistencia a la tracción y elongación) en envase con almidón de maíz y fibra de café	52
Tabla 13 Propiedades mecánicas (Dureza y fracturabilidad) en envase con almidón de maíz y fibra de café	53
Tabla 14 Características fisicoquímicas y biológicas de la tierra.....	54

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia	74
Anexo 2. Obtención de envases biodegradables	76
Anexo 3. Registro de los valores correspondientes de las características físico mecánicas a cada tratamiento experimental y sus repeticiones	79
Anexo 4. Resultados estadísticos con Minitab 8 de las características físico mecánicas	84

PRESENTACIÓN

El uso excesivo de plásticos de un solo uso ha generado serias consecuencias ambientales, motivando la generación de alternativas con mayor sostenibilidad. Entre ellas los envases biodegradables fabricados a partir de residuos agrícolas representan una opción viable para disminuir la contaminación ambiental y aprovechar subproductos que usualmente son desechados. El presente trabajo de investigación tiene como propósito valorar los residuos de café (*Coffea arabica* L.) y maíz (*Zea mays*), abundantes en la provincia de Chanchamayo, con énfasis en el distrito de Pichanaki. El estudio experimental se ejecutó en los laboratorios de la Universidad Nacional de Trujillo (UNT), en el cual se empleó la técnica de termoprensado para la elaboración de envases biodegradables, esta metodología permitió transformar los residuos mediante la aplicación controlada de presión y temperatura, facilitando la cohesión de las fibras de café con el almidón, los envases biodegradables fueron sometidos a ensayos mecánicos y de biodegradabilidad en el laboratorio de ensayos de materiales, evaluando su resistencia física y comportamiento en condiciones ambientales, es crucial señalar que esta investigación ofrece un soporte técnico valioso al establecer parámetros de proceso como el tiempo de prensado, temperatura y presión óptimos para obtener productos con buenas características mecánicas y de degradación, los hallazgos recopilados podrán ser empleados como referencia para futuras aplicaciones industriales. Esto promoverá prácticas de economía circular y contribuirá a la disminución los residuos plásticos en entornos agrícolas.

RESUMEN

El uso masivo de envases plásticos ha generado una problemática ambiental de gran magnitud a nivel mundial, debido a su lenta degradación y a los impactos negativos que ocasionan en los ecosistemas. En este contexto, los envases biodegradables surgen como una alternativa sostenible, ya que se elaboran a partir de materiales de origen natural que pueden degradarse mediante procesos biológicos, reduciendo la acumulación de residuos y minimizando los efectos adversos sobre el medio ambiente. El objetivo de este estudio fue determinar la influencia del almidón de maíz (*Zea mays*) y fibra de café (*Coffea arabica* L.), en la obtención de envases biodegradables, para ello se evaluaron sus características físico-mecánicas y biodegradabilidad. Con ese propósito, se plantearon experimentar tratamientos con un control y seis formulaciones con distintas proporciones de almidón de maíz y fibra de café, empleando la técnica de termoprensado para la obtención de bandejas, los cuales fueron evaluados aplicando el diseño completamente aleatorio (DCA). A las muestras fabricadas se realizaron evaluaciones de sus propiedades físico-mecánicas, tales como espesor, densidad, contenido de humedad, resistencia a la tracción y compresión, capacidad de absorción de agua, así como el análisis del tiempo de biodegradación. Los resultados obtenidos permitieron identificar una formulación óptima conformada por una mezcla de 95 % de almidón y 5 % de fibra (T1), esta presentó un espesor de $2,67 \pm 0,03$ mm, una densidad de $0,40 \pm 0,01$ g/cm³, absorción de agua de $0,93 \pm 0,03$ g/g, humedad de $7,38 \pm 0,06$ %, resistencia a la tracción de $11,70 \pm 0,19$ MPa, elongación de $1,94 \pm 0,02$ %, dureza de $14,34 \pm 0,25$ kg, fracturabilidad de $6,53 \pm 0,14$ mm y una fuerza máxima de tensión de $14,46 \pm 0,23$ kg. Asimismo, se comprobó que el material alcanzó su biodegradación en un lapso cercano a los 60 días, lo que evidencia un avance significativo hacia alternativas más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente. En conclusión la incorporación de residuos agroindustriales de café (*Coffea arabica* L.) y maíz (*Zea mays*) permitió desarrollar envases biodegradables con características físico-mecánicas y de biodegradación adecuadas para su potencial uso en aplicaciones de empaque. Los resultados obtenidos evidencian que estos materiales pueden constituir una alternativa viable y sostenible frente a los plásticos convencionales, al aprovechar subproductos agrícolas y reducir el impacto ambiental asociado a su disposición.

Palabras claves: Envases biodegradables; residuos agrícolas; propiedades físico-mecánicas; café; maíz.

ABSTRACT

The widespread use of plastic packaging has generated a significant environmental problem worldwide due to its slow degradation and the negative impacts it causes on ecosystems. In this context, biodegradable packaging has emerged as a sustainable alternative, as it is produced from natural materials capable of degrading through biological processes, thereby reducing waste accumulation and minimizing adverse environmental effects. The objective of this study was to determine the influence of corn starch (*Zea mays*) and coffee fiber (*Coffea arabica* L.) on the production of biodegradable packaging; therefore, its physicomechanical properties and biodegradability were evaluated. For this purpose, a control treatment and six formulations with different proportions of corn starch and coffee fiber were tested, using the thermoforming technique to produce trays, which were evaluated under a Completely Randomized Design (CRD). The manufactured samples were assessed for their physicomechanical properties, including thickness, density, moisture content, tensile strength, compressive strength, water absorption capacity, and biodegradation time. The results allowed the identification of an optimal formulation consisting of 95% starch and 5% fiber (T1), which exhibited a thickness of 2.67 ± 0.03 mm, a density of 0.40 ± 0.01 g/cm³, water absorption of 0.93 ± 0.03 g/g, moisture content of $7.38 \pm 0.06\%$, tensile strength of 11.70 ± 0.19 MPa, elongation of $1.94 \pm 0.02\%$, hardness of 14.34 ± 0.25 kg, fracturability of 6.53 ± 0.14 mm, and a maximum tensile force of 14.46 ± 0.23 kg. Furthermore, the material achieved complete biodegradation within approximately 60 days, demonstrating significant progress toward more sustainable and environmentally friendly alternatives. In conclusion, the incorporation of agro-industrial residues from coffee (*Coffea arabica* L.) and corn (*Zea mays*) enabled the development of biodegradable packaging with adequate physicomechanical and biodegradation characteristics for potential packaging applications. The results demonstrate that these materials can constitute a viable and sustainable alternative to conventional plastics by utilizing agricultural by-products and reducing the environmental impact associated with their disposal.

Keywords: Biodegradable packaging; agricultural waste; physical and mechanical properties of coffee; corn.

I. INTRODUCCIÓN

Considerando el aumento sostenido de la conciencia social respecto a las consecuencias ecológicas derivadas del uso de plásticos convencionales, los envases biodegradables han adquirido mayor relevancia como alternativa sostenible. El uso de residuos agroindustriales como los del café (*Coffea arabica* L.) y el maíz (*Zea mays*) resulta particularmente prometedor (Bitra et al., 2009). Estos subproductos contienen fibras, celulosa y almidón, componentes adecuados para la obtención de biopolímeros de origen natural (Obando et al., 2022).

El residuo de café destaca por su riqueza en celulosa y lignina, mientras que el maíz aporta almidón en cantidad considerable, lo que los convierte en materiales estratégicos para el desarrollo de envases biodegradables (Nair et al., 2013). A pesar de sus propiedades, la combinación de estos residuos no ha sido explorada ampliamente, en especial en zonas agrícolas como Pichanaki, donde su aprovechamiento podría representar una oportunidad para valorizar subproductos locales.

Una técnica adecuada para su procesamiento es el termoprensado, que consiste en aplicar calor y presión simultáneamente para moldear los materiales. Este método facilita la fusión de fibras y la gelatinización del almidón, favoreciendo la formación de bioplásticos (Hernández et al., 2023). Además, el termoprensado presenta ventajas operativas frente a tecnologías más complejas como la extrusión, debido a su simplicidad y bajo consumo energético (Espina et al., 2016).

Los productos obtenidos a través de este proceso muestran buenas propiedades de resistencia mecánica, estabilidad térmica y degradabilidad en condiciones ambientales, características esenciales en los diversos usos dados para la industria alimentaria y agrícola (Huapaya et al., 2024).

El estudio presentado cuenta con la finalidad de elaborar y caracterizar un envase biodegradable utilizando residuos de café y maíz generados en Pichanaki, contribuyendo así a la valorización de estos subproductos. Se busca fomentar prácticas de economía circular en la región y ofrecer alternativas sostenibles que ayuden a mitigar la contaminación.

1.1. Determinación del problema

La generación de residuos a nivel global está alcanzando cifras alarmantes, proyectándose un aumento de dos mil millones a más de tres mil millones de toneladas anuales para el año 2050, reflejando serias implicancias para el ambiente y la salud (Kaza et al., 2020). En Latinoamérica la gestión de estos residuos es un ingente desafío, con la región generando aproximadamente 230 millones de toneladas solamente en residuos sólidos durante 2021, pero con una deficiente capacidad de reciclaje y tratamiento adecuado (Campos, 2023). En Perú, esta problemática se magnifica evidenciándose en la recolección de alrededor de 20 millones en toneladas residuales diariamente, donde solo se aprovecha un 15% (El Peruano, 2021). En Junín la producción de residuos al año oscila entre 281 mil toneladas, de los cuales 35 675,6 genera la provincia de Chanchamayo de manera anual (SINIA, 2022).

El fenómeno requiere una revisión crítica de las prácticas de gestión y disposición. Este estudio destaca el potencial de los envases biodegradables para modificar el ciclo de vida de los residuos, integrando principios de economía circular y sostenible (Campos, 2022). Utilizando desechos agrícolas como materia prima para fabricar estos envases, se reduce la cantidad de residuos en vertederos y se promueve un sistema de producción más sostenible (Bilo et al., 2018). Esta investigación evidencia la falta de exploración de alternativas innovadoras para mitigar problemas ambientales y ofrecer soluciones sostenibles en un plazo prolongado.

Esta generación residual en Perú incluye una alta proporción de desechos plásticos, que presentan desafíos particulares debido a su lenta degradación y su impacto ambiental duradero. El Ministerio del Ambiente (MINAM) ha informado que anualmente la producción de residuos plásticos bordea los 1,2 millones de toneladas, pero apenas el 10% de esta cifra es reciclada de forma correcta. En Lima y Callao la situación se traduce en más de 886 toneladas generadas al día lo que constituye el 46% de los desechos sólidos de ambas zonas. Sin embargo, menos del 1% de estos residuos se reciclan o valoran, terminando la mayoría de estos en botaderos o llegan al mar, afectando gravemente el ecosistema y la salud pública (Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], 2021; United States Agency for International Development [USAID], 2020).

La presencia de microplásticos en los alimentos constituye una problemática creciente, ya que estos fragmentos ingresan a suelos y ecosistemas acuáticos, acumulándose luego en pescados, mariscos, frutas, verduras y agua potable (Campos, 2022). Estos

microfragmentos pueden transportar metales pesados y otros compuestos tóxicos, generando riesgos potenciales para la salud humana por su capacidad de bioacumulación (Gutiérrez et al., 2020).

A nivel municipal, la producción diaria de desechos sólidos alcanza cifras preocupantes, con menos del 15% de estos residuos siendo reciclados o tratados adecuadamente. Este porcentaje de reciclaje tan bajo resalta la necesidad de implementar políticas efectivas que impulsen el tratamiento apropiado para estos plásticos en búsqueda de mitigar su impacto ambiental. Estos antecedentes negativos subrayan la urgencia de mejorar la gestión, fomentando el uso de bioplásticos y otras alternativas sostenibles, así como reforzando las regulaciones y la fiscalización, consolidando un adecuado cumplimiento de las normativas y leyes (El Peruano, 2021; Molina et al., 2021).

En relación con los desperdicios de plástico en el mar del Perú, se descubrieron más de 500 fragmentos de micro plásticos por metros cuadrados en algunas playas ubicadas en la cercanía de Lima y Callao, lo que constituye la concentración más alta en comparación con otros reportes de la costa del pacifico del sur (Campos, 2022). Gutiérrez et al. (2020) ejecutaron un estudio acerca de los residuos sólidos de plástico y la sostenibilidad del medio ambiente, concluyendo que el plástico representa el 70% de la basura generada.

Diversos escenarios destacan la urgente necesidad de revisar y mejorar las estrategias aplicadas para la gestión de estos residuos, con la finalidad de darles un adecuado aprovechamiento a estos desechos generados por actividades antropogénicas (Huamaní et al., 2020).

Dado que la problemática de los residuos y la contaminación por plásticos continúa en aumento, los envases biodegradables surgen como una solución sostenible. Estos envases, desarrollados a partir de biomasa agrícola residual, como los desechos de café y maíz, ofrecen una degradación más rápida y amigable con el medio ambiente (Castañeda et al., 2022). Investigaciones recientes indican que estos envases pueden descomponerse completamente en agua, CO₂ y humus en condiciones adecuadas, reduciendo significativamente la huella ambiental en comparación con los plásticos convencionales (Nair et al., 2013). Este trabajo se enfoca en la utilización óptima de residuos de café y maíz, permitiendo una gestión más eficiente de estos desechos y representando una oportunidad de innovación al generar productos competitivos en el mercado. Convertir estos residuos en productos útiles y ecológicos ofrece una contribución significativa en la

disminución de la contaminación, asimismo puede servir de modelo para otras empresas incluso sectores, promoviendo prácticas de economía circular y sostenibilidad a nivel comunitario.

De ese modo, el proyecto tiene como propósito de elaborar envases biodegradables empleando materias primas subvalorados (café y maíz), este material es una alternativa de solución al problema de la acumulación de residuos agrícolas y plásticos. Los envases biodegradables fabricados a partir de residuos de café y maíz pueden degradarse mucho más rápidamente que los convencionales, reduciendo la huella ambiental.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cómo desarrollar envases biodegradables a partir de residuos de café (*Coffea arabica* L.) y maíz (*Zea mays*), generados por agricultores del distrito de Pichanaki?

1.2.2. Problemas específicos

P.E.1: ¿Cuál es la fórmula óptima en el desarrollo de envases biodegradables a partir de residuos café (*Coffea arabica* L.) y maíz (*Zea mays*)?

P.E.2: ¿Cuáles son las características físico-mecánicas de los envases biodegradables obtenidos a partir de residuos de café (*Coffea arabica* L.) y maíz (*Zea mays*)?

P.E.3: ¿Cuál será el tiempo de degradación del envase biodegradable óptimo a partir de residuo de café (*Coffea arabica* L.) y maíz (*Zea mays*) mediante la evaluación del tiempo de descomposición y la pérdida de peso durante el proceso de biodegradación?

1.3. Hipótesis

1.3.1. Hipótesis general

La incorporación de residuos de café (*Coffea arabica* L.) y maíz (*Zea mays*), generados por agricultores del distrito de Pichanaki, permitirá desarrollar envases biodegradables.

1.3.2. Hipótesis específica

H.E.1: La formulación óptima para elaborar envases biodegradables a partir de residuos de café (*Coffea arabica* L.) y maíz (*Zea mays*) se alcanzará

a través de una proporción adecuada de ambos componentes, la cual permitirá obtener propiedades físico-mecánicas que cumplan con los parámetros técnicos.

H.E.2: Las características físico-mecánicas de los envases biodegradables elaborados a partir de residuos de café (*Coffea arabica* L.) y maíz (*Zea mays*) cumplirán con valores aceptables de espesor, densidad, porcentaje de humedad, resistencia a la tensión, resistencia a la compresión y capacidad de absorción de agua, de acuerdo con los parámetros establecidos

H.E.3: El tiempo de degradación del envase biodegradable óptimo a partir de residuos de café (*Coffea arabica* L.) y maíz (*Zea mays*) indicará un proceso de biodegradación eficiente, evidenciado por una descomposición progresiva y una reducción significativa de su masa bajo condiciones controladas de compostaje.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Desarrollar envases biodegradables a partir de residuos de café (*Coffea arabica* L.) y maíz (*Zea mays*), generados por agricultores del distrito de Pichanaki, Junín.

1.4.2. Objetivos específicos

O.E.1: Determinar la formulación optima en el desarrollo de envases biodegradables a partir de residuos café (*Coffea arabica* L.) y maíz (*Zea mays*).

O.E.2: Determinar las características físico-mecánicas de los envases biodegradables elaborados a partir de residuos de café (*Coffea arabica* L.) y maíz (*Zea mays*), mediante la evaluación del espesor, densidad, porcentaje de humedad, resistencia a la tensión, resistencia a la compresión y capacidad de absorción de agua.

O.E.3: Determinar el tiempo de degradación del envase biodegradable óptimo elaborado a partir de residuos de café (*Coffea arabica* L.) y maíz (*Zea mays*), mediante la evaluación del tiempo de descomposición y la pérdida de peso durante el proceso de biodegradación.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Internacionales

Vega et al. (2023), desarrollaron un modelo metodológico para la generación de un biomaterial con la mezcla de residuos de café con polímeros naturales. La población consistió en residuos de café tipo arábica, recolectados durante una semana en una cafetería en La Paz, Bolivia. Se utilizó todo el volumen de residuos producido durante este periodo para los experimentos. La metodología incluyó la recolección de residuos de café, seguidos de la elaboración del biomaterial mediante la mezcla de residuos de café con proteínas y plastificantes (glicerina y gelatina) en diferentes proporciones (5/5, 15/10, y 30/20), calentando la mezcla hasta 75°C y enfriándola en moldes específicos. La degradación del biomaterial se evaluó mediante la variación gravimétrica de piezas de 4x4 cm durante 3 meses mostrando una pérdida de masa promedio del 0,52% para la mezcla N2 y del 0,95% para la mezcla N3. La biodegradabilidad se evaluó según la norma ASTM 6400 (ASTM, 2004) en suelo orgánico con riego dos veces por semana, evidenciando una tasa de biodegradación significativa. Los resultados revelaron un potencial para el uso de residuos de café como alternativa a la generación de estos residuos en Bolivia.

Solórzano et al. (2023), realizaron una investigación denominada Obtención de plástico biodegradable a partir de almidón de la tusa de maíz (*Zea mays*), donde evaluaron el uso de la tusa de maíz para la generación de bioplásticos biodegradables. La metodología aplicada consistió en caracterizar fisicoquímicamente las tusas, extraer el almidón y formular el bioplástico mediante un diseño experimental que variaba la cantidad de almidón y plastificante. En ese contexto, los resultados mostraron que el bioplástico obtenido presentaba 0,93 g/mL de densidad, 16,69% de humedad, 0,63 mm de espesor, 57,79% de solubilidad en agua y una pérdida de peso del 31,92%. Las conclusiones vinculadas a los objetivos indicaron que, aunque el rendimiento de extracción de almidón fue bajo, las propiedades del bioplástico eran comparables a las de los polímeros que suelen derivarse del petróleo, sugiriendo su potencial uso en productos ligeros y recubrimientos de rápida solubilidad.

Rojas y Hernandez (2022), llevaron a cabo un estudio denominado Aprovechamiento tecnológico de la pulpa de café en la obtención de un producto vaso biodegradable, donde evaluaron dos concentraciones diversas de NaOH con el fin de determinar cuál generaba una mejor extracción de alfa celulosa a partir de la pulpa de café. Se evaluaron concentraciones de 60 g/L de NaOH por unos 90 minutos, obteniendo un promedio de 57,23% para el rendimiento. Esta pasta fue prensada y moldeada para diseñar un vaso desechable, aplicando tecnológicamente la celulosa obtenida. En conclusión, la concentración de 60 g/L de NaOH demostró ser la más efectiva, con un rendimiento significativo, y permitió la creación de un modelo de vaso desechable que podría ser utilizado para bebidas, ofreciendo una aplicación sostenible de los subproductos utilizados.

Diaz et al. (2020), ejecutaron un trabajo con el objetivo de poder demostrar la termoformabilidad de mezclas de almidón/policaprolactona (PCL) y la incorporación de biochar como relleno sostenible. La población de estudio consistió en almidón de maíz, PCL y biochar recolectados en la cafetería del Rochester Institute of Technology. La evaluación de las muestras fue utilizando una máquina Instron, siguiendo la norma ASTM D638. Las pruebas de biodegradabilidad revelaron que un mayor contenido de almidón resultó en una mayor degradación, y la adición de biochar mejoró la biodegradación. Este estudio demostró la factibilidad en la fabricación de contenedores termoformados biodegradables a partir de almidón y biochar, promoviendo una respuesta más sostenible a los materiales de uso tradicional.

González et al. (2020), desarrollaron una investigación con el fin de poder evaluar la viabilidad del uso de fibras extraídas de subproductos agrícolas para la producción de agro textiles. Para el estudio se empleó una muestra de maíz recolectado de forma manual. El abordaje fue de tipo aplicado y utilizó un diseño experimental para subproductos agrícolas, como residuos de maíz, trigo y caña de azúcar, en la fabricación de agro textiles. En las pruebas, la resistencia a la tracción alcanzó valores superiores a 25 MPa y la absorción de agua fue del 45%, lo cual es favorable para su uso en agro textiles. Las fibras de maíz y trigo mostraron una elongación del 15% y una resistencia a la tracción de 20 MPa. Las conclusiones vinculadas a los objetivos demostraron que las fibras de subproductos agrícolas son una opción viable para la producción de agro textiles.

2.1.2. Nacionales

Mayte (2023), llevo a cabo una investigación con el propósito de establecer la formulación adecuada de almidón de umarí (*Poraqueiba sericea*) y tusa de maíz amarillo duro (*Zea mays*) para fabricar bandejas biodegradables, evaluando sus características físicas, químicas y mecánicas. Para el estudio se utilizó 50 kg de umarí procedente del departamento de Loreto y 10 kg de tusa de maíz recolectados en la provincia de Casma. Se considero un diseño estadístico de mezclas, y el proceso de fabricación se realizó mediante termoformado, aplicando temperaturas entre 135 °C y 145 °C durante un tiempo de 6,30 a 6,40 minutos. Se utilizaron técnicas analíticas como FTIR, MEB y DRX para evaluar las propiedades mecánicas. Los hallazgos expusieron que al incrementar la proporción de harina de tusa, se redujeron el espesor (de $3,17 \pm 0,03$ a $2,20 \pm 0,07$ mm), la densidad (de $0,414 \pm 0,090$ a $0,251 \pm 0,00$ g/cm³), el contenido de humedad (de $5,68 \pm 0,17$ % a $3,85 \pm 0,03$ %) y la capacidad de absorción de agua (de $39,05 \pm 1,07$ % a $21,86 \pm 0,93$ %), manteniéndose los valores de sólidos volátiles por encima del 50 %, considerados óptimos. En relación con las propiedades mecánicas, se identificó que la adición de harina de tusa provocó una baja en la resistencia a la tensión (de $3,43 \pm 0,11$ a $2,84 \pm 0,24$ MPa), la elongación (de $2,04 \pm 0,12$ % a $1,54 \pm 0,08$ %), la dureza (de $90,97 \pm 11,7$ a $67,70 \pm 7,31$ N) y la fracturabilidad (de $3,19 \pm 1,87$ a $1,43 \pm 0,6$ mm). El análisis FTIR mostró una disminución en la intensidad de los picos entre 500 y 3400 cm⁻¹, mientras que las micrografías obtenidas por MEB revelaron una estructura con mayor presencia de células de aire pequeñas y formas irregulares. Por su parte, el análisis por DRX identificó picos en 2 θ de 16,83° y 22,69°, lo que indica una estructura parcialmente cristalina. En conclusión, la formulación T5, compuesta por 87,5 % de almidón y 12,5 % de fibra, fue la que presentó los mejores resultados, resultando adecuada para la producción de envases biodegradables.

Cabrera et al. (2023), desarrollaron un estudio cuyo propósito fue analizar cómo influye la incorporación de fibra proveniente del *Asparagus officinalis* y del *Zea mays* en las características físicas y mecánicas de bandejas biodegradables elaboradas a partir de *Solanum phureja*. Las muestras consistieron en papa amarilla proveniente de Chota, y residuos agroindustriales recolectados de una empresa local y del centro poblado Cascajal. Se consideró un diseño DCA. Se utilizaron métodos mediante termoformado a 150 °C durante 20 minutos a 24 bar. En el estudio se emplearon tres proporciones de

almidón/fibra (95/5, 90/10 y 85/15) con el propósito de evaluar tanto características físicas como propiedades mecánicas. Los resultados evidenciaron que la formulación con una relación almidón/fibra de maíz de 85/15 fue la que presentó el mejor comportamiento al mostrar una adecuada expansión con fibras, una elongación del 1,58 %, una resistencia a la tracción de 0,2132 MPa, una fracturabilidad de 2,64 mm y una resistencia a la dureza de 17,29 kg. Se concluyó que, incorporar residuos agroindustriales como material de refuerzo representa una opción viable frente al empleo de bandejas fabricadas con espuma de poliestireno.

Cáceres et al. (2023), desarrollaron una investigación enfocada en la elaboración de envases biodegradables tipo plato, empleando almidón de papa, maíz y cáscara de plátano (este último obtenido como residuo en mercados de abastos). El estudio realizó la extracción y combinación de estos almidones en cuatro formulaciones diferentes con proporciones que incluían desde mezclas 50/25/25 hasta combinaciones 50/50 de dos fuentes. Los envases fueron moldeados manualmente y secados a temperatura ambiente, Se evaluaron propiedades físicas como espesor (que varió entre 1,16 y 1,35 mm según la formulación), resistencia a la tracción (con valores promedio que oscilaron entre 0,60 y 1,39 kg, siendo la mejor formulación la de 50% almidón de papa y 50% de maíz), y dureza (con resultados de hasta 12,73 kg/cm² en la misma formulación óptima), Además, la biodegradabilidad se determinó mediante pruebas en tierra agrícola durante 30 días, obteniéndose una degradación entre 35% y 45%. El estudio concluyó que la mezcla de almidón de papa y maíz ofreció los mejores resultados en cuanto a resistencia, flexibilidad y degradabilidad; confirmando la viabilidad de aprovechar residuos agroindustriales para la producción de bioplásticos sostenibles y competitivos.

Salazar (2022), ejecuto su estudio con el objetivo principal de evaluar la calidad del bioplástico obtenido a partir de los almidones de papa y maíz, comparando sus propiedades y viabilidad como materiales biodegradables. De ese modo, el autor utilizo una investigación aplicada y cuantitativa. El diseño de investigación fue experimental, con un enfoque en la manipulación de variables experimentales en condiciones controladas. Se empleó la extracción de almidón mediante procedimientos de pelado, picado, tritución, filtración y secado, Al evaluar la biodegradabilidad del bioplástico, se logró un 85,38% de degradación en 20 días bajo condiciones aeróbicas con una mezcla de 2,38% de glicerina y 6% de melamina, Además, se determinó que la mezcla óptima para obtener bioplásticos con buenas propiedades mecánicas y de

biodegradabilidad era de 4,5% de glicerina y 6% de melamina, alcanzando una elongación de 36,71 kg/cm² y una biodegradabilidad de 81,58%. Las conclusiones indican que los almidones de papa y maíz son viables para la producción de bioplásticos biodegradables, con el almidón de papa mostrando una mayor biodegradabilidad.

Espinoza y Oscco (2022), realizaron su investigación en explorar cómo la adición de glicerina y melamina modifica las propiedades físico-mecánicas de un envase biodegradable producido a partir de almidón de maíz. Se contemplo como muestra 50 kg de grano de maíz, seleccionadas bajo criterios específicos de inclusión y exclusión. Las propiedades fueron analizadas en laboratorio, Los resultados de biodegradabilidad revelaron que, bajo condiciones aeróbicas en un período de 20 días, el envase biodegradable con una mezcla de 2,38% de glicerina y 6% de melamina alcanzó una biodegradación del 85,38%, mientras que la mezcla con 3% de glicerina y 3% de melamina logró un 45,63%, En términos de propiedades mecánicas, la elongación máxima de 70,73 kg/cm² se obtuvo con 3% de glicerina y 9% de melamina, y la elongación mínima de 8,71 kg/cm² con 6% de glicerina y 9% de melamina. Concluyeron que la adición de estos compuestos influyen significativamente en las propiedades físico-mecánicas del envase biodegradable, mejorando su flexibilidad y biodegradabilidad.

Campos y Castro (2019), elaboraron un estudio con el propósito de evaluar las propiedades físicas de la biomasa residual de *Caraya illinoensis* para su utilización en la producción de recipientes biodegradables, Se delimitaron 2 hectáreas como área de trabajo y se utilizaron 50 gramos de residuo de pecana con 25g y 30g de dosis de pectina para las mezclas experimentales. Las unidades muestrales (10 recipientes) fueron analizadas para determinar su resistencia, dureza, permeabilidad al oxígeno, absorción de agua y temperatura de degradación. El análisis de la biomasa reveló que la cáscara de pecana contiene un 36% de celulosa y un 18% de lignina. Se formularon mezclas con dosis de pectina de 25 g y 30 g, realizando 5 repeticiones de cada una. La mezcla óptima, con 30 g de pectina, resultó en recipientes biodegradables con una resistencia a la tracción máxima de 0,37 MPa, permeabilidad al oxígeno de 8,98 cc/m² día, dureza de 3 mohs, y absorción de agua del 2,3%, Además, los recipientes comenzaron a degradarse a partir de los 200 °C. Las conclusiones demostraron que los residuos utilizados son viables para la generación de recipientes biodegradables, aunque el costo de producción es mayor en comparación con los recipientes convencionales.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Café

a) Definición de café

El café es el producto obtenido de los granos maduros y procesados de la planta *Coffea*, perteneciente a la familia Rubiaceae. Se cultiva principalmente en regiones tropicales, siendo *Coffea arabica* y *Coffea canephora* las especies más importantes (Alexander et al., 2020).

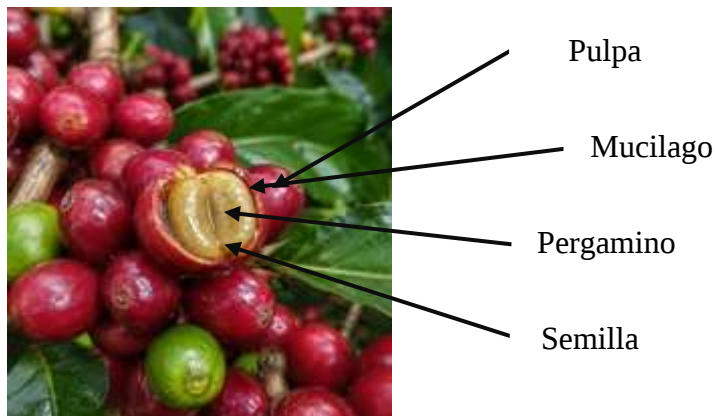
b) Tipos de café

En la región de Junín, especialmente en la zona cafetalera de Pichanaki, se cultivan principalmente cafés de la especie *Coffea arabica*, reconocidos por su alta calidad y perfil aromático. Entre las variedades más representativas destacan Typica, Caturra, Bourbon, Catimor y Pache, las cuales se adaptan favorablemente a las condiciones climáticas y altitudes de la selva central del Perú (Juárez et al., 2021).

c) Partes del café

Figura 1

Partes del grano de café



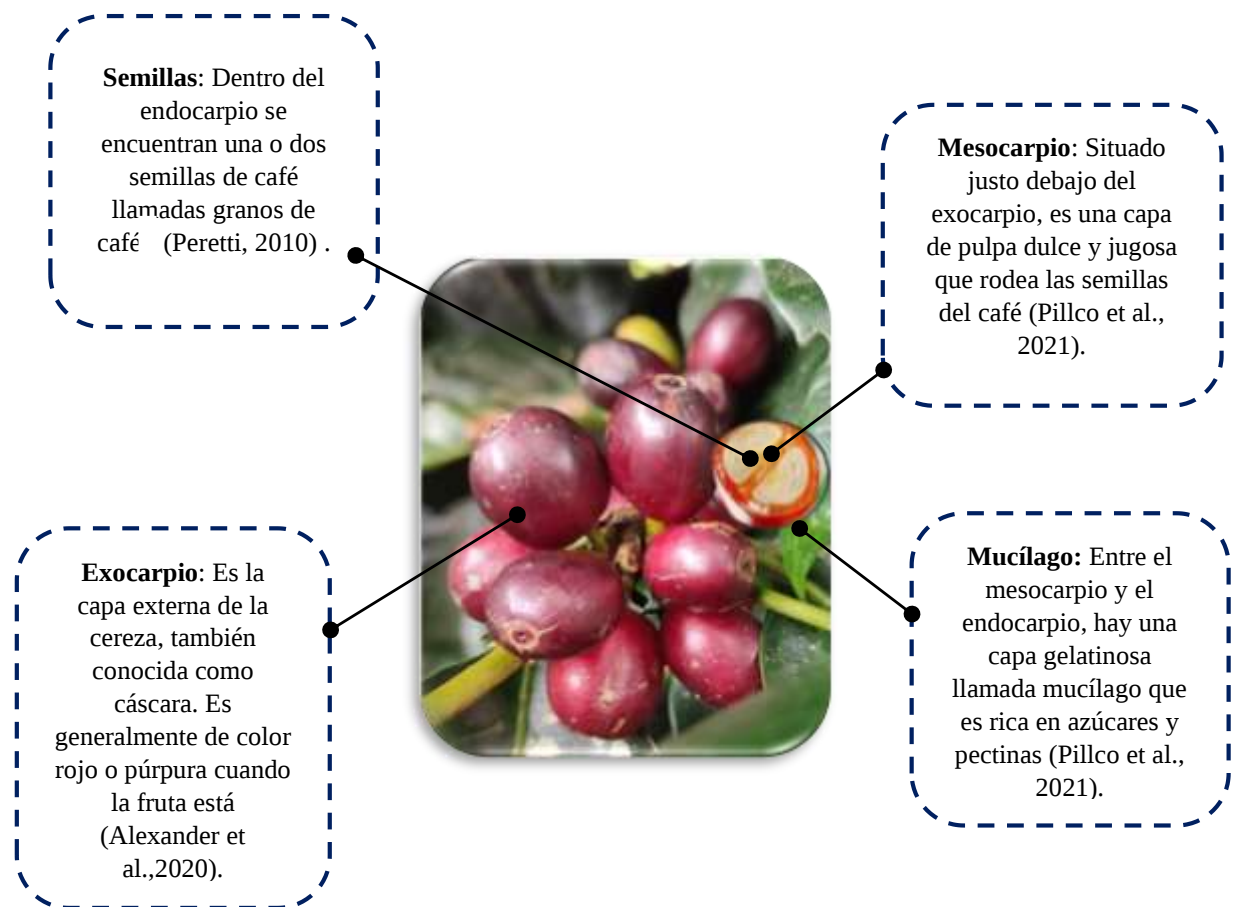
Fuente: Adaptado de Juárez et al. (2021).

d) Cerezo del café arábica

El cerezo del café arábica es el fruto de la planta *Coffea arabica*. En su interior se encuentran las semillas que luego se convierten en granos de café. Tiene forma redondeada y al madurar adquiere un color rojo intenso similar al de una cereza, de donde proviene su nombre (Pillco et al., 2021). Además, el grado de madurez del cerezo al momento de la cosecha influye directamente en la calidad del café, determinando características sensoriales como el aroma, el sabor y la acidez de la bebida .

Figura 2

Partes del cerezo del café arábica



El cultivo de café constituye una actividad de gran importancia económica y social en diversas regiones productoras, debido a que participa de manera significativa en la generación de empleo y en la obtención de ingresos para las familias dedicadas a esta actividad. En la provincia de Pichanaki, la producción cafetalera representa una de las principales fuentes de sustento para la población rural, contribuyendo al desarrollo de la economía local mediante la producción y comercialización de este cultivo. Asimismo, el café producido en esta zona es reconocido por su calidad, la cual se encuentra asociada a sus características organolépticas, tales como aroma, sabor, acidez y cuerpo. Estas características son favorecidas por las condiciones climáticas y geográficas propias de la provincia, incluyendo factores como la temperatura, la precipitación, la altitud y las características del suelo, que influyen en el desarrollo del cultivo y en la obtención de granos con atributos diferenciados y apreciados en el mercado (Fernández et al., 2020).

Tabla 1*Superficies de cosecha de granos de café 2020-2022 (hectáreas)*

Departamento	Superficie Instalada			Superficie cosechada		
	2020	2021	2022 a/	2020	2021	2022 a/
Total nacional	463 870	459 216	460 114	430 820	427 433	423 854
Junín	94 382	92 070	90 226	90 398	89 490	87 905
San Martín	86 217	85 348	86 107	77 248	74 373	74 354
Cajamarca	73 766	74 057	74 028	65 691	69 523	69 309
Cusco	63 262	63 266	63 266	58 765	58 662	58 023
Amazonas	61 631	61 648	62 342	58 216	55 245	56 567
Total principales Dptos	379 257	376 388	375 969	350 318	347 293	346 157
Participación de los principales Dptos (%)	82%	82%	82%	81%	81%	82%
Otros Dptos	84 612	82 827	84 145	80 502	80 140	77 697

Fuente: Adaptado de (MIDAGRI, 2021).

Según el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI, 2021), se observan comportamientos distintos de la superficie instalada y cosechada de granos de café en hectáreas en Perú, abarcando los años 2020, 2021 y 2022. A nivel nacional, la superficie instalada se mantuvo relativamente estable, pasando de 463 870 hectáreas en 2020 a 460 114 hectáreas en 2022. Sin embargo, la superficie cosechada disminuyó de 430 820 hectáreas en 2020 a 423 854 hectáreas en 2022. Los departamentos principales de producción representan el 82 % del total de la superficie de café, mostrando una ligera reducción en la superficie cosechada, pero estabilidad en la superficie instalada. Esta diferencia entre la superficie instalada y la superficie efectivamente cosechada podría estar asociada a factores climáticos, fitosanitarios y de manejo agronómico que limitan el aprovechamiento total de las áreas cultivadas. Asimismo, la estabilidad de la superficie instalada evidencia la importancia económica y social del cultivo del café para los productores, especialmente en las principales regiones cafetaleras del país.

En detalle, Junín y San Martín registraron disminuciones tanto en la superficie instalada como en la cosechada, mientras que Cajamarca y Amazonas mostraron un ligero incremento en la superficie cosechada. Cusco mantuvo su superficie instalada constante, con una pequeña disminución en la superficie cosechada. A pesar de estas variaciones, los principales departamentos han mantenido su predominio en la producción nacional, reflejando una capacidad de producción significativa y una ligera tendencia hacia la estabilidad en el sector cafetalero peruano (MIDAGRI, 2021).

Tabla 2*Producción de café orgánico y total 2020-2022 (toneladas)*

Departamento	Producción Orgánica 2020 (t)	Producción Orgánica 2021 (t)	Producción Orgánica 2022 (t)	Producción Total 2020 (t)	Producción Total 2021 (t)	Producción Total 2022 (t)
Total nacional	112 296	12 7931	113 089	353 206	365 221	352 645
Cajamarca	43 654	51 692	52 873	71 793	76 758	76 821
Junín	32 585	35 191	23 881	72 335	68 463	65 951
San Martín	15 684	11 866	13 942	82 809	77 994	69 778
Amazonas	11 683	14 701	13 081	44 991	51 087	53 941
Cusco	3 438	3 110	2 184	2 7627	26 265	27 662
Principales departamentos participaciones principales Dptos	107 045	116 561	105 961	299 555	300,566	294 153
Otros Dptos	95%	91%	94%	85%	82%	83%
	5251	11370	7128	53 651	64 655	58 492

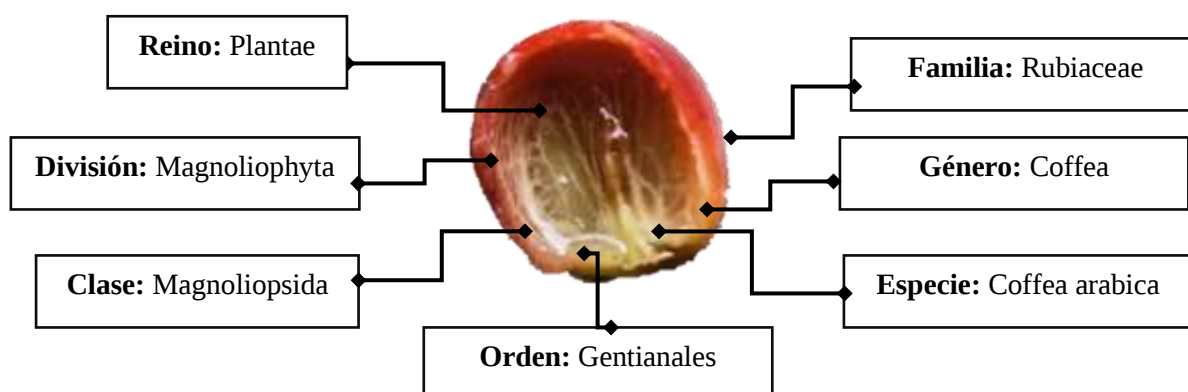
Fuente: Adaptado de MIDAGRI, 2021.

Al observar con más detalle los datos por departamento, se aprecia lo siguiente: Cajamarca es el líder en producción orgánica, aumentando de 43 654 toneladas en 2020 a 52 873 toneladas en 2022, lo que representa el 68,8% de su producción total en 2022, Junín, sin embargo, muestra una disminución significativa en la producción orgánica, de 35 191 toneladas en 2021 a 23 881 toneladas en 2022, San Martín y Amazonas también registran una ligera recuperación en 2022 después de una disminución en 2021, La participación de la producción orgánica respecto a la total es variable, destacando Cajamarca con la mayor proporción en 2022, mientras que Cusco muestra una proporción mucho menor de producción orgánica respecto a su producción total (MIDAGRI, 2021).

En cuanto a la evolución de la superficie destinada al cultivo de café, los departamentos de Junín y San Martín presentaron una disminución tanto en la superficie instalada como en la cosechada. Por otro lado, Cajamarca y Amazonas registraron un ligero incremento en la superficie cosechada, mientras que en Cusco la superficie instalada se mantuvo relativamente estable, aunque se observó una leve reducción en la superficie cosechada. A pesar de estas variaciones, las principales regiones productoras continuaron concentrando una participación significativa en la producción nacional de café, lo que evidencia su importancia dentro del sector cafetalero peruano y una tendencia hacia la estabilidad de la capacidad productiva del cultivo (MIDAGRI, 2021).

Figura 3

Taxonomía del café arábica



Fuente: Adaptado de Labouisset al. (1990).

b) Residuo del Café

Los residuos del café incluyen varios subproductos generados durante el procesamiento del grano, tales como la pulpa, la cáscara y el mucílago. La pulpa de café, que representa el mayor porcentaje de los residuos generados, es rica en materia orgánica y nutrientes, incluyendo carbohidratos, proteínas y minerales esenciales (Terán et al., 2023). Sin embargo, la gestión inadecuada de estos residuos puede generar problemas ambientales significativos. La pulpa de café es altamente perecedera y puede liberar compuestos tóxicos y contaminantes si se deja acumular en grandes cantidades sin tratamiento adecuado (Lee et al., 2023).

Entre los subproductos generados por el café, la cáscara destaca por su riqueza en fibra y la presencia de compuestos bioactivos. Estas características la convierten en una materia prima versátil, apta para procesos como la fermentación y la pirólisis, tecnologías que permiten obtener energía limpia y fabricar materiales biodegradables de manera sostenible (Bitra et al., 2009). Por otro lado, la cáscara de café puede aprovecharse como suplemento en la dieta del ganado, representando una opción más sostenible y nutritiva en comparación con los insumos tradicionales (Alhogbi, 2017).

Durante el proceso húmedo del café, se desprende una sustancia pegajosa que envuelve al grano, conocida como mucílago. Este subproducto aparece en grandes cantidades y, debido a su contenido de azúcares y materia orgánica, resulta bastante útil para producir biogás mediante digestión anaeróbica (Duque et al., 2020). El mucílago que se obtiene

al procesar el café, lejos de ser un simple desecho, tiene un valor que muchos están empezando a aprovechar. Puede transformarse en una fuente de energía renovable que ayuda a las plantaciones a cubrir parte de sus necesidades, disminuyendo el uso de combustibles fósiles. Además, con un buen manejo, este residuo también sirve para elaborar productos como vinagre o bebidas fermentadas, creando nuevas alternativas que los caficultores pueden llevar al mercado (Víctor et al., 2020).

Tabla 3

Composición del residuo de café

Componente	Café (%)	Autores
Celulosa	30-35	Coura et al. (2024)
Hemicelulosa	20-25	Ballesteros et al. (2014)
Lignina	20-25	Musatto et al. (2011)
Proteínas	10-15	Castaldo et al. (2018)
Extractivos	Ácidos fenólicos, cafeína, aceites, grasas	Cangussu et al. (2021)

2.2.2. Maíz

a) Generalidades

El cultivo de maíz (*Zea mays*) comprende diversas etapas, desde la siembra hasta la cosecha y el procesamiento, las cuales generan una cantidad considerable de residuos agrícolas, tales como tallos, hojas, olotes y otros subproductos. Cuando estos residuos no reciben un manejo adecuado, pueden acumularse en el entorno y generar impactos negativos sobre el medio ambiente, afectando la calidad del suelo y contribuyendo a la generación de desechos agrícolas (Maza et al., 2021). Sin embargo, estos subproductos poseen características que permiten su aprovechamiento en diferentes aplicaciones industriales, constituyendo una fuente renovable de materia prima. En este sentido, diversos estudios han señalado su potencial para la elaboración de materiales biodegradables, debido a su composición rica en compuestos lignocelulósicos y otros biopolímeros. El aprovechamiento de estos residuos no solo contribuye a reducir la cantidad de desechos generados por la actividad agrícola, sino que también promueve el uso eficiente de los recursos disponibles, favoreciendo el desarrollo de alternativas sostenibles acordes con los principios de la economía circular y la protección ambiental (Isikgor et al., 2015).

Figura 4

Partes del grano del maíz

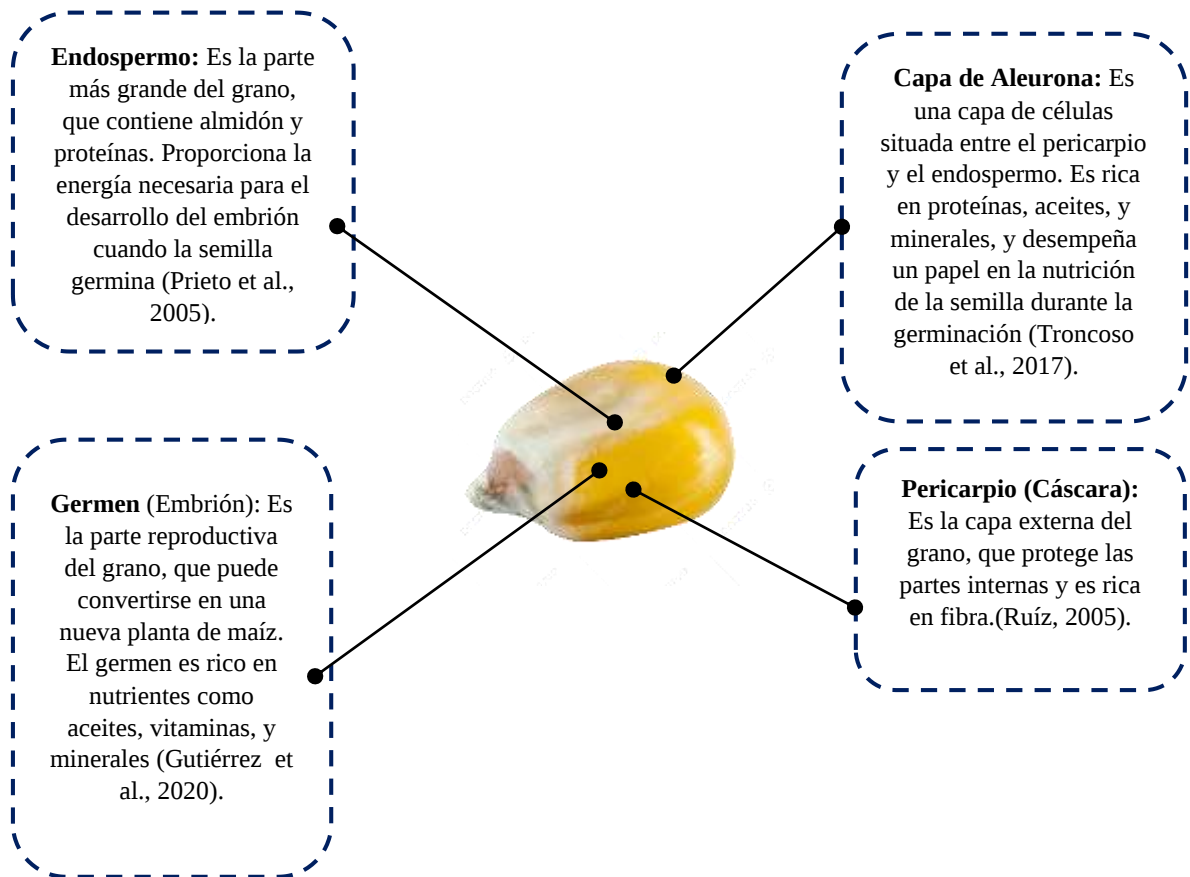
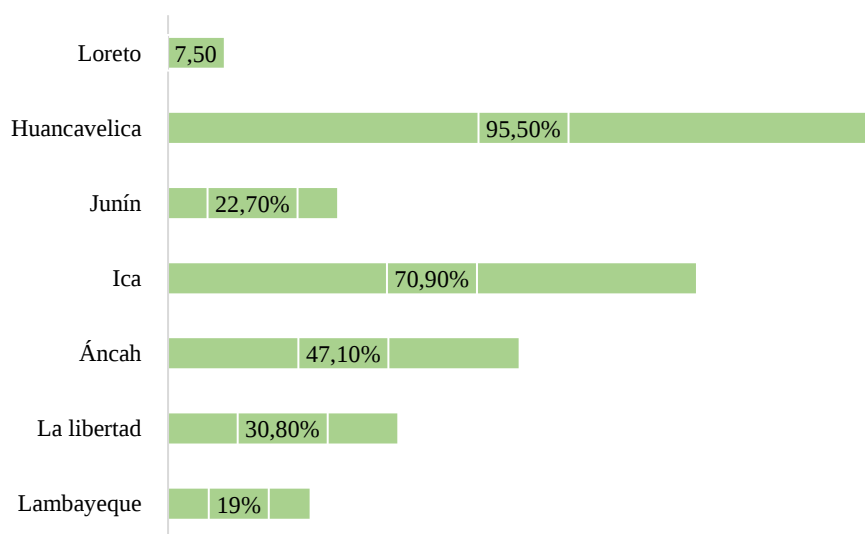


Figura 5

Producción del maíz según departamentos

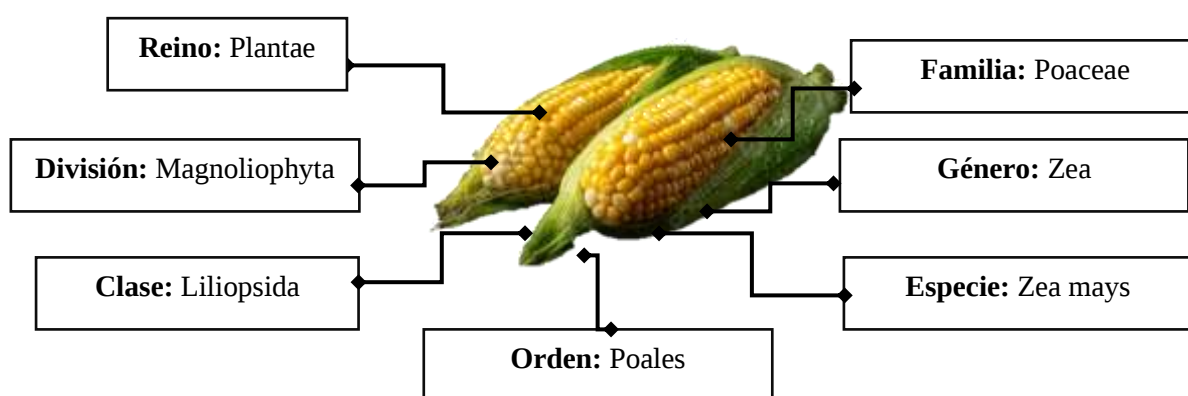


Fuente: Adaptado de MIDAGRI (2021).

La figura 5 muestra una variabilidad significativa en la participación del maíz amarillo duro a nivel regional. El mayor porcentaje corresponde a Huancavelica (95,5 %), seguido por Ica (70,9 %), lo que evidencia una alta representatividad de este cultivo en dichas regiones. Áncash (47,1 %) y La Libertad (30,8 %) presentan valores intermedios, mientras que Junín (22,7 %) y Lambayeque (19,0 %) registran participaciones menores. Finalmente, Loreto (7,5 %) muestra la menor participación, indicando una presencia limitada del maíz amarillo duro en esta región (MIDAGRI, 2021).

Figura 6

Taxonomía del maíz (Zea mays)



Fuente: Adaptado de Reid et al. (1990).

b) Residuo del maíz

Los residuos del maíz incluyen una variedad de subproductos que se generan durante su cultivo y procesamiento. Donde esto son las hojas, los tallos, las mazorcas y las cáscaras (Briones et al., 2020). Estos subproductos contienen altos niveles de hemicelulosa, celulosa y lignina, componentes esenciales en la producción de bioplásticos y otros materiales biodegradables. Las hojas y los tallos del maíz son residuos abundantes que se generan durante la cosecha (Cesar et al., 2018).

Las hojas y tallos del maíz son residuos abundantes que se generan durante la cosecha, Estos materiales son ricos en fibras y tienen un alto contenido de celulosa, lo que los hace aptos para su uso en la producción de papel, cartón y bioplásticos (Obando et al., 2022). Según Luo et al. (2017), menciona que la transformación de estos residuos en biocomposites puede reducir significativamente la dependencia de materiales derivados del petróleo y proporcionar una alternativa sostenible para la industria del embalaje.

Después de retirar los granos, las mazorcas de maíz quedan como un subproducto que ocupa bastante espacio. Este material, que tiene una gran cantidad de hemicelulosa y

celulosa puede emplearse para fabricar biocombustibles como el etanol, además de la generación de bioplásticos (Briones et al., 2020). Luna et al. (2023) han investigado el uso de las mazorcas de maíz como relleno en compuestos, lo que representa una alternativa eficaz para aprovechar este residuo agrícola.

No obstante, se pueden utilizar las cáscaras de maíz para producir materiales biodegradables, como bioplásticos, a través de procedimientos que extraen y emplean su lignina y celulosa. Además, se pueden convertir en fibras útiles para la fabricación de textiles ecológicos, contribuyendo de esta manera a reducir los desechos y promover la producción sustentable (Hernández et al., 2023).

El uso de los desechos del maíz no solo contribuye a proteger el entorno al reducir los residuos agrícolas, sino que también genera nuevas posibilidades económicas para los agricultores, dado que les facilita la generación de ingresos adicionales y promueve la economía circular (González et al., 2014). Transformar estos residuos en productos de valor como bioplásticos y biocombustibles mejora la gestión de los desechos y fomenta prácticas agrícolas más sostenibles y eficientes (Ratna et al., 2022).

Tabla 4

Composición del residuo de maíz

Componente	Maíz (%)	Autores
Celulosa	32-40	De Mattos et al. (2019)
Hemicelulosa	19-25	De Mattos et al. (2019)
Lignina	6-Dic	Gillet et al. (2017)
Proteínas	14- 17	Corrêa et al. (2021)
Extractivos	Solubles en agua(azúcares, compuestos fenólicos)	Barbosa et al. (2022)

La tabla 4 presenta la composición del maíz, indicando el porcentaje de cada uno de sus componentes principales. La celulosa (32–40%) y la hemicelulosa (19–25%) forman la estructura de la pared celular del grano. La lignina (6–12%) aporta firmeza y protección a la planta. Las proteínas (7–10%) son fundamentales para su valor nutritivo. Finalmente, los extractivos solubles en agua y los compuestos fenólicos, aunque se encuentran en menor cantidad, influyen en el sabor, color y propiedades antioxidantes del maíz.

2.2.3. Técnicas de elaboración de envases biodegradables

Las técnicas de elaboración de envases biodegradables comprenden procesos como el moldeo por compresión, la extrusión, el moldeo por inyección, el soplado, el termoformado, el recubrimiento y el prensado, los cuales permiten obtener envases con propiedades adecuadas de forma, resistencia y biodegradabilidad. Estos procedimientos aplican calor, presión o aire para moldear el material y, en algunos casos, incluyen etapas de secado o recubrimiento que mejoran sus características funcionales y de barrera (Hernández et al., 2023). En conjunto, estas técnicas buscan optimizar la calidad del producto final y promover una producción más sostenible y respetuosa con el medio ambiente (Nair et al., 2013).

Tabla 5

Características mecánicas y de degradación de materiales bioplásticos proveniente de residuo de café

Autor		Tipo de Residuo	Material	Dureza (Shore D/Vickers)	Biodegradabilidad	Elasticidad (Elongación a la rotura %)
Duan et al. (2024)		Café	PLA/20%TCHF	85,05	20 días en suelo, muestra degradación uniforme	5,18
Gaidukova et al. (2021)		Café	PBS/20%SCG	52	25 días en compost, desintegración uniforme	4,07
Gaidukova et al. (2021)		Café	PBS/40%SCG	83	15 días en compost, desintegración uniforme	3,27
Gaidukova et al. (2021)		Café	PBS/60%SCG	93	10 días en compost, desintegración uniforme	7,10
Ortiz-Barajas et al. (2020)		Maíz	Corn Stover Bioplastic (S4,4)	Media a Alta	30 minutos en agua, muestra desintegración significativa	Alta elasticidad, rebote significativo

a) Moldeo por compresión

La técnica de moldeo por compresión se utiliza ampliamente en la elaboración de bioplásticos a partir de desechos agrícolas. Este proceso consiste en aplicar calor y presión para conformar los materiales dentro de un molde, logrando productos con buena resistencia mecánica y uniformidad estructural. Esta técnica ha sido aplicada exitosamente en la producción de biocompuestos reforzados con cascarilla de café y fibra de maíz (Hernández y Medina, 2023).

En esta investigación se optó por esta técnica porque permite obtener envases biodegradables con adecuada compactación, textura homogénea y un proceso de

fabricación controlado y eficiente, optimizando tanto las propiedades físicas del producto final como la sostenibilidad del procedimiento.

Figura 7

Partes del moldeo por comprensión



Fuente : Adaptado de Espina et al. (2016).

b) Extrusión

La extrusión es una técnica que implica forzar el material a través de una matriz para formar productos continuos, como láminas o películas. Este proceso es ideal para crear envases biodegradables a partir de almidón de maíz y residuos de café, ya que permite la incorporación de aditivos y plastificantes para mejorar las propiedades mecánicas y de barrera de los bioplásticos. Los estudios han demostrado que la extrusión puede ser utilizada para producir películas de almidón reforzadas con cascarilla de café, mejorando así su resistencia y flexibilidad (Jiménez-Rosado et al., 2019).

c) Casting de Solución

El casting de solución es una técnica de laboratorio para preparar películas delgadas de biopolímeros disolviendo los materiales en un solvente y luego vertiendo la solución en un molde para dejarla secar (Hernández et al., 2023). Esta técnica es simple y eficiente para desarrollar biopelículas a partir de residuos de café y maíz. Se ha utilizado para crear películas biodegradables a partir de celulosa extraída de residuos de café y almidón de maíz, que muestran buenas propiedades de barrera y biodegradabilidad (Kim et al., 2022).

2.2.4. Envases Biodegradables

a) Definición

Los envases biodegradables son recipientes diseñados para proteger y contener productos, elaborados con materiales que pueden descomponerse naturalmente mediante la acción de microorganismos. Durante su degradación, se transforman en compuestos simples como agua, dióxido de carbono y biomasa. Este tipo de envase no genera residuos tóxicos y contribuye a reducir la contaminación ambiental (Narancic et al., 2020).

b) Tipos de envases biodegradables

- **Envases de origen natural:** Los envases de origen natural son aquellos elaborados a partir de materias primas provenientes directamente de recursos biológicos, como plantas, almidones, celulosa, aceites o proteínas naturales. Estos materiales permiten fabricar envases que pueden reintegrarse al medio ambiente sin generar contaminación (Ababsa et al., 2020).
- **Envases de bioplásticos:** Los envases de bioplásticos son aquellos fabricados a partir de polímeros de origen biológico, es decir, obtenidos de fuentes renovables como almidón, celulosa, aceites vegetales o ácido poliláctico (PLA). Estos envases pueden ser biodegradables o compostables, según su composición y condiciones de descomposición (Narancic et al., 2020).

c) Elaboración de los envases biodegradables

La elaboración de envases biodegradables implica una serie de etapas orientadas a obtener productos sostenibles y funcionales. Primero, se seleccionan y preparan las materias primas de origen natural o biopolimérico mediante procesos de secado, molienda y homogenización (Nair et al., 2013). Luego, se realiza la mezcla y formulación de los componentes para lograr una masa uniforme con propiedades adecuadas. Posteriormente, se aplica una técnica de conformado, como el moldeo por compresión, extrusión o termoformado, donde el material se somete a calor y presión para adquirir la forma del envase.

Los residuos de maíz (*Zea mays*) y café han demostrado una notable capacidad de biodegradación, haciéndolos materiales prometedores para la fabricación de envases biodegradables. En un estudio, las plantas de maíz mostraron una pérdida de peso del 26,6% en 30 días debido al crecimiento del hongo *Pleurotus ostreatus*, indicando una

alta biodegradabilidad (Ponce et al., 2023). Estos residuos pueden utilizarse en procesos industriales que se favorezcan de su habilidad para desintegrarse rápidamente y de forma eficaz.

Para optimizar estas restricciones, se han experimentado diversas soluciones, entre las que se incluyen la incorporación de nanopartículas y compuestos antimicrobianos. A raíz de estas modificaciones, en la actualidad se pueden adquirir recipientes más robustos y con funciones específicas, ideales para conservar los alimentos en condiciones óptimas (Perera et al., 2023). Además, se ha desarrollado un nuevo material denominado CornWall, el cual se elabora utilizando mazorcas de maíz molidas. Este artículo se utiliza como revestimiento para paredes y posee la ventaja de ser completamente reciclable y biodegradable. Es aconsejable que su producción se lleve a cabo utilizando energía solar, proporcionando de esta manera una opción sostenible para la construcción. Así, contribuye a promover la economía circular y a disminuir el desperdicio (Souza, 2023).

Estos componentes tienen una composición rica en fibra lignocelulósica, lo que contribuye a su alta biodegradabilidad. La composición típica incluye: celulosa (32-40%), hemicelulosa (19-25%) y lignina (6-12%), además de proteínas, extractivos solubles en agua (azúcares y compuestos fenólicos) y cenizas. Estos componentes hacen que los residuos de maíz sean adecuados para procesos de compostaje y producción de biocombustibles debido a su alto contenido de celulosa y hemicelulosa, que son fácilmente descomponibles por microorganismos (Inyang et al., 2022).

Por su parte, los residuos de café incluyen posos de café y cáscaras de café. Estos residuos son ricos en nutrientes y compuestos orgánicos, lo que los hace altamente biodegradables. La composición típica incluye: celulosa (30-35%), hemicelulosa (20-25%) y lignina (20-25%), además de proteínas (10-15%), extractivos solubles (ácidos fenólicos, cafeína), aceites y grasas, y cenizas. La cáscara de café contiene una alta cantidad de compuestos fenólicos, que pueden actuar como inhibidores en algunos procesos de biodegradación si no se manejan adecuadamente. Sin embargo, estos residuos son valiosos para la producción de compost, biogás y otros productos debido a su rico contenido orgánico (Hernández y Medina, 2023; Mujtaba et al., 2023).

La investigación se orienta en la fabricación de envases biodegradable utilizando residuos agrícolas de maíz y café. Se recolectan granos de maíz no aptos para el

consumo y cáscaras de café, los cuales se procesan para extraer almidón, fibras de celulosa y lignina, respectivamente. Estos componentes se mezclan con plastificantes naturales para formar una masa homogénea mediante extrusión. Posteriormente, la mezcla se moldea en forma de platos y se somete a pruebas de resistencia mecánica, impermeabilidad y biodegradabilidad.

2.2.5. Normas técnicas para bioplásticos

Las normativas técnicas que se rigen para los bioplásticos establecen criterios que deben cumplir para ser reconocidos como biodegradables y compostables. Los factores que se examinan incluyen la capacidad de descomposición, la utilización de materiales reciclados y la seguridad en su contacto con alimentos. Una ilustración de este tipo de reglamentaciones es la ASTM D6400, la cual define los requisitos para los plásticos que serán compostados en instalaciones municipales o industriales. Esta normativa aspira a que los plásticos se degraden a un ritmo similar al de otros productos compostables, garantizando que el compost final sea seguro para su uso en el sector agrícola (ASTM International, 2021).

En el Perú, la Norma Técnica Peruana NTP 901.013 establece los requisitos que deben cumplir los materiales y productos plásticos para ser clasificados como biodegradables. Esta normativa tiene como finalidad promover el uso de bioplásticos y garantizar que su proceso de degradación se realice de manera adecuada, contribuyendo a la reducción del impacto ambiental asociado a los residuos plásticos y al fortalecimiento de prácticas de producción y consumo sostenibles (INACAL, 2021). Asimismo, la implementación de esta norma favorece la armonización con estándares internacionales, facilitando el cumplimiento de criterios de calidad y sostenibilidad exigidos en mercados externos. En consecuencia, su aplicación contribuye a mejorar la competitividad de los bioplásticos producidos en el país y fomenta el desarrollo de alternativas más amigables con el medio ambiente.

a) Perú

En Perú, la regulación de los bioplásticos está relacionada con la gestión sostenible de residuos y la valorización de materiales biodegradables. En este contexto, la NTP 900.058-2018 establece lineamientos para la gestión de residuos orgánicos y el compostaje, mientras que la NTP 901.013 define los requisitos que deben cumplir los materiales plásticos para ser considerados biodegradables y

compostables, promoviendo así alternativas más sostenibles para la reducción del impacto ambiental de los residuos plásticos (INACAL, 2021).

b) Norma ASTM D6400

La norma ASTM D6400 sirve como guía para comprobar si los plásticos pueden descomponerse correctamente en plantas de compostaje municipales o industriales. Esta norma señala qué requisitos deben cumplir, como el tiempo de degradación y el porcentaje mínimo que deben alcanzar. Según esta regulación, un plástico debe biodegradarse en al menos un 90% dentro de 180 días, siempre que se someta a condiciones controladas de compostaje industrial (ASTM International, 2021).

Tabla 6

Diferencias en los porcentajes de degradación

Países	Norma	Porcentaje de degradación
Colombia	ICONTEC 5966:2014	≥ 90% en 180 días
Bolivia	Normativa en desarrollo	No especificada
Perú	Ley N° 30884, DS N° 013-2019-MINAM	≥ 60% en 180 días

2.3. Definición de términos básicos

- 2.3.1. **Biodegradabilidad:** Capacidad de los materiales de descomponerse naturalmente por acción de microorganismos, minimizando su impacto ambiental (Castañeda et al., 2022).
- 2.3.2. **Compostaje:** Transformación regulada de desechos orgánicos que genera humus y contribuye al enriquecimiento del suelo (Campos, 2023).
- 2.3.3. **Envases biodegradables:** Contenedores fabricados a partir de materiales que se descomponen rápidamente, reduciendo la acumulación de residuos (Bilo et al., 2018).
- 2.3.4. **Residuos plásticos:** Desechos derivados de productos plásticos que presentan desafíos de gestión debido a su lenta degradación (CEPAL, 2021).
- 2.3.5. **Residuos agrícolas:** Desperdicios generados por actividades agropecuarias, como tallos y cáscaras, que pueden ser reutilizados para producir bioplásticos (Campos, 2023).
- 2.3.6. **Residuo de café:** El residuo de café es el subproducto sólido generado tras la preparación o procesamiento del grano (Kumar et al, 2018).

2.3.7. Residuo de maíz: El residuo de maíz es el material sobrante del cultivo o procesamiento del grano, compuesto principalmente por tallos, hojas y tusa (Briones et al., 2020).

2.3.8. Microplástico: Los microplásticos son partículas de plástico menores a 5 mm que provienen de la fragmentación de residuos plásticos o se producen directamente en tamaños reducidos (Gutiérrez et al., 2020).

III. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y nivel de investigación

El tipo de investigación adoptado en este estudio es aplicado, ya que busca resolver un problema específico mediante la elaboración de bandejas biodegradables a partir de residuos de café y maíz. Según Lozada (2014), este tipo de investigación se orienta a la solución de problemas concretos y a la aplicación práctica de sus resultados. Asimismo, el estudio presenta un enfoque explicativo, debido a que pretende analizar la influencia de los residuos de café y maíz en la fabricación de envases biodegradables, permitiendo comprender las condiciones en las que se produce este fenómeno (Ramos, 2020).

3.2. Diseño de investigación

El diseño de investigación adoptado es experimental, ya que permite establecer relaciones de causalidad entre las proporciones de los materiales y las características de los envases (Ramos, 2020). Para ello, se elaborarán diferentes combinaciones de residuos de café y maíz y se evaluarán sus propiedades, con el fin de determinar la influencia de cada proporción y optimizar la formulación de envases biodegradables.

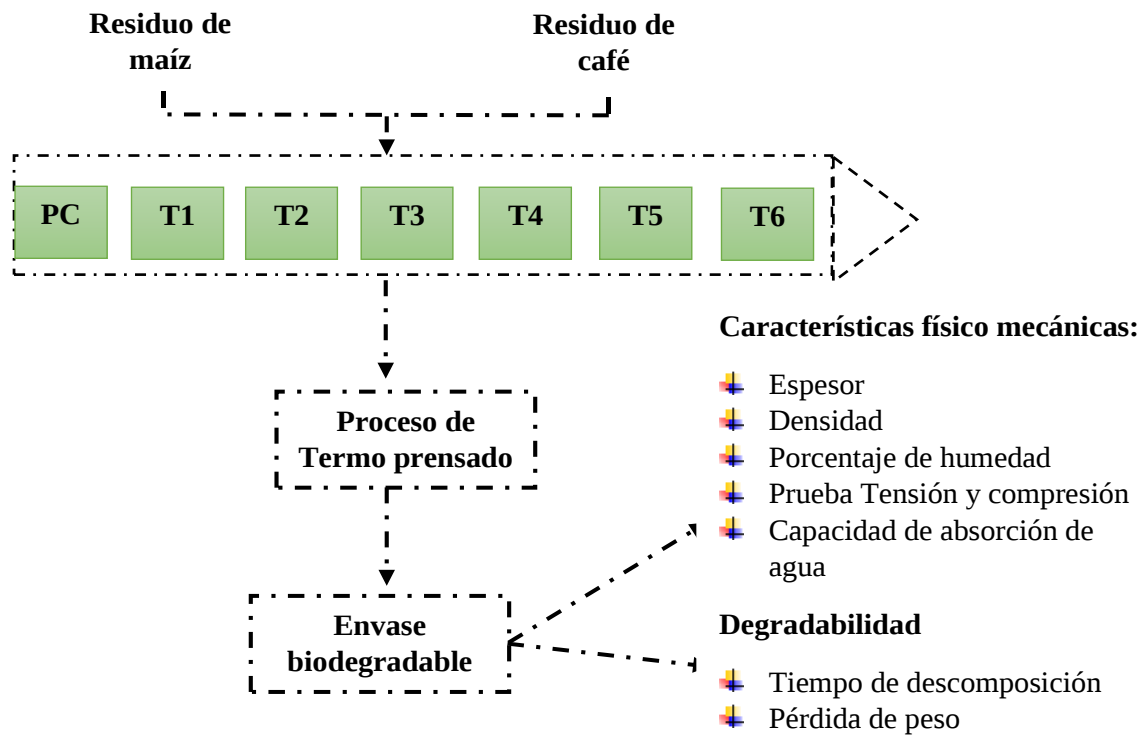
Tabla 7

Formulación de los envases biodegradables

TRATAMIENTOS	Residuo de maíz (%)	Residuo de Café (%)
PC	100	0
T1	95	5
T2	90	10
T3	85	15
T4	80	20
T5	75	25
T6	70	30

Figura 8

Esquema del proceso experimental



3.3. Variables

3.3.1. Variable independiente

Para las variables independientes tomamos como base los procesos necesarios para la elaboración del envase biodegradable:

- ❖ Residuo de café
- ❖ Residuo de maíz

3.3.2. Variable dependiente

Para las variables dependientes tomamos en consideración a la naturaleza experimental de la investigación presente siendo así presente:

- ❖ Características físico-mecánicas
- ❖ Degradación

3.4. Operacionalización de variables

Tabla 8

Operacionalización de variables independiente y dependiente

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Técnica	Instrumento	Escala de medición
Variable independiente							
Residuo de café	Desperdicios generados por la producción y consumo de café, incluyendo cáscaras y posos, ricos en nutrientes y compuestos orgánicos (Kumar et al., 2018).	Uso de residuos de café como materia prima en la fabricación de envases biodegradables.	Fibra de café	Porcentaje de fibra de café (%)	Método analítico	Balanza analítica	Razón
				Porcentaje de humedad (%)	Análisis de humedad	Analizador de humedad	Razón
				Granulometría de la fibra	Análisis de Tamizado	Tamizador	Razón
Residuo de Maíz	Desperdicios generados por la cosecha de maíz, incluyendo tallos, hojas y mazorcas, ricos en fibra lignocelulósica (Briones et al., 2020).	Uso de residuos de maíz como materia prima en la fabricación de envases biodegradables.	Almidón de maíz	Porcentaje de almidón de maíz (um)	Método analítico	Balanza analítica	Razón
				Porcentaje de humedad (%)	Análisis de humedad	Analizador de humedad	Razón
				Granulometría del almidón (um)	Análisis de Tamizado	Tamizador	Razón
Variable dependiente							
			Espesor (mm)	Longitud	Observación	Vernier	Razón

Características físico-mecánicas	Son las propiedades físicas y mecánicas de un material que permiten evaluar su resistencia, estabilidad y funcionalidad mediante ensayos e instrumentos especializados (Narancic et al., 2020).	Son las propiedades físicas y mecánicas de la bandeja biodegradable que permiten evaluar su calidad, resistencia y funcionalidad.	Densidad (g/cm ³)	Masa /Volumen	Método analítico	Balanza de precisión y vernier	Razón
			Humedad (%)	Masa de agua	Observación	Analizador de humedad digital	Razón
			Capacidad de absorción de agua (g/g)	Masa de agua absorbida	Observación	Balanza de precisión	Razón
			Prueba de tensión y compresión (kg, Mpa, %, kg, mm)	Resistencia a la tensión y resistencia a la compresión	Ensayo de tracción y compresión	Analizador de textura TA. HD Plus	Razón
Degradación	Capacidad de un material para descomponerse de forma natural por la acción de microorganismos (Bilo et al., 2018).	Capacidad de la bandeja para degradarse, medida por la pérdida de masa durante el compostaje.	Tiempo (s/min)	Días transcurridos	Observación	Cronómetro	Razón
			Peso (g)	Pérdida de peso	Observación	Balanza de precisión	Razón

3.5. Población, muestra y muestreo

3.5.1. Población

La población estuvo conformada por los residuos agrícolas de café (*Coffea arabica* L.) y maíz (*Zea mays*) generados por los agricultores del distrito de Pichanaki, provincia de Chanchamayo, departamento de Junín.

3.5.2. Muestra

La muestra estuvo constituida por 10 kilogramos de residuos de café (mucilago) y 15 kilogramos de residuos de maíz (granos), recolectados directamente de parcelas agrícolas del distrito de Pichanaki.

3.5.3. Muestreo

El tipo de muestreo utilizado fue no probabilístico de tipo intencional o por conveniencia, debido a que la selección de los residuos se realizó considerando criterios específicos como disponibilidad, estado de los residuos, accesibilidad a los predios agrícolas y disposición de los productores para participar en el estudio.

Figura 9

Determinación de la población

Los residuos de café y maíz generados por los agricultores del distrito de Pichanaki, provincia de Chanchamayo, departamento de Junín.



PICHANAKI-CHANCHAMAYO-JUNIN



COORDENADAS GEOGRAFICAS

Altitud: 556 metros

Latitud: -10.9315

Longitud: -74.8753

Figura 10

Determinación de la muestra



3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La fabricación de envases biodegradables mediante termoprensado se llevó a cabo a través de diversas operaciones unitarias, las cuales se ilustran en la Figura 12, 13 y 14.

3.6.1. Determinación de la formula optima en el desarrollo de envases biodegradables

- **Método:** Termoprensado
- **Técnica:** Moldeado
- **Instrumento:** Hoja de registro (Elaboración del envase biodegradable a partir de residuos de café (*Coffea arabica* L.) y maíz (*Zea mays*)
- **Procedimiento:**

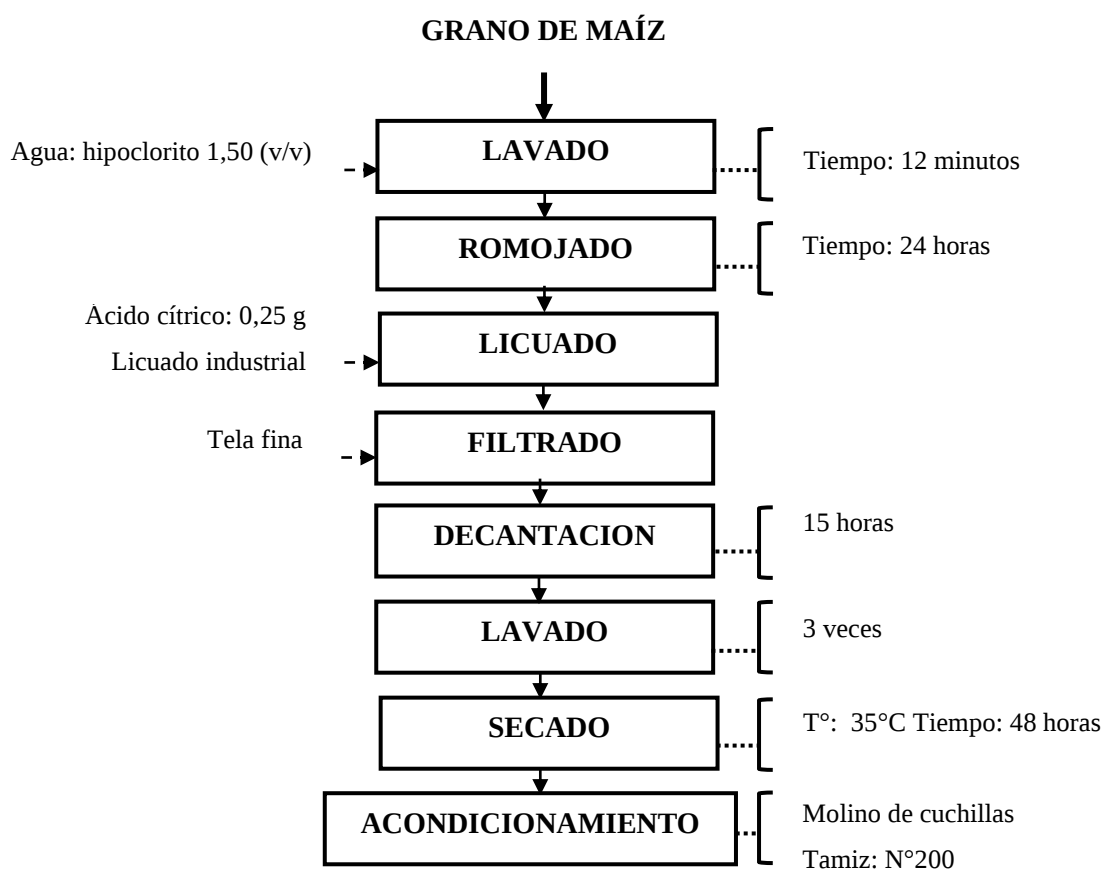
Etapla 1: Recolección de residuos (Maíz y café)

Se emplearon 15 kg de granos de maíz y 10 kg de cáscara de café, ambos provenientes del distrito de Pichanaki. Los granos de maíz fueron sometidos a un proceso de selección para identificar y clasificar aquellos con características no comerciales, los cuales fueron aprovechados en esta investigación. Luego se aplicó una solución de hipoclorito de sodio (1:50 v/v) para su limpieza y fueron almacenadas en refrigeración a 3 °C. Por su parte, el residuo de café fue recolectado y conservado bajo las mismas condiciones.

Etapla 2: Extracción de almidón del grano de maíz

Figura 11

Diagrama de flujo de la obtención del almidón de maíz



Siguiendo el enfoque planteado y adaptado de Dorrantes et al. (2024), se da descripción a los procedimientos.

- **Lavado:** El propósito del lavado del grano de maíz es eliminar residuos de materia extraña y contaminantes. Además, para reducir la presencia de microorganismos, se coloca el grano en hipoclorito de sodio diluido en agua en una proporción de 1,50

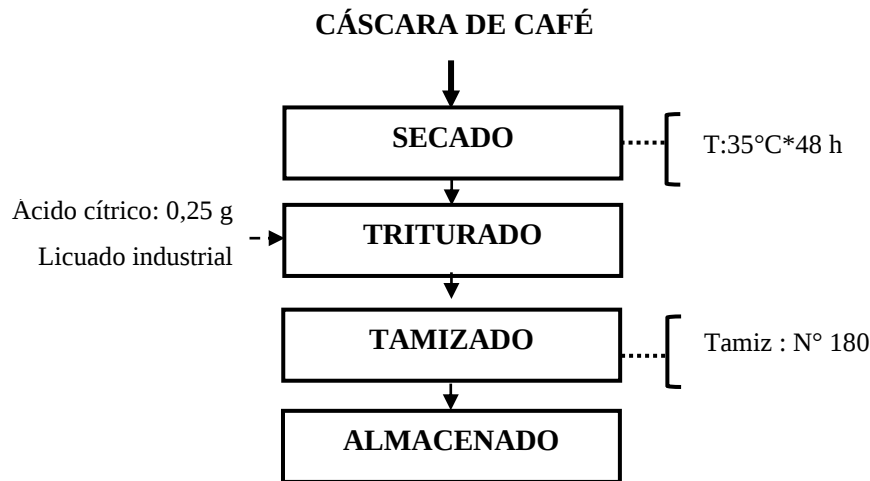
(v/v) durante 10 minutos, garantizando su adecuada desinfección antes de continuar con el proceso.

- **Selección de granos:** El grano de maíz se selecciona cuidadosamente para asegurar que solo los granos en buen estado sean utilizados.
- **Licuada:** El grano de maíz se mezcla con agua en partes iguales (1:1) y se le añade ácido cítrico (0,25 g por litro) para evitar que se ponga oscuro. Luego, la mezcla se licúa durante tres minutos a 500 revoluciones por minuto con una licuadora industrial metal mecánica agroindustria.
- **Filtrado:** Después de licuar, la mezcla se cuela con una tela fina para separar los restos sólidos y obtener la “lechada de almidón”.
- **Decantación:** A continuación, se deja reposar el líquido por unas 15 horas, hasta que el almidón se asiente en el fondo.
- **Lavado:** En este paso, se elimina el líquido superior del primer proceso de decantación y se lava el material precipitado con agua destilada, repitiendo el procedimiento tres veces. Este proceso es crucial para obtener un producto más blanco y libre de impurezas, como las partículas de fibra.
- **Secado:** Se elimina el líquido superior del decantado y el material sedimentado se transfiere a bandejas de plástico. Posteriormente, se seca en una estufa con circulación de aire forzado, marca Memmert (Alemania), considerando 35°C durante un período de 48 horas.
- **Acondicionamiento:** En la etapa final, el almidón obtenido se procesa en un molino de cuchillas marca GRT, modelo 500A(k), para que las partículas reduzcan su tamaño. Luego, se tamiza empleando un tamiz N°200 (serie TYLER) con una malla de 75 μm . Finalmente, el almidón se almacena a temperatura ambiente hasta su utilización posterior.

Etapa 3: Extracción de fibra de café

Figura 12

Diagrama de flujo de la obtención de la fibra de café



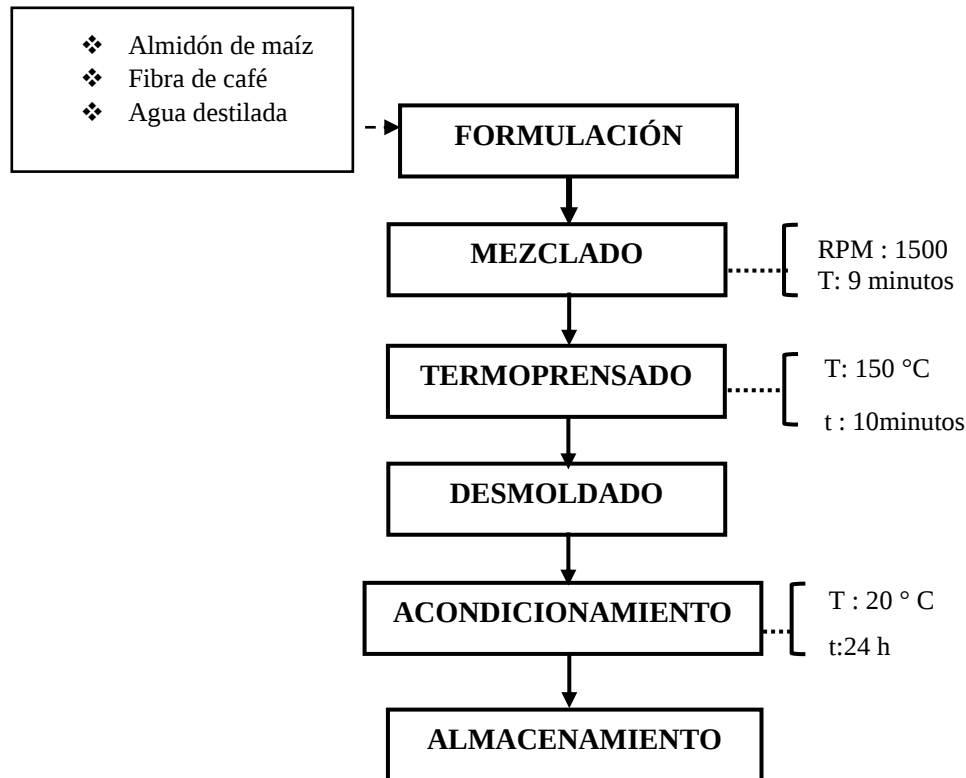
Amensisa et al. (2024), describe los pasos considerados para la extracción de la fibra de café de la siguiente manera:

- **Secado:** Las cáscaras son sometidas a un secado utilizando una estufa Universal Memmert modelo UF5PLU. La temperatura se ajusta a 35°C y el tiempo de secado es de 48 horas para garantizar que las cáscaras estén completamente secas y listas para su procesamiento.
- **Triturado:** Una vez secas, las cáscaras de café se trituran utilizando un molino GRT-20B, con el objetivo de reducir el tamaño de las partículas y facilitar la extracción de la fibra. El molino GRT-20B permite procesar las cáscaras de manera eficiente, logrando una textura más fina.
- **Tamizado:** Luego, se tamiza utilizando un tamizador N°180, lo cual permite separar las partículas finas.
- **Almacenamiento:** Finalmente, la fibra de café obtenida se almacena en un lugar adecuado para su conservación. Se mantiene en condiciones secas y ventiladas, garantizando que esté lista para su uso posterior.

Etapa 4: Formulación de los envases biodegradables

Figura 13

Diagrama de flujo de la elaboración de envases biodegradables



A continuación, se describen los pasos para obtener los envases, adaptando el método que realizaron Aboudan et al. (2017):

- **Recepción:** Se hace el uso del almidón de maíz y la fibra de café.
- **Mezcla:** Los componentes se combinan según las proporciones especificadas en la formulación de este proyecto.
- **Selección:** Se toma 70 g de la mezcla total.
- **Colocación:** La porción seleccionada se ubica en el centro del molde de teflón (27 cm x 20 cm, 3,0 mm de espesor), que se coloca en el equipo de termoprensado (RELES, Lima, Perú).
- **Termoprensado:** La máquina realiza el proceso de moldeo por compresión a 150°C durante 10 minutos, aplicando una presión de 60 bar.
- **Obtención del envase:** Se obtiene el producto final, que consiste en la bandeja biodegradable.

- **Desmoldado:** Se procede a desmoldar la bandeja mientras aún está caliente y luego se deja reposar hasta que alcanza la temperatura ambiente.
- **Almacenamiento:** Se envuelve en papel aluminio y se guarda a temperatura ambiente.

3.6.2. Determinación las características físico-mecánicas de los envases biodegradables

a. Espesor

Se utiliza el método indicado por Kahvand y Fasihi (2020), con algunas modificaciones. El grosor de los envases se mide con un calibrador Vernier y se registrará como el valor promedio de todas las mediciones realizadas para cada formulación.

- **Método:** Medición
- **Técnica:** Observación
- **Instrumento:** Calibrador Vernier digital

Figura 14

Calibrador Vernier digital



b. Densidad

Se calcula a partir de la masa (g) de cada producto obtenido y el volumen (cm³) de cada envase, utilizando tiras rectangulares de 100 mm x 20 mm (g/cm³) como referencia.

- **Método:** Gravimétrico
- **Técnica:** Analítica
- **Instrumento:** Balanza de precisión y Calibrador Vernier digital

Figura 15

Balanza de precisión



c. Porcentaje de humedad

Se utiliza un analizador de humedad para determinar la cantidad de agua en los envases.

- **Método:** Gravimétrico
- **Técnica:** Observación
- **Instrumento:** Analizador de humedad digital

Figura 16

Analizador de humedad digital



d. Capacidad de absorción de agua

Siguiendo el método Cobb detallado en la ABNT NBR NM ISO 535 descrito por Gabrielli (2025), se considera una muestra de 5 cm x 5 cm de cada formulación, la cual se pesará inicialmente como m_i . Luego, se sumerge en agua a 25°C durante 30 segundos y se pesa nuevamente como m_f . Finalmente, se elimina el exceso de líquido superficial antes de la medición final.

Capacidad de absorción de agua: $\frac{m_f - m_i}{m_i} * 100$

- **Método:** Cobb especificado en la ABNT NBR NM ISO 535
- **Técnica:** Observación
- **Instrumento:** Balanza de precisión

e. Prueba de tensión y compresión

Se realizó siguiendo el procedimiento establecido en el método ASTM D828 propuesto por Bergel et al. (2018), realizando modificaciones pequeñas, las pruebas mecánicas de tensión y compresión se realizaron mediante un analizador de textura TA.HD Plus (Stable Micro System, Surrey, UK) configurado con una célula de carga de 100 kg. Las pruebas de tensión se llevaron a cabo empleando probetas de 100 mm × 20 mm, con una distancia inicial de 15 mm entre los agarres y una velocidad de desplazamiento del cabezal de 0,5 mm/s.

- **Método:** M ASTM D828
- **Técnica:** Ensayo de tracción y compresión
- **Instrumento:** Analizador de textura TA.HD Plus

Figura 17

Analizador de textura TA.HD Plus



3.6.3. Determinación del tiempo de degradación de los envases biodegradables a partir de residuos de café (*Coffea arabica* L.) y maíz (*Zea mays*)

- **Método:** Gravimétrico
- **Técnica:** Observación
- **Instrumento:** Balanza de precisión
- **Procedimiento:**

En esta prueba, se registran los datos relacionados con la pérdida de masa y el estado visual de las muestras del material biodegradable, que se colocan en compost Clase A, a lo largo de un periodo de 2 meses.

Figura 18

Balanza de precisión



3.7. Métodos de análisis de datos

Se utilizó la metodología de Diseño Completamente al Azar (DCA), con el motivo de conocer si provoca efectos en la variable respuesta, la investigación utilizó 6 tratamientos con dosis de residuo de café (cascará) y maíz (granos), siendo las variables respuestas. Se considera el software Microsoft Excel 2013 para determinar el porcentaje de biodegradación de los envases biodegradables donde se generó la recopilación y tabulación mediante el software Minitab 18, determinando el análisis de varianza de un factor (ANOVA) para establecer si existen diferencias significativas entre las propiedades de los envases biodegradables elaborados con diferentes proporciones de residuos de café y maíz. Adicionalmente, se aplicó la prueba de Dunnett para comparar las medias, identificando cuáles formulaciones específicas presentan diferencias significativas en sus propiedades

fisicoquímicas y mecánicas. Esto permitió evaluar de manera robusta y objetiva la efectividad de las diferentes mezclas utilizadas en la fabricación de los envases biodegradable.

IV. RESULTADOS

4.1. Formulación del envase biodegradable

En la Tabla 9 se observan las formulaciones de los envases biodegradable elaborados con diversas cantidades de almidón de maíz y fibra de café, cuyo propósito fue optimizar las formulaciones para obtener bandejas con buena estabilidad en la conformación del envase.

Tabla 9

Formulaciones en la elaboración de envases biodegradables

Tratamiento	Código	Almidón de maíz (%)	Fibra de café (%)	Tiempo de Mezclado (min)
P Control	PC1	100	0	9
	PC2	100	0	9
	PC3	100	0	9
1	T2EB1	95	5	9
	T2EB2	95	5	9
	T2EB3	95	5	9
2	T3EB1	90	10	9
	T3EB2	90	10	9
	T3EB3	90	10	9
3	T4EB1	85	15	9
	T4EB2	85	15	9
	T4EB3	85	15	9
4	T5EB1	80	20	9
	T5EB2	80	20	9
	T5EB3	80	20	9
5	T6EB1	75	25	9
	T6EB2	75	25	9
	T6EB3	75	25	9
6	T7EB1	70	30	9
	T7EB2	70	30	9
	T7EB3	70	30	9

La Tabla 9 presenta las formulaciones empleadas en la elaboración de envases biodegradables a base de almidón de maíz y fibra de café. Se estableció un tratamiento control sin adición de fibra y seis tratamientos con proporciones crecientes de 5% a 30%. Cada formulación fue preparada por triplicado para asegurar la confiabilidad de los resultados.

Figura 19

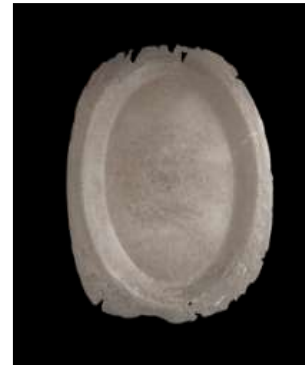
Envases biodegradables elaborados con distintas proporciones de almidón de maíz y fibra de café



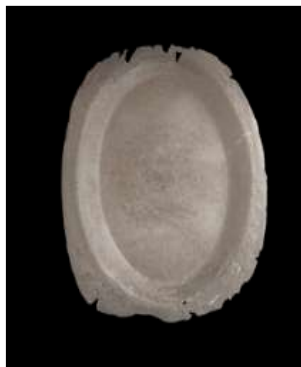
P Control



T1



T2



T3



T4



T5



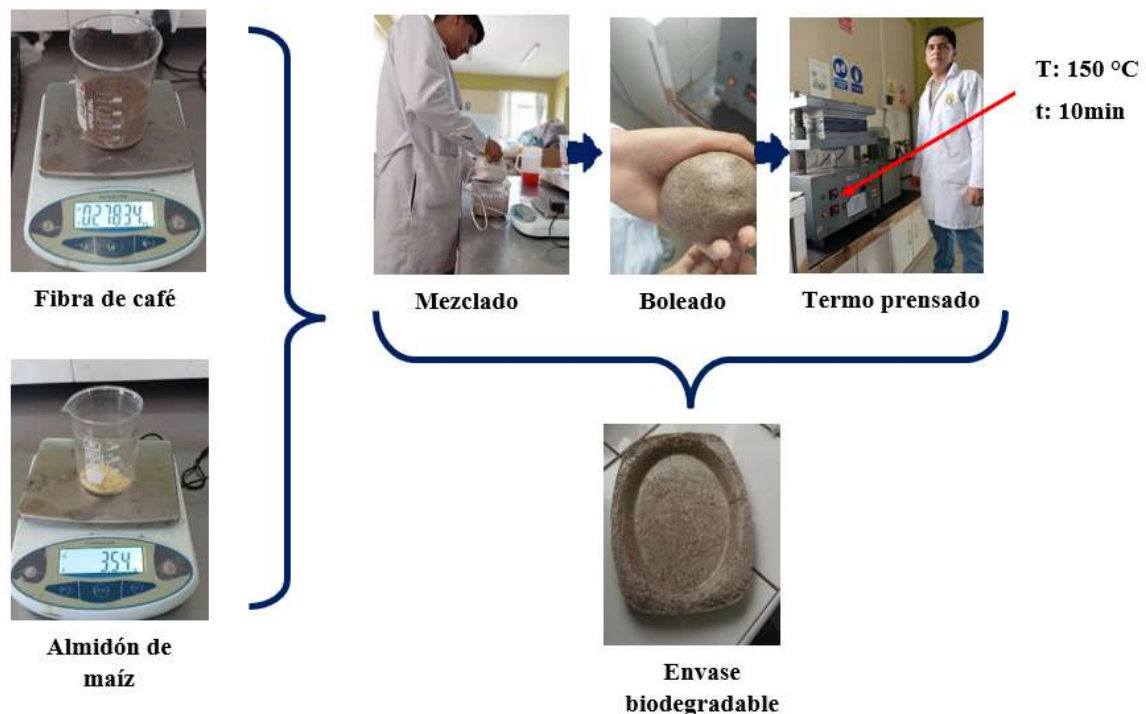
T6

La Figura 19 muestra los envases biodegradables obtenidos a partir de diferentes formulaciones de almidón de maíz y fibra de café. El tratamiento control (PC), elaborado únicamente con almidón de maíz, presenta una superficie lisa, color claro y textura homogénea. En los tratamientos con 5% y 10% de fibra de café (T2 y T3), se observa un

ligero cambio de color hacia tonos marrones claros y una textura más rugosa. A medida que aumenta la proporción de fibra (15% y 20%, T4 y T5), los envases muestran mayor rigidez, un color más oscuro y leve incremento en la porosidad. Finalmente, los tratamientos con 25% y 30% de fibra (T6 y T7) exhiben una coloración marrón intensa, mayor rugosidad superficial y un aspecto más compacto, evidenciando el efecto del incremento del residuo de café en las propiedades visuales y estructurales de los envases biodegradables.

Figura 20

Diagrama de obtención de las muestras de envases biodegradables



4.2. Características físico-mecánicas de los envases biodegradables

4.2.1. Espesor y densidad

A continuación, se exponen los hallazgos obtenidos respecto al espesor y la densidad de los envases elaborados a base de almidón de maíz y fibra de café. Asimismo, se presentan los análisis de varianza realizados para estas variables.

Tabla 10*Espesor y densidad en envases elaborados con almidón de maíz y fibra de café*

Tratamiento	Espesor (mm)	Densidad (g/cm ³)
P CONTROL	2,74 ± 0,14 ^a	0,43 ± 0,03 ^a
T1	2,67 ± 0,03 ^a	0,40 ± 0,01 ^a
T2	2,47 ± 0,04 ^b	0,48 ± 0,01 ^b
T3	2,45 ± 0,12 ^b	0,42 ± 0,02 ^a
T4	2,64 ± 0,05 ^a	0,35 ± 0,01 ^b
T5	2,88 ± 0,01 ^a	0,25 ± 0,01 ^b
T6	2,35 ± 0,10 ^b	0,47 ± 0,01 ^a

Nota. Las letras ^a y ^b, diferentes entre sí, indican diferencias significativas según la prueba de Dunnett.

En referencia a la Tabla 10, se observa que los tratamientos T2, T3 y T6 registraron valores de espesor menores en comparación con la muestra control, lo que indicaría una mayor compactación del material debido a la incorporación de fibra de café ($p < 0,05$). El tratamiento T1 presentó un espesor similar al del control, mientras que T4 también mostró valores cercanos, sin diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$). Por otro lado, el tratamiento T5 evidenció el mayor espesor entre todos los tratamientos, lo que sugiere una menor compactación de la matriz polimérica. En cuanto a la densidad, se observó que el tratamiento T2 presentó el valor más alto, seguido por T6 y el control, mientras que T4 y T5 registraron las densidades más bajas, lo que podría estar asociado a una estructura más porosa en estos últimos ($p < 0,05$).

4.2.2. Humedad y absorción de agua

En la Tabla 11 se muestran los valores registrados de humedad y absorción de agua correspondientes a los envases fabricados con almidón de maíz y fibra de café.

Tabla 11*Humedad y absorción en envase con almidón de maíz y fibra de café*

Tratamiento	Absorción de agua (g/g)	Humedad (%)
P CONTROL	1,20 ± 0,05 ^a	8,16 ± 0,10 ^a
T1	0,93 ± 0,03 ^b	7,78 ± 0,12 ^b
T2	0,84 ± 0,02 ^b	7,38 ± 0,06 ^b
T3	1,06 ± 0,09 ^b	9,73 ± 0,17 ^b
T4	1,25 ± 0,10 ^a	9,76 ± 0,08 ^b
T5	0,90 ± 0,02 ^b	8,41 ± 0,11 ^a
T6	1,23 ± 0,04 ^a	9,33 ± 0,09 ^b

Nota. Las letras ^a y ^b, diferentes entre sí, indican diferencias significativas según la prueba de Dunnett.

Según a la Tabla 11, se observa que los tratamientos T1, T2, T3 y T5 presentaron valores de absorción de agua menores en comparación con el control, lo que sugiere que la incorporación de fibra de café contribuyó a reducir la retención hídrica del material ($p < 0,05$). Por el contrario, los tratamientos T4 y T6 mostraron valores de absorción de agua similares o superiores al control, indicando una posible mayor afinidad por el agua o una estructura más permeable. En cuanto al contenido de humedad, los tratamientos T3, T4 y T6 registraron los valores más altos, lo que podría asociarse a la capacidad de la fibra de café para retener humedad en la matriz polimérica, mientras que T1, T2 y T5 presentaron contenidos menores respecto al control, posiblemente debido a una mejor integración de la fibra con el almidón durante el proceso de secado ($p < 0,05$).

4.2.3. Tensión

La Tabla 12 presenta los resultados obtenidos en la prueba de tensión, evidenciando las variaciones de esta fuerza entre los distintos tratamientos evaluados.

Tabla 12

Propiedades mecánicas (Máxima fuerza de tensión, resistencia a la tracción y elongación) en envase con almidón de maíz y fibra de café

Tratamiento	Máxima fuerza de tensión (kg)	Resistencia a la tracción (MPa)	Elongación (%)
P CONTROL	13,53±0,20 ^a	12,34±0,05 ^a	1,50±0,05 ^a
T1	14,46±0,23 ^a	11,70±0,19 ^b	1,80±0,09 ^b
T2	12,68±0,08 ^b	10,29±0,20 ^b	1,94±0,02 ^b
T3	10,57±0,23 ^b	10,21±0,04 ^b	1,60±0,14 ^a
T4	10,58±0,19 ^b	10,14±0,08 ^b	1,16±0,06 ^b
T5	10,43±0,35 ^b	10,10±0,04 ^b	1,28±0,21 ^a
T6	10,59±0,16 ^b	8,79±0,21 ^b	1,14±0,10 ^b

Nota. Las letras ^a y ^b, diferentes entre sí, indican diferencias significativas según la prueba de Dunnett.

De acuerdo con lo expuesto en la Tabla 12, el tratamiento control presentó la mayor fuerza máxima de tensión y resistencia a la tracción, evidenciando una estructura más compacta y resistente. El tratamiento T1 mostró valores similares al control en la fuerza máxima, aunque con una ligera disminución en la resistencia a la tracción, lo que sugiere una buena compatibilidad entre el almidón de maíz y la fibra de café en esta proporción. En contraste, los tratamientos T2, T3, T4, T5 y T6 registraron reducciones significativas tanto en la fuerza máxima de tensión como en la resistencia a la tracción ($p < 0,05$), lo que indica que una mayor adición de fibra puede generar discontinuidades en la matriz, disminuyendo su

cohesión y resistencia mecánica. En cuanto a la elongación, los tratamientos T1 y T2 mostraron los mayores valores, lo que refleja una mayor flexibilidad del material, mientras que T3, T4, T5 y T6 evidenciaron una menor capacidad de deformación antes de la fractura, lo que podría atribuirse a una matriz más rígida o menos homogénea.

4.2.4. Compresión

En la Tabla 13 se detallan los resultados obtenidos en la prueba de compresión, donde se registraron los valores máximos de fuerza alcanzados por cada uno de los tratamientos analizados.

Tabla 13

Propiedades mecánicas (Dureza y fracturabilidad) en envase con almidón de maíz y fibra de café

Tratamiento	Dureza (kg)	Fracturabilidad (mm)
P CONTROL	14,59±0,19 ^a	7,30±0,43 ^a
T1	14,34±0,25 ^a	6,53±0,14 ^b
T2	7,25±0,10 ^b	5,38±0,07 ^b
T3	5,32±0,20 ^b	5,14±0,11 ^b
T4	6,47±0,27 ^b	5,08±0,08 ^b
T5	4,47±0,28 ^b	4,64±0,07 ^b
T6	7,28±0,11 ^b	4,28±0,16 ^b

Nota. Las letras ^a y ^b, diferentes entre sí, indican diferencias significativas según la prueba de Dunnett.

De acuerdo con los resultados presentados en la Tabla 13, el tratamiento control registró la mayor dureza y fracturabilidad, evidenciando una estructura más compacta y resistente. El tratamiento T1 mostró valores de dureza similares al control, con una ligera disminución en la fracturabilidad, lo que sugiere una buena cohesión del material. En contraste, los tratamientos T2, T3, T4, T5 y T6 presentaron una disminución significativa en la dureza ($p < 0,05$), indicando una menor compactación de la matriz al incorporar fibra de café en mayores proporciones. Entre ellos, el tratamiento T5 exhibió la dureza más baja, reflejando una estructura menos densa. En cuanto a la fracturabilidad, todos los tratamientos con fibra mostraron valores inferiores al control, lo que evidencia una mayor fragilidad del material ($p < 0,05$). Los tratamientos T3, T4, T5 y especialmente T6 presentaron los valores más bajos, indicando una menor resistencia a la fractura. En conjunto, estos resultados demuestran que el incremento en la proporción de fibra de café reduce tanto la firmeza como la resistencia mecánica del envase, mientras que la formulación del tratamiento

control y, en menor medida, la del T1, resultaron más eficientes para conservar las propiedades estructurales del material.

4.2.5. Contestación de hipótesis

De acuerdo con los resultados obtenidos y el análisis estadístico realizado, se evaluó la validez de las hipótesis planteadas en el estudio. La hipótesis nula (H_0) establece que la adición de fibra de café no influye significativamente en las propiedades físico-mecánicas y de degradación de los envases elaborados con almidón de maíz, mientras que la hipótesis alternativa (H_1) propone que dicha adición sí ejerce una influencia significativa. Con base en los valores de significancia ($p < 0,05$) obtenidos en la mayoría de los parámetros analizados, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

4.3. Tiempo de degradación del envases biodegradable

Con el propósito de evaluar el tiempo de degradación del envase optimo, se empleó compost agrícola como sustrato principal, bajo condiciones controladas que simulan un proceso natural de descomposición. En la Tabla 14 se detallan las propiedades fisicoquímicas y biológicas del compost utilizado, esenciales para entender su influencia en la biodegradación del material.

Tabla 14

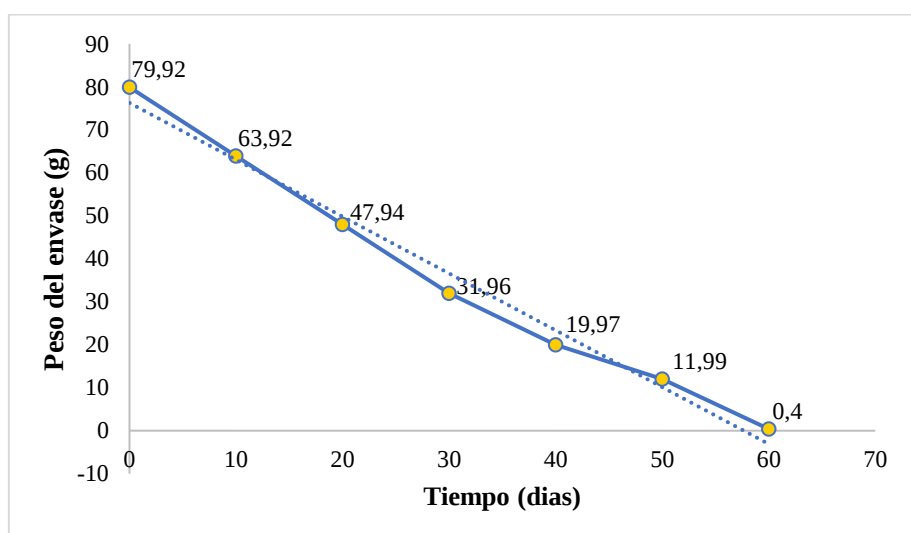
Características fisicoquímicas y biológicas de la tierra

Características	Valor
Materia orgánica	60%
Extracto Húmico Total	15,3%
pH	6,5
Capacidad de Intercambio Cationico	> a 60 cmol/kg
Carbono orgánico	22.6 % min
Materiales adicionales	Ausente
Ácidos Húmicos	4%
Ácidos Fúlvicos	> a 3%
Ac Húmico Totales	> a 7%
Color	Tierra Húmeda
Olor	Valor
Nutrientes totales (N)	0,58%
Anhidrido fosfórico (P ₂ O ₅)	0,83%
Oxido de potasio (K ₂ O)	1,5%
Oxido magnesio (MgO)	0,55%
Hierro (Fe) (mg/kg)	5,565
Manganeso (Mn) (mg/kg)	202

La Tabla 14 muestra las propiedades del compost Clase A de la empresa Abonos Orgánicos San Marcos, empleado en este estudio. Presenta 60 % de materia orgánica, 15,3 % de extracto húmico total, pH de 6,5 y una capacidad de intercambio catiónico superior a 60 cmol/kg. El contenido de carbono orgánico (22,6 %) y la ausencia de materiales adicionales indican un compost maduro y estable. Contiene 4 % de ácidos húmicos y más del 3 % de ácidos fúlvicos, con valores totales mayores al 7 %. En su composición destacan 0,58 % de nitrógeno, 0,83 % de fósforo, 1,5 % de potasio, 0,55 % de magnesio, además de hierro y manganeso en concentraciones adecuadas. Estas características evidencian su alta calidad y lo hacen idóneo para emplearse en el proceso de degradación del envase biodegradable óptimo.

Figura 21

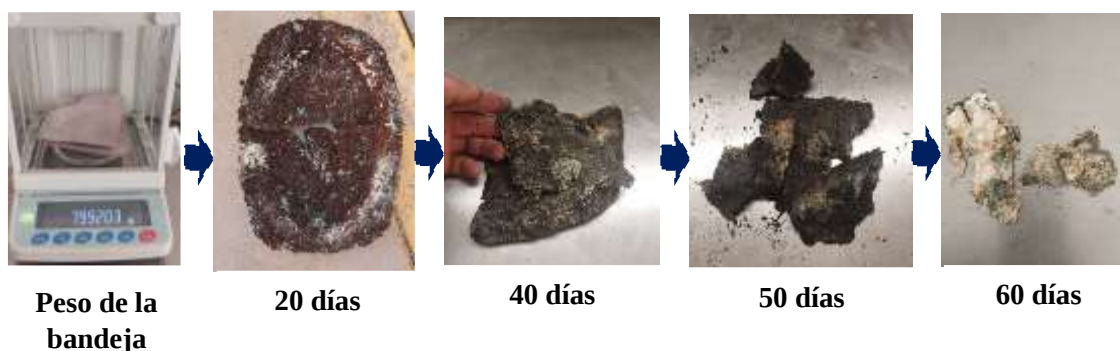
Pérdida de peso (g) del envase biodegradable óptimo



La Figura 21 muestra la disminución del peso del envase biodegradable desde 79,92 gramos hasta 0,4 gramos al día 60. Este comportamiento evidencia un proceso de degradación acelerado, atribuido a la composición del material a base de almidón de maíz y fibra de café, así como a las condiciones favorables del suelo agrícola, caracterizado por su humedad y adecuada aireación. A partir del día 30 se observa una mayor fragmentación del material, lo que contribuye a una descomposición progresiva hasta su casi completa desaparición en un periodo de dos meses.

Figura 22

Degradación del envase biodegradable



V. DISCUSIÓN

5.1. Determinación de la fórmula óptima de los envases biodegradables

En esta investigación, al determinar la formulación óptima para la elaboración de envases biodegradables a partir de residuos de *Coffea arabica* L. y *Zea mays*, se identificó como mejor mezcla el 95 % de almidón de maíz y 5 % de fibra de café (T1), la cual presentó un espesor de 2,67 mm, una densidad de 0,40 g/cm³ y una resistencia a la tracción de 11,70 MPa, valores que demuestran una adecuada compatibilidad entre ambos materiales y permiten obtener un envase estable, resistente y funcional. Además, estas propiedades se encuentran dentro de los rangos establecidos por normas como las ASTM (D638, ASTM D790 y ASTM D256) que contemplan espesores entre 1 y 3 mm, densidades de 0,3 a 1,5 g/cm³ y resistencias mínimas entre 0,3 y 2,5 MPa. La mezcla evaluada permitió rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis de investigación, evidenciando que los residuos de café y maíz influyen significativamente en las características físico-mecánicas del envase. Al comparar estos resultados con los de otros estudios, se observa que Solórzano-Vélez et al. (2023), al elaborar bioplásticos a partir de tusa de maíz, reportaron un menor espesor (0,63 mm) y una mayor densidad (0,93 g/cm³), lo que indica materiales más delgados y pesados en comparación con el envase desarrollado en esta investigación; por su parte, Cáceres et al. (2023) obtuvieron espesores entre 1,16 y 1,35 mm y resistencias entre 0,60 y 1,39 kg en platos biodegradables elaborados con almidón de papa y maíz, valores inferiores a los alcanzados en el presente estudio. Asimismo, aunque Salazar (2022) reportó elevados valores de elongación (36,71 kg/cm²) y biodegradabilidad (81,58 %) en mezclas de almidón de papa y maíz, dichos materiales presentaron una menor resistencia mecánica en comparación con la obtenida en esta investigación. Finalmente, Campos y Castro (2019)

registraron una resistencia de 0,37 MPa y una absorción de agua de 2,3 % en mezclas de pectina y biomasa de pecana, valores significativamente menores, lo que refuerza que la incorporación de fibra de café en combinación con almidón de maíz contribuye a mejorar la resistencia y a reducir la absorción de agua. En conjunto, estos resultados confirman que, pese a las diferencias en las materias primas empleadas, la formulación desarrollada presenta propiedades competitivas, validando la valorización de residuos agroindustriales como una alternativa viable y sostenible para la producción de envases biodegradables.

5.2. Determinación de las características físico-mecánicas

En relación con las propiedades físico-mecánicas del material, el tratamiento T1 evidenció un comportamiento favorable en términos de elongación ($1,94 \pm 0,02$ %), dureza ($14,34 \pm 0,25$ kg), fracturabilidad (6,53 mm) y absorción de agua (0,93 g/g), lo que indica un material con baja deformación ante esfuerzos mecánicos, adecuada resistencia superficial, buena integridad estructural frente a la ruptura y limitada interacción con la humedad. Este comportamiento sugiere que la fibra de café actúa como un agente de refuerzo dentro de la matriz de almidón, restringiendo la movilidad de las cadenas poliméricas, mejorando la resistencia mecánica y disminuyendo la penetración de agua, aspecto clave para aplicaciones de empaque biodegradable. En este contexto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, dado que la integración de residuos de café y maíz mejoró las propiedades físico-mecánicas del envase biodegradable en comparación con materiales convencionales de almidón. Al contrastar estos resultados con la literatura, Diaz et al. (2020) reportaron valores significativamente mayores de elongación al incorporar PCL y biochar de café en matrices de almidón, lo que se asocia a sistemas poliméricos más flexibles, aunque también más complejos desde el punto de vista composicional; en comparación, el presente estudio logra un desempeño mecánico estable empleando únicamente residuos agroindustriales. Por su parte, Gonzalez et al. (2020) obtuvieron materiales con alta elongación (15 %) y elevada absorción de agua (45 %) al utilizar fibras de maíz y trigo, evidenciando que una mayor flexibilidad suele estar acompañada de una mayor afinidad por la humedad, comportamiento distinto al observado en esta investigación. Asimismo, Benavides et al. (2024) reportaron una absorción de agua considerablemente superior (21,79 %) en envases elaborados con almidón de cáscara de plátano y propóleo, lo que resalta la ventaja del bajo nivel de absorción alcanzado mediante la incorporación de fibra de café. En cuanto a la fracturabilidad, Cabrera et al. (2023), quienes registraron 2,64 mm en biopelículas elaboradas con fibra de tocón de espárrago blanco y tusa de maíz amarillo, lo que indica que el material desarrollado en la presente

investigación presenta mayor capacidad de deformación antes de la ruptura. De igual manera, Solorzano et al. (2023), quienes encontraron una dureza de 10,93 kg en bioplásticos elaborados con tusa de maíz, confirmando el efecto reforzante de la fibra de café. Estos resultados confirman que la incorporación de fibra de café en una matriz de almidón de maíz, bajo la formulación evaluada, contribuye de manera significativa a mejorar las propiedades físico-mecánicas del material, al proporcionar adecuada resistencia, mayor integridad estructural y baja absorción de agua, validando el uso de residuos agroindustriales como una alternativa técnicamente viable para la elaboración de envases biodegradables.

5.3. Evaluación del tiempo de biodegradación del envase óptimo

En esta investigación al determinar el tiempo de degradación de los envases biodegradables a partir de residuos de café (*Coffea arabica* L.) y maíz (*Zea mays*) se determinó que los envases óptimos elaborados con una mezcla de 95% almidón de maíz y 5% fibra de café mostraron una reducción de peso desde 79,92 g iniciales a 0,4 g en 60 días bajo condiciones de compost agrícola. Estos valores reflejan que el material elaborado a base de residuos agroindustriales presenta una rápida descomposición en ambientes de compost favorecida por la alta proporción de materia orgánica y actividad microbiana del sustrato, contribuyendo a la reducción de residuos y a la sostenibilidad ambiental. Se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de investigación ya que los envases a base de residuos de café y maíz demostraron una alta tasa de biodegradación en periodos cortos cumpliendo los criterios de materiales biodegradables. Resultados similares fueron reportados por Othman et al. (2023), quienes obtuvieron una degradación completa de películas bioplásticas en 20 días bajo composta y por Salazar (2022) quien registró un 85,4% de biodegradación en bioplásticos de almidón de papa y maíz en 20 días bajo condiciones aeróbicas. Por otro lado, Zaborrowska et al. (2021) hallaron que materiales comerciales basados en almidón y PLA presentaron solo un 2,1–2,5% de degradación en un año bajo condiciones anaeróbicas destacando la relevancia de las condiciones de compostaje para la degradabilidad. Estos resultados confirman que los residuos de café y maíz procesados bajo formulaciones óptimas son una materia prima eficaz para envases biodegradables, permitiendo su total descomposición en cortos periodos y mostrando ventajas sobre materiales comerciales y otras matrices vegetales bajo diferentes ambientes de degradación.

VI. CONCLUSIONES

- El uso de residuos agroindustriales de café (*Coffea arabica* L.) y maíz (*Zea mays*) permitió desarrollar envases biodegradables con características físico-mecánicas y de biodegradación adecuadas para su potencial aplicación en sistemas de empaque. Los resultados obtenidos evidencian que estos materiales constituyen una alternativa sostenible frente a los plásticos convencionales, ya que promueven el aprovechamiento de residuos agrícolas y contribuyen a la reducción del impacto ambiental asociado a su disposición final.
- La formulación óptima para la elaboración de envases biodegradables se determinó en la mezcla compuesta por 95% almidón de maíz y 5% fibra de café, la cual logró un balance adecuado entre rigidez, resistencia y estabilidad, permitiendo obtener un material funcional para aplicaciones de empaque biodegradable.
- Los envases elaborados con residuos de café y maíz alcanzaron valores de espesor, densidad y resistencia a la tracción dentro de los rangos establecidos por las normas ASTM, demostrando que este material es adecuado para aplicaciones comerciales.
- Los envases biodegradables elaborados mostraron una degradación total en 60 días bajo condiciones de compost agrícola con una reducción de masa de 79,92 g iniciales a 0,4 g, lo que evidencia una alta eficiencia de biodegradabilidad en periodos cortos cumpliendo los criterios requeridos para materiales biodegradables y contribuyendo a la reducción del impacto ambiental, en concordancia con lo establecido por las normas internacionales ASTM D6400 y UNE-EN 13432.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda fomentar el aprovechamiento de residuos agroindustriales de café y maíz para la elaboración de envases biodegradables, debido a su potencial para valorizar subproductos agrícolas, impulsar la economía circular y disminuir los impactos ambientales.
- Para futuras investigaciones, se sugiere profundizar en el estudio de nuevas proporciones y combinaciones entre fibras vegetales y almidones provenientes de diversas fuentes con alto contenido de este polisacárido. Asimismo, se recomienda evaluar el empleo de aditivos naturales (como cera de abejas, aceites esenciales de orégano, tomillo y canela, resina de pino, goma arábiga, aloe vera, extracto de propóleo, y quitosano) que permitan mejorar y optimizar las propiedades físico-mecánicas y funcionales de los envases biodegradables, orientando su desarrollo hacia aplicaciones más exigentes y sostenibles.
- Se recomienda promover la estandarización y certificación de los envases biodegradables desarrollados, tomando como referencia normas internacionales reconocidas, como la ASTM D570 y la ASTM D882. La aplicación de estos estándares permitirá validar que las propiedades físico-mecánicas alcanzadas cumplan con los requisitos exigidos a nivel comercial, facilitando así su aceptación en el mercado y su incorporación en cadenas de producción y distribución sostenibles. Además, resulta fundamental que el Perú desarrolle una normativa técnica propia que regule y estandarice los criterios de degradación y las propiedades físico-mecánicas mínimas requeridas para estos materiales, lo cual permitiría garantizar su calidad, seguridad y funcionalidad.
- Se recomienda realizar una evaluación de la biodegradabilidad de los envases en distintos entornos ambientales, como suelo agrícola, agua dulce, ecosistemas marinos y vertederos controlados. Asimismo, es fundamental ampliar el periodo de observación más allá de los 60 días establecidos, con el propósito de analizar el comportamiento del material a largo plazo y garantizar su descomposición completa, sin generar impactos negativos en el medio ambiente.
- Se sugiere evaluar la degradación del material bajo condiciones reales de uso, incluyendo exposición a humedad, luz solar, variaciones de temperatura y manipulación cotidiana, con el fin de determinar su desempeño y estabilidad durante su vida útil.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ababsa, N., Kribaa, M., Tamrabet, L., Addad, D., Hallaire, V., & Ouldjaoui, A. (2020). Long-term effects of wastewater reuse on hydro physicals characteristics of grassland grown soil in semi-arid Algeria. *Journal of King Saud University - Science*, 32(1), 1004–1013. <https://doi.org/10.1016/J.JKSUS.2019.09.007>
- Aboudan, A., Bulgarelli, A., Fioretti, V., Cruz-Tirado, J., Tapia-Blácido, D., Siche, R., Li, J., & Trujillo, P. (2017). Influence of Proportion and Size of Sugarcane Bagasse Fiber on the Properties of Sweet Potato Starch Foams. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 225(1), 012180. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/225/1/012180>
- Alexander, J., & Suarez, M. (2020). Aprovechamiento de la pulpa de café como medio para producir biogás. *En Proceedings of the Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI)*. <https://doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.708>
- Alhogbi, B. (2017). Potential of coffee husk biomass waste for the adsorption of Pb(II) ion from aqueous solutions. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 6, 21–25. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2017.06.004>
- Amensisa, Y., Demsash, H., & Tefera, M. (2024). Extraction and Characterization of Cellulose from Coffee Husk and Brewery's Spent Grain Fibers Using Alkali-Hydrogen Peroxide Treatment Method. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2024(1), 5101871. <https://doi.org/10.1155/2024/5101871>
- ASTM International. (2021). *ASTM D6400-19: Standard Specification for Labeling of Plastics Designed to Be Aerobically Composted in Municipal or Industrial Facilities*. <https://www.astm.org/d6400-19.html>
- Ballesteros, L., Teixeira, J., & Mussatto, S. (2014). Chemical, Functional, and Structural Properties of Spent Coffee Grounds and Coffee Silverskin. *Food and Bioprocess Technology*, 7(12), 3493–3503. <https://doi.org/10.1007/s11947-014-1349-z>
- Barbosa, B., Vaz, S., Colodette, J., de Aguiar, A., Cabral, C., & de Freitas, B. (2022). Structural and chemical characterization of lignin and hemicellulose isolated from corn fibers toward agroindustrial residue valorization. *Cellulose*, 29(15), 8117–8132. <https://doi.org/10.1007/s10570-022-04769-2>

- Bergel, B., Dias, S., Da Luz, L., & Santana, R. (2018). Effects of hydrophobized starches on thermoplastic starch foams made from potato starch. *Carbohydrate Polymers*, 200, 106–114. <https://doi.org/10.1016/J.CARBPOL.2018.07.047>
- Benavides, B. C., Antonio, J., Dante, I. E., & Lafitte, R. (2024). Desarrollo y caracterización de un envase biodegradable a partir de almidón de cáscara de plátano verde (*Musa paradisíaca*) y propóleo para el envasado de frutas frescas. *Repositorio Institucional* - USS. <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/14168>
- Bilo, F., Pandini, S., Sartore, L., Depero, L., Gargiulo, G., Bonassi, A., Federici, S., & Bontempi, E. (2018). A sustainable bioplastic obtained from rice straw. *Journal of Cleaner Production*, 200, 357–368. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2018.07.252>
- Bitra, V., Womac, A., Yang, Y., Miu, P., Igathinathane, C., & Sokhansanj, S. (2009). Mathematical model parameters for describing the particle size spectra of knife-milled corn stover. *Biosystems Engineering*, 104(3), 369–383. <https://doi.org/10.1016/J.BIOSYSTEMSENG.2009.08.007>
- Briones, R., Rodriguez, J., Labidi, J., Cunningham, E., & Martin, P. (2020). Liquefaction of corn husks and properties of biodegradable biopolyol blends. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 95(11), 2973–2982. <https://doi.org/10.1002/jctb.6458>
- Cabrera, G., Diaz, H., Diaz, D., & Gamboa, A. (2023). Características de las bandejas biodegradables de almidón de papa (*Solanum phureja*) reforzadas con maíz amarillo (*Zea mays L.*) y tocón de espárrago blanco (*Asparagus officinalis*). *Rev. Amaz. Cienc. Ambient. Ecol*, 2(1). <https://doi.org/10.51252/reacae.v2i1.e430>
- Cabrera, K., Uceda, E., & Alva, V. (2023). Caracterización física y mecánica de bandejas biodegradables elaboradas a partir de almidón de papa (*Solanum phureja*), fibra de maíz (*Zea mays L.*) y fibra de espárrago (*Asparagus officinalis*). *Revista Amazónica de Ciencia Ambiental y Ecología*, 2(1), e430. <https://revistas.unsm.edu.pe/index.php/reacae/article/view/430>
- Cáceres, A. (2023). *Elaboración de envases biodegradables a partir de tres fuentes de almidón, Tacna, 2021* [Tesis de pregrado, Universidad Privada de Tacna]. Repositorio UPT. <https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/3276>

- Campos, G. (2022). Abordando la contaminación plástica: análisis y perspectivas del inicio de las negociaciones hacia un acuerdo global vinculante. *Política Internacional*, 131, 46–65. <https://doi.org/10.61249/PI.VI131.35>
- Campos, K., & Castro Y. (2019). *Aprovechamiento de los residuos de Caraya illinoensis (pecana) en la elaboración de recipientes biodegradables bajo un enfoque de economía circular en Ica, 2019* [Tesis de pregrado, Universidad Cesa Vallejo] Repositorio UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/54725>
- Campos, S. (2023). *Hub de residuos sólidos y economía circular para América Latina y el Caribe: Aliado para la transformación sectorial*. <https://blogs.iadb.org/agua/es/hub-de-residuos-solidos-y-economia-circular-para-america-latina-y-el-caribe-aliado-para-la-transformacion-sectorial/#:~:text=Uno de los desafíos prioritarios,y efectividad de las inversiones>
- Cangussu, L., Melo, J., Franca, A., & Oliveira, L. (2021). Chemical Characterization of Coffee Husks, a By-Product of *Coffea arabica* Production. *Foods*, 10(12), 3125. <https://doi.org/10.3390/foods10123125>
- Castaldo, L., Graziani, G., Gaspari, A., Izzo, L., Luz, C., Mañes, J., Rubino, M., Meca, G., & Ritieni, A. (2018). Study of the Chemical Components, Bioactivity and Antifungal Properties of the Coffee Husk. *Journal of Food Research*, 7(4), 43. <https://doi.org/10.5539/jfr.v7n4p43>
- Castañeda, C., Xibeli, X., Medina, P., Anamile, S., Reátegui, A., Daniel, H., Corahua, P., & Daniel, J. (2022). Urbanización planetaria: Desequilibrio espacial urbano rural y afectación de una economía agrícola del distrito de Carabayllo, Lima, 2022. [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/106556>
- Cesar, J., Chiang, F., Dayaneth, I., & Troya, R. (2018). Proyecto académico de la carrera de Agroindustria. [Trabajo de grado, Universidad Técnica de Babahoyo]. *Repositorio Institucional UTB*. <https://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/18302/PI-UTB-FACIAG-ING%20AGROINDUSTRIA-000039.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2021). *Gestión de residuos sólidos y economía circular en América Latina y el Caribe*. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/47309/1/S2100423_es.pdf

- Corrêa, C., Penha, E., Freitas-Silva, O., Luna, A., & Gottschalk, L. (2021). Enzymatic Technology Application on Coffee Co-products: A Review. *Waste and Biomass Valorization*, 12(7), 3521–3540. <https://doi.org/10.1007/s12649-020-01208-w>
- Coura, M., Demuner, A., Demuner, I., Firmino, M., Ribeiro, R., Gomes, F., Carvalho, A., Costa, M., Martins, C., Blank, D., & dos Santos, M. (2024). Coffee Biomass Residue as a Raw Material for Cellulose Production and Py-GC/MS Analysis. *Waste and Biomass Valorization*, 15(1), 349–364. <https://doi.org/10.1007/s12649-023-02156-x>
- Cruz, R., Rainer, B., Wagner, I., Krauter, V., Janalíková, M., Vicente, A., & Vieira, J. (2024). Valorization of Cork Stoppers, Coffee-Grounds and Walnut Shells in the Development and Characterization of Pectin-Based Composite Films: Physical, Barrier, Antioxidant, Genotoxic, and Biodegradation Properties. *Polymers* 2024, Vol. 16, Page 1053, 16(8), 1053. <https://doi.org/10.3390/POLYM16081053>
- De Azevedo, L., Rovani, S., Santos, J., Dias, D., Nascimento, S., Oliveira, F., Silva, L., & Fungaro, D. (2020). Biodegradable Films Derived from Corn and Potato Starch and Study of the Effect of Silicate Extracted from Sugarcane Waste Ash. *ACS Applied Polymer Materials*, 2(6), 2160–2169. <https://doi.org/10.1021/acsapm.0c00124>
- De la Cruz, K., Gómez, Y., Santander, Y., Catagua, D., Mendoza, J., & Pereda-Reyes, I. (2019). Effect of alkaline pre-treatment on the anaerobic biodegradability of coffee husk. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, 92, 36–41. <https://doi.org/10.17533/udea.redin.20190516>
- de Mattos, N., Colodette, J., & de Oliveira, C. (2019). Alkaline extraction and carboxymethylation of xylans from corn fiber. *Cellulose*, 26(3), 2177–2189. <https://doi.org/10.1007/s10570-018-02236-5>
- Díaz, C. A., Shah, R. K., Evans, T., Trabold, T., & Draper, K. (2020). Thermoformed Containers Based on Starch and Starch/Coffee Waste Biochar Composites. *Energies*, 13(22), 6034. <https://doi.org/10.3390/en13226034>
- Díaz, J., Capcha, J. y Sulca, R. (2023). Propiedades fisicoquímicas y mecánicas de bandejas biodegradables elaboradas a partir de almidón de papa (*Solanum tuberosum* L.), fibra de tocón de espárrago (*Asparagus officinalis* L.) y glicerina. *Revista Peruana de Biología*, 30(2), 1–13.
- Dorantes-Fuertes, M. G., López-Méndez, M. C., Martínez-Castellanos, G., Meléndez-Armenta, R. Á., & Jiménez-Martínez, H. E. (2024). Starch Extraction Methods in

- Tubers and Roots: A Systematic Review. *Agronomy* 2024, Vol. 14, Page 865, 14(4), 865. <https://doi.org/10.3390/AGRONOMY14040865>
- Duan, Y., Zhang, L., Su, H., Yang, D., & Xu, J. (2024). Eco-Innovation: Corn Stover as the Biomaterial in Packaging Designs. *Sustainability*, 16(4), 1381. <https://doi.org/10.3390/su16041381>
- Duque, A., Belmonte, U., Cortés, G., & Camacho, F. (2020). Agricultural waste: Review of the evolution, approaches and perspectives on alternative uses. *Glob Ecol Conserv*, 22, e00902. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351989419307516>
- El Peruano. (2021). *Peruanos generamos 21 mil toneladas diarias de basura*. <https://elperuano.pe/noticia/120825-peruanos-generamos-21-mil-toneladas-diarias-debasura>
- Espina, M., Cruz, J., & Siche, R. (2016). Propiedades mecánicas de bandejas elaboradas con almidón de especies vegetales nativas y fibras de residuos agroindustriales. *Scientia Agropecuaria*, 7(2), 133–143. <https://doi.org/10.17268/SCI.AGROPECU.2016.02.06>
- Espinoza E, & Oscco C. (2022). *Efecto de glicerina y melamina sobre las propiedades fisico-mecánicas del bioplástico de almidón en semilla de Persea americana mill. “Palta”* [Tesis de Pregrado, Universidad Peruana Los Andes] Repositorio Institucional UPLA. <https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/3625>
- Fernández, Y., Sotto, K., Vargas, L., Fernández, Y., Sotto, K., & Vargas, L. (2020). Impactos ambientales de la producción del café, y el aprovechamiento sustentable de los residuos generados. *Producción + Limpia*, 15(1), 93–110. <https://doi.org/10.22507/PML.V15N1A7>
- Gaidukova, G., Platnieks, O., Aunins, A., Barkane, A., Ingrao, C., & Gaidukovs, S. (2021). Spent coffee waste as a renewable source for the production of sustainable poly (butylene succinate) biocomposites from a circular economy perspective. *RSC Advances*, 11(30), 18580–18589. <https://doi.org/10.1039/D1RA03203H>
- Gabrielli González, R. I. (2025). Desarrollo de un envase rígido a base de fibra de pseudotallo de plátano y resina urea formaldehído. Universidad Nacional de Trujillo. <https://hdl.handle.net/20.500.14414/23804>
- Gillet, S., Aguedo, M., Petitjean, L., Morais, A., da Costa, A., Łukasik, R., & Anastas, P. (2017). Lignin transformations for high value applications: towards targeted

- modifications using green chemistry. *Green Chemistry*, 19(18), 4200–4233. <https://doi.org/10.1039/C7GC01479A>
- Gonzalez, C., González, L., Parés, F., Ventura, H., & Ardanuy, H. (2020). Estudio de la aplicación de fibras extraídas de subproductos agrícolas en agrotexiles. *Revista de química e industria textil*, 234. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/332003>
- González, E., Sandoval, E., & Pérez, A. (2014). Biosólidos en la producción de maíz: impacto socioeconómico en zonas rurales del municipio de Puebla. *Estudios sociales (Hermosillo, Son.)*, 22(43), 61–86. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-45572014000100003&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Gutiérrez, G., Arellano, J., Jiménez, K., García, E., Flores, E., Gutiérrez, G., Arellano, J. L., Jiménez, K., García, E., & Flores, E. (2020). Relaciones genealógicas y morfometría del pericarpio en maíces con calidad de proteína. *Idesia (Arica)*, 38(2), 87–93. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292020000200087>
- Hernández, J., & Medina, D. (2023). Revalorization of Coffee Residues: Advances in the Development of Eco-Friendly Biobased Potential Food Packaging. *Polymers*, 15(13), 2823. <https://doi.org/10.3390/polym15132823>
- Hernández, J., & Medina, D. (2023). Revalorization of Coffee Residues: Advances in the Development of Eco-Friendly Biobased Potential Food Packaging. *Polymers*, 15(13), 2823. <https://doi.org/10.3390/polym15132823>
- Hernández, R., Álvarez, A., Olarte, A., Salgado, A. M., Hernández, R., Álvarez, A., Olarte, A., & Salgado, A. (2023). Obtención de nanocelulosa a partir de residuos postcosecha. *Mundo nano. Revista interdisciplinaria en nanociencias y nanotecnología*, 16(30), 1e–47e. <https://doi.org/10.22201/CEIICH.24485691E.2023.30.69662>
- Huamaní, C., Tudela, J. W., & Huamaní, A. (2020). Problema ambiental de gestión de residuos sólidos de la ciudad de Juliaca-Puno-Perú. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 22(1), 106–115. <https://doi.org/10.18271/ria.2020.541>
- Huapaya, Y. (2024). Evaluación del compostaje a diferentes composiciones para aprovechar los residuos orgánicos domiciliarios de la ciudad de Puno para contribuir en contrarrestar el cambio climático. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 26(1), 24–35. <https://doi.org/10.18271/RIA.2024.577>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2022). *Producción de palta se incrementó en 13 departamentos y creció 10,1%*.

- <https://m.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/noticias/nota-de-prensa-no-140-2022-inei.pdf>
- Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2021). *Norma Técnica Peruana NTP 901.013: Plásticos biodegradables*.
<https://busquedas.elperuano.pe/dispositivo/NL/2017203-5>
- Inyang, V., Laseinde, O., & Kanakana, G. (2022). Techniques and applications of lignocellulose biomass sources as transport fuels and other bioproducts. *International Journal of Low-Carbon Technologies*, 17, 900–909.
<https://doi.org/10.1093/ijlct/ctac068>
- Isikgor, F. y Becer, C. (2015). Lignocellulosic biomass: a sustainable platform for the production of bio-based chemicals and polymers. *Polymer Chemistry*, 6(25), 4497–4559. <https://doi.org/10.1039/C5PY00263J>
- Jiang, T., Duan, Q., Zhu, J., Liu, H., & Yu, L. (2020). Starch-based biodegradable materials: Challenges and opportunities. *Advanced Industrial and Engineering Polymer Research*, 3(1), 8–18. <https://doi.org/10.1016/j.aiepr.2019.11.003>
- Jiménez, M., Zarate, L., Romero, A., Bengoechea, C., Partal, P., & Guerrero, A. (2019). Bioplastics based on wheat gluten processed by extrusion. *Journal of Cleaner Production*, 239, 117994. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117994>
- Juárez, T., Maldonado, Y., González, R., Ramírez, M. O., Álvarez, P., & Salazar, R. (2021). Caracterización fisicoquímica y sensorial de café de la montaña de Guerrero. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 12(6), 1057–1069. <https://doi.org/10.29312/REMEXCA.V12I6.2773>
- Kahvand, F., & Fasihi, M. (2020). Microstructure and physical properties of thermoplastic corn starch foams as influenced by polyvinyl alcohol and plasticizer contents. *International Journal of Biological Macromolecules*, 157, 359–367. <https://doi.org/10.1016/J.IJBIOMAC.2020.04.222>
- Kaza, S., Yao, L. C., Bhada, P., & Van Woerden, F. (2020). *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. Washington, DC: World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/d3f9d45e-115f-559b-b14f-28552410e90a>
- Kim, Y., Priyadarshi, R., Kim, J., Kim, J., Alekseev, D., & Rhim, J. (2022). 3D-Printed Pectin/Carboxymethyl Cellulose/ZnO Bio-Inks: Comparative Analysis with the Solution Casting Method. *Polymers*, 14(21), 4711. <https://doi.org/10.3390/polym14214711>

- Kumar, S., Swapna, T., & Sabu, A. (2018). *Coffee Husk: A Potential Agro-Industrial Residue for Bioprocess* (pp. 97–109). https://doi.org/10.1007/978-981-10-7431-8_6
- Labouisse, J., Bellachew, B., Kotecha, S., & Bertrand, B. (2008). Current status of coffee (*Coffea arabica* L.) genetic resources in Ethiopia: implications for conservation. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 55(7), 1079–1093. <https://doi.org/10.1007/s10722-008-9361-7>
- Lee, Y., Cho, E., Maskey, S., Nguyen, D., & Bae, H. (2023). Value-Added Products from Coffee Waste: A Review. *Molecules*, 28(8), 3562. <https://doi.org/10.3390/molecules28083562>
- Li, R., Zhu, X., Peng, F., & Lu, F. (2023). Biodegradable, Colorless, and Odorless PLA/PBAT Bioplastics Incorporated with Corn Stover. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 11(24), 8870–8883. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.3c00691>
- Lozada, J. (2014). Investigación Aplicada: Definición, Propiedad Intelectual e Industria. *CienciAmérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica*, ISSN-e 1390-9592, Vol. 3, No. 1, 2014, págs. 47-50, 3(1), 47–50. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6163749&info=resumen&idioma=ENG>
- Luna, E., Zegbe, J., Meza, J., Minjares, R., Luna, E., Zegbe, J., Meza, J., & Minjares, R. (2023). Mucílago de nopal (*Opuntia spp.*) y su aplicación como aditivo alimentario: una visión general. *Revista fitotecnia mexicana*, 46(1), 51–61. <https://doi.org/10.35196/RFM.2023.1.51>
- Luo, Z., Li, P., Cai, D., Chen, Q., Qin, P., Tan, T., & Cao, H. (2017). Comparison of performances of corn fiber plastic composites made from different parts of corn stalk. *Industrial Crops and Products*, 95, 521–527. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.11.005>
- Topographic-map.com (2024). *Mapa topográfico Pichanaqui*. <https://es-pe.topographic-map.com/map-fqj6kl/Pichanaqui/>
- Mayte, A. (2023). “Bandejas biodegradables a partir de almidón de umarí (*Poraqueiba Sericea* T.) y tusa de maíz amarillo duro (*Zea Mays*)”. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Del Santa] Repositorio UNS. <https://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14278/4437/Tesis%20Barrios%20-%20Huertas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Maza, J., Flores, L., Santiana, C., & Bonilla, M. (2021). Obtención de almidón de maíz chulpi (*Zea Mays Amylosaccharata*). *Dominio de las Ciencias*, 7(3), 943–958. <https://doi.org/10.23857/DC.V7I3.2032>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI). (2021). *Observatorio de las Siembras y Perspectiva de la Producción del Maíz Choclo*. <http://repositorio.midagri.gob.pe:80/jspui/handle/20.500.13036/840>
- Molina, R., Gómez, W., & Cruz, J. (2021). Marine pollution from plastic waste in south pacific coastal Profile Contries, 2016- 2021. *Polo del Conocimiento*, 6(5), 458–478. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8016951>
- Mujtaba, M., Fernandes Fraceto, L., Fazeli, M., Mukherjee, S., Savassa, S., Araujo de Medeiros, G., do Espírito Santo Pereira, A., Mancini, S., Lipponen, J., & Vilaplana, F. (2023). Lignocellulosic biomass from agricultural waste to the circular economy: a review with focus on biofuels, biocomposites and bioplastics. *Journal of Cleaner Production*, 402, 136815. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136815>
- Mussatto, S., Machado, E., Martins, S., & Teixeira, J. (2011). Production, Composition, and Application of Coffee and Its Industrial Residues. *Food and Bioprocess Technology*, 4(5), 661–672. <https://doi.org/10.1007/s11947-011-0565-z>
- Nair, A., Sivasubramanian, P., Balakrishnan, P., Ajith Kumar, K., & Sreekala, M. (2013). Environmental Effects, Biodegradation, and Life Cycle Analysis of Fully Biodegradable “Green” Composites. En *Polymer Composites* (pp. 515–568). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9783527674220.ch15>
- Narancic, T., Cerrone, F., Beagan, N., & O’Connor, K. (2020). Recent Advances in Bioplastics: Application and Biodegradation. *Polymers*, 12(4), 920. <https://doi.org/10.3390/polym12040920>
- Obando, M., Alvarado, A., Hasang, E., Farah, S., Palacios, C., Obando, M., Alvarado, A., Hasang, E., Farah, S., & Palacios, C. (2022). Rendimiento y contenido proteico de siete híbridos de maíz (*Zea mays* L.) ecuatoriano cultivado en el valle de Santa Catalina, Perú. *Manglar*, 19(3), 227–232. <https://doi.org/10.17268/MANGLAR.2022.028>
- Ortiz, D., Arévalo, J., Fenollar, O., Rueda, Y., & Torres, S. (2020). Torrefaction of Coffee Husk Flour for the Development of Injection-Molded Green Composite Pieces of Polylactide with High Sustainability. *Applied Sciences*, 10(18), 6468. <https://doi.org/10.3390/app10186468>

- Othman, S. H., Ronzi, N. D. A., Shapi'i, R. A., Dun, M., Ariffin, S. H., & Mohammed, M. A. P. (2023). Biodegradability of Starch Nanocomposite Films Containing Different Concentrations of Chitosan Nanoparticles in Compost and Planting Soils. *Coatings* 2023, Vol. 13, Page 777, 13(4), 777. <https://doi.org/10.3390/COATINGS13040777>
- Perera, K., Jaiswal, A., & Jaiswal, S. (2023). Biopolymer-Based Sustainable Food Packaging Materials: Challenges, Solutions, and Applications. *Foods*, 12(12), 2422. <https://doi.org/10.3390/foods12122422>
- Peretti, A. (2010). *Manual para análisis de semillas*. (Vol. 281). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362010000100011
- Pillco, C., Guzmán, D., & Cuéllar, J. (2021). Composición físico química y análisis proximal del fruto de sofaique *Geoffroea decorticans* (Hook. et Arn.) procedente de la región Ica-Perú. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 87(1), 14–25. <https://doi.org/10.37761/RSQP.V87I1.319>
- Ponce, J., & Horna, N. (2023). *Formulación y caracterización de bandejas biodegradables con almidón de Manihota sculenta y fibras de Cynara scolymus* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Santa]. <https://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/4336>
- Ponce Ramirez, J. A., & Horna Menacho, N. R. (2023). *Formulación y caracterización de bandejas biodegradables con almidón de Manihota Sculenta y fibras de Cynara Scolymus*.
- Prieto, J., Méndez, M., Román, A., & Prieto, F. (2005). Estudio comparativo de características físicoquímicas de cereales Kellogg's. *Revista chilena de nutrición*, 32(1), 48–59. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182005000100006>
- Rabanal, M. y Medina, A. (2021). Evaluación del rendimiento, características morfológicas y químicas de variedades del maíz morado (*Zea mays L.*) en la región Cajamarca-Perú. *REVISTA TERRA LATINOAMERICANA*, 39. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.829>
- Ramos Galarza, C. A. (2020). Los alcances de una investigación. *CienciAmérica: Revista de Divulgación Científica de La Universidad Tecnológica Indoamérica*, ISSN-e 1390-9592, Vol. 9, No. 3, 2020 (Ejemplar Dedicado a: CienciAmérica (Julio-Diciembre 2020)), Págs. 1-6, 9(3), 1–6. <https://doi.org/10.33210/ca.v9i3.336>

- Ramos Galarza, C. A. (2021). Editorial: Diseños de investigación experimental. *CienciAmérica: Revista de Divulgación Científica de La Universidad Tecnológica Indoamérica*, ISSN-e 1390-9592, Vol. 10, No. 1, 2021 (Ejemplar Dedicado a: *CienciAmérica* (Enero-Junio 2021)), Págs. 1-7, 10(1), 1–7. <https://doi.org/10.33210/ca.v10i1.356>
- Ratna, A., Ghosh, A., & Mukhopadhyay, S. (2022). Advances and prospects of corn husk as a sustainable material in composites and other technical applications. *Journal of Cleaner Production*, 371, 133563. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133563>
- Reid, L., Arnason, J., Nozzolillo, C., Baum, B., & Hamilton, R. (1990). Taxonomy of Mexican landraces of maize, *Zea mays*, based on their resistance to European corn borer, *Ostrinia nubilalis*. *Euphytica*, 46(2), 119–131. <https://doi.org/10.1007/BF00022305>
- Resende, É., Fonseca, R., Ribeiro, P., & Queiroz, F. (2019). An investigation into green coffee press cake as a renewable source of bioactive compounds. *International Journal of Food Science & Technology*, 54(4), 1187–1196. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14074>
- Rojas, E. & Hernández, G. (2022). *Aprovechamiento tecnológico de la pulpa de café en la obtención de un producto vaso biodegradable* [Tesis de Pregrado, Universidad de La Salle] Repositorio Universidad La Salle. https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_alimentos/742/
- Rojas, R., Alvarado, L., Borjas, R., Carbonel, E., Castro, V., Julca, A., Roja, R., Alvarado, L., Borjas, R., Carbonell, E., Castro, V., & Julca, A. (2021). Sustentabilidad en fincas productoras de café (*Coffea arabica* L.) convencional y orgánica en el Valle del Alto Mayo, Región San Martín, Perú. *RIVAR (Santiago)*, 8(23), 1–13. <https://doi.org/10.35588/RIVAR.V8I23.4916>
- Ruíz, F. (2005). Efectos beneficiosos de una dieta rica en granos enteros. *Revista chilena de nutrición*, 32(3), 191–199. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182005000300003>
- Salazar, S. (2022). *Comparación de la calidad del bioplástico de los almidones de Solanum tuberosum (papa) y Zea mays (maíz) obtenidos del mercado central del distrito de Cutervo* [Tesis de Pregrado, Universidad Cesar Vallejo] Repositorio Digital Institucional UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/118480>
- Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA). (2022). https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/archivos/public/docs/Reportes_Estad%C3%ADsticos_Jun%C3%ADn.pdf

- Solórzano, J. Vargas, M. Hernán, W. Rosero, E., & Riera, M. (2023). Obtención de plástico biodegradable a partir de almidón de la tusa de maíz (*Zeamays*). *Publicaciones en Ciencias y Tecnología*, 17(1). <https://revistas.uclave.org/index.php/pcyt/article/view/4613>
- Souza, E. (2023). *Turning Corn Waste Into an Innovative Bio-Based Material*. <https://www.archdaily.com/1010712/turning-corn-waste-into-an-innovative-bio-based-material-cornwall-r>
- Terán, S., Torres, B., Torrescano, G., Esqueda, M., Sánchez, A., & Vargas, R. (2023). Residuos del procesamiento del fruto de café como fuente natural de antioxidantes para la industria cárnica. *TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 26. <https://doi.org/10.22201/FESZ.23958723E.2023.540>
- Troncoso, C., Pavez, M., Santos, A., Salazar, R., Barrientos, L., Troncoso, C., Pavez, M., Santos, A., Salazar, R., & Barrientos, L. (2017). Implicancias Estructurales y Fisiológicas de la Célula Bacteriana en los Mecanismos de Resistencia Antibiótica. *International Journal of Morphology*, 35(4), 1214–1223. <https://doi.org/10.4067/S0717-95022017000401214>
- United State Agency International Development (USAID). (2020). *Estudio de caso: los desechos plásticos en el mar y la gestión de residuos sólidos en Perú*. https://biodiversitylinks.org/learning-evidence/lac-pse/documents/peru_marine_plastics_cs_spanish.pdf
- Vega, S., Garvizu, V., Alvizuri, P., Soria, F., & Lo-Lacono, V. (2023). Elaboration of biomaterials from coffee waste. *27th International Congress on Project Management and Engineering Donostia-San Sebastián, 10th-13th July 2023*, 1100–1109.
- Víctor, S., Muñoz, O., Meregildo, A., Ramírez, S., Rosa, M., & Yoplac, A. (2020). Bebida alcohólica por fermentación de cáscara y mucilago del café (*Coffea arabica L.*) a diferente pH y concentración de levadura. *Revista Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería*, 3(1), 9–15. <https://doi.org/10.25127/UCNI.V3I1.586>
- Zaborowska, M., Bernat, K., Pszczółkowski, B., Wojnowska-Baryła, I., & Kulikowska, D. (2021). Anaerobic Degradability of Commercially Available Bio-Based and Oxo-Degradable Packaging Materials in the Context of their End of Life in the Waste Management Strategy. *Sustainability 2021, Vol. 13, Page 6818, 13(12)*, 6818. <https://doi.org/10.3390/SU13126818>

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

Desarrollo de un envase biodegradable a partir de residuos de café (*Coffea arabica* L.) y maíz (*Zea mays*) generados por agricultores en Pichanaki, Junín.

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVOS GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLE	INDICADORES	METODOLOGIA
¿Cómo desarrollar envases biodegradables a partir de residuos de café (<i>Coffea arabica</i> L.) y maíz (<i>Zea mays</i>), generados por agricultores del distrito de Pichanaki?	Desarrollar envases biodegradables a partir de residuos de café (<i>Coffea arabica</i> L.) y maíz (<i>Zea mays</i>), generados por agricultores del distrito de Pichanaki, Junín.	La incorporación de residuos de café (<i>Coffea arabica</i> L.) y maíz (<i>Zea mays</i>), generados por agricultores del distrito de Pichanaki, permitirá desarrollar envases biodegradables.	VARIABLE INDEPENDIENTE : Residuos de café y maíz	✓ Porcentaje de fibra de café ✓ Porcentaje de humedad ✓ Granulometría de la fibra y almidón	TIPO DE INVESTIGACIÓN: Aplicada NIVEL DE INVESTIGACIÓN : Explicativo METODO : Hipotético deductivo DISEÑO DE INVESTIGACIÓN : Experimental POBLACIÓN : Los residuos de café y maíz generados en la provincia de Junín, distrito de Pichanaki MUESTRA : La muestra del proyecto de investigación es de 10 kilos de residuo de café y 15 kilos de residuo de maíz, Obtenidos de los agricultores de Pichanaki
ESPECIFICOS	ESPECIFICOS	ESPECIFICOS			
¿Cuál es la fórmula óptima en el desarrollo de envases biodegradables a partir de residuos de café (<i>Coffea arabica</i> L.) y maíz (<i>Zea mays</i>)?	Determinar la fórmula óptima en el desarrollo de envases biodegradables a partir de residuos de café (<i>Coffea arabica</i> L.) y maíz (<i>Zea mays</i>).	La formulación óptima para elaborar envases biodegradables a partir de residuos de café (<i>Coffea arabica</i> L.) y maíz (<i>Zea mays</i>) se alcanzará a través de una proporción adecuada de ambos componentes, la cual permitirá obtener propiedades físico-mecánicas que cumplan con los parámetros técnicos.	VARIABLE DEPENDIENTE : Características físico-mecánicas	✓ Espesor ✓ Densidad ✓ Porcentaje de humedad ✓ Prueba de tensión y compresión ✓ Capacidad de absorción de agua (%)	

¿Cuáles son las características físico-mecánicas de los envases biodegradables obtenidos a partir de residuos de café (<i>Coffea arabica</i> L.) y maíz (<i>Zea mays</i>)?	Determinar las características físico-mecánicas de los envases biodegradables elaborados a partir de residuos de café (<i>Coffea arabica</i> L.) y maíz (<i>Zea mays</i>), mediante la evaluación del espesor, densidad, porcentaje de humedad, resistencia a la tensión, resistencia a la compresión y capacidad de absorción de agua.	Las características físico-mecánicas de los envases biodegradables elaborados a partir de residuos de café (<i>Coffea arabica</i> L.) y maíz (<i>Zea mays</i>) cumplirán con valores aceptables de espesor, densidad, porcentaje de humedad, resistencia a la tensión, resistencia a la compresión y capacidad de absorción de agua, de acuerdo con los parámetros establecidos	Degradación	✓ Tiempo de descomposición ✓ Pérdida de peso
¿Cuál será el tiempo de degradación del envase biodegradable óptimo a partir de residuo de café (<i>Coffea arabica</i> L.) y maíz (<i>Zea mays</i>) mediante la evaluación del tiempo de descomposición y la pérdida de peso durante el proceso de biodegradación?	Determinar el tiempo de degradación del envase biodegradable óptimo elaborado a partir de residuos de café (<i>Coffea arabica</i> L.) y maíz (<i>Zea mays</i>), mediante la evaluación del tiempo de descomposición y la pérdida de peso durante el proceso de biodegradación.	El tiempo de degradación del envase biodegradable óptimo a partir de residuos de café (<i>Coffea arabica</i> L.) y maíz (<i>Zea mays</i>) indicará un proceso de biodegradación eficiente, evidenciado por una descomposición progresiva y una reducción significativa de su masa bajo condiciones controladas de compostaje.		

Anexo 2. Obtención de envases biodegradables

Figura 23

Recolección de los residuos.



Figura 24

Secado de la cascara de café.



Figura 25

Selección y molido.



Figura 26

Tamizado.



Figura 27

Obtención del almidón de maíz



Figura 28

Pesado de la formulación, voleado y termoprensado.



Figura 29

Expansión del envase y obtención del envase biodegradable



Figura 30

Tierra para la degradación de los Envase biodegradable.



Anexo 3. Registro de los valores correspondientes de las características físico-mecánicas a cada tratamiento experimental y sus repeticiones

Tabla 15

Valores de densidad y espesor.

Tratamientos	Repeticiones	Peso (g)	Espesor (mm)	Volumen (cm ³)	Densidad (g/cm ³)
P CONTROL	R1	2,33	2,87	5,74	0,41
	R2	2,34	2,75	5,50	0,43
	R3	2,37	2,60	5,20	0,46
T1	R1	2,11	2,65	5,30	0,40
	R2	2,19	2,70	5,40	0,41
	R3	2,18	2,67	5,34	0,41
T2	R1	2,36	2,52	5,04	0,47
	R2	2,32	2,45	4,90	0,47
	R3	2,41	2,44	4,88	0,49
T3	R1	2,04	2,45	4,9	0,42
	R2	2,05	2,57	5,14	0,40
	R3	2,08	2,34	4,68	0,44
T4	R1	1,87	2,64	5,28	0,35
	R2	1,74	2,59	5,18	0,34
	R3	1,95	2,68	5,36	0,36
T5	R1	1,41	2,87	5,74	0,25
	R2	1,49	2,89	5,78	0,26
	R3	1,45	2,88	5,76	0,25
T6	R1	2,18	2,35	4,70	0,46
	R2	2,22	2,25	4,50	0,49
	R3	2,15	2,45	4,90	0,44

La Tabla 15 presenta los valores registrados de peso, espesor, volumen y densidad obtenidos en los envases elaborados con almidón de maíz y fibra de café. En cada tratamiento se realizaron tres repeticiones experimentales con el fin de garantizar la precisión y reproducibilidad de los datos.

Tabla 16*Valores de absorción de agua.*

Tratamientos	Repeticiones	Peso inicial	Peso final	Absorción de agua (g/g)
P CONTROL	R1	1,93	2,16	1,16
	R2	1,86	2,26	1,26
	R3	1,81	2,19	1,19
T1	R1	1,31	1,95	0,95
	R2	1,24	1,89	0,89
	R3	1,25	1,94	0,94
T2	R1	1	1,84	0,84
	R2	1,02	1,86	0,86
	R3	1,12	1,82	0,82
T3	R1	1,28	2,09	1,09
	R2	1,23	2,12	1,12
	R3	1,27	1,96	0,96
T4	R1	1,45	2,34	1,34
	R2	1,48	2,27	1,27
	R3	1,246	2,14	1,14
T5	R1	1,61	1,92	0,92
	R2	1,68	1,88	0,88
	R3	1,66	1,91	0,91
T6	R1	1,24	2,26	1,26
	R2	1,35	2,25	1,25
	R3	1,39	2,18	1,18

La Tabla 16 presenta los valores registrados para la prueba de absorción de agua en los envases elaborados con almidón de maíz y fibra de café. En cada tratamiento se efectuaron tres repeticiones experimentales con el propósito de asegurar la confiabilidad y consistencia de los resultados. Los datos reflejan el peso inicial y final de las muestras después del ensayo, así como la cantidad de agua absorbida expresada en gramos de agua por gramo de material (g/g).

Tabla 17*Valores de humedad.*

Tratamientos	Repeticiones	Peso de la muestra (g)	humedad (%)	Tiempo (min)	Temperatura (°C)
P CONTROL	R1	0,88	8,04	16,2	105
	R2	0,95	8,23	12,5	105
	R3	0,82	8,21	14,8	105
T1	R1	0,76	7,83	10,1	105
	R2	0,63	7,87	13,5	105
	R3	0,62	7,65	15,5	105
T2	R1	0,75	7,37	11	105
	R2	0,71	7,44	14,9	105
	R3	0,74	7,33	13,6	105
T3	R1	0,60	9,77	13,4	105
	R2	0,58	9,88	11,7	105
	R3	0,59	9,54	12,4	105
T4	R1	0,64	9,77	16,6	105
	R2	0,60	9,83	16,3	105
	R3	0,60	9,68	15,8	105
T5	R1	0,63	8,38	7,38	105
	R2	0,63	8,32	13,8	105
	R3	0,59	8,53	12,56	105
T6	R1	0,73	9,42	17,7	105
	R2	0,59	9,34	11,1	105
	R3	0,66	9,24	14,3	105

La Tabla 17 muestra los valores obtenidos para el contenido de humedad en los envases elaborados con almidón de maíz y fibra de café. Cada tratamiento se evaluó mediante tres repeticiones, registrando el peso de la muestra, el porcentaje de humedad, el tiempo de secado y la temperatura constante de 105 °C. Los resultados corresponden a los valores experimentales que permiten determinar la cantidad de agua retenida en las formulaciones durante el proceso de secado.

Tabla 18*Valores de Máxima fuerza de tensión, Resistencia a la tracción y Elongación*

Tratamientos	Máxima fuerza de tensión	Espesor	Resistencia a la tracción	Distancia de máxima fuerza de tensión	Elongación
	kg	mm	MPa	mm	%
P CONTROL					
R1	13,38	2,87	12,36	0,85	1,45
R2	13,45	2,75	12,29	0,93	1,55
R3	13,76	2,6	12,39	0,90	1,50
T1					
R1	14,72	3,26	11,90	0,42	1,7
R2	14,33	3,07	11,51	0,53	1,88
R3	14,33	3,37	11,71	0,43	1,82
T2					
R1	12,71	2,52	10,14	0,70	1,92
R2	12,59	2,45	10,52	0,72	1,97
R3	12,75	2,54	10,22	0,62	1,93
T3					
R1	10,76	2,45	10,25	0,50	1,5
R2	10,31	2,57	10,16	0,60	1,53
R3	10,63	2,34	10,23	0,46	1,77
T4					
R1	10,78	2,64	10,20	0,67	1,12
R2	10,41	2,29	10,05	0,44	1,13
R3	10,56	2,48	10,19	0,54	1,23
T5					
R1	10,84	2,87	10,15	0,79	1,32
R2	10,25	2,89	10,10	0,69	1,48
R3	10,21	2,88	10,07	0,63	1,05
T6					
R1	10,52	2,35	8,78	0,50	1,23
R2	10,78	2,25	8,55	0,62	1,03
R3	10,48	2,75	8,98	0,52	1,17

La Tabla 18 muestra los valores experimentales de máxima fuerza de tensión, resistencia a la tracción y elongación obtenidos en los envases elaborados con almidón de maíz y fibra de café, considerando tres repeticiones por tratamiento. Los datos reflejan el comportamiento mecánico del material frente a la aplicación de carga, evidenciando la consistencia de las mediciones entre repeticiones. La información obtenida permite identificar cómo la incorporación de fibra influye en la resistencia y la flexibilidad del envase.

Tabla 19*Valores de Dureza y Fracturabilidad*

	Dureza kg	Fracturabilidad mm
P CONTROL		
R1	14,53	7,06
R2	14,80	7,81
R3	14,43	7,05
T1		
R1	14,11	6,59
R2	14,31	6,68
R3	14,60	6,39
T2		
R1	7,32	5,32
R2	7,14	5,36
R3	7,29	5,47
T3		
R1	5,22	5,04
R2	5,20	5,12
R3	5,55	5,27
T4		
R1	6,16	5,06
R2	6,64	5,01
R3	6,60	5,17
T5		
R1	4,67	4,56
R2	4,15	4,71
R3	4,60	4,65
T6		
R1	7,16	4,09
R2	7,34	4,40
R3	7,35	4,35

La Tabla 19 presenta los valores experimentales de dureza y fracturabilidad obtenidos en los envases elaborados con almidón de maíz y fibra de café, considerando tres repeticiones por tratamiento. Estos parámetros permiten evaluar la firmeza y la resistencia del material ante la aplicación de fuerza. Los resultados reflejan la variabilidad natural del ensayo y la influencia de la fibra en la estructura del envase.

Anexo 4. Resultados estadísticos con Minitab 8 de las características físico mecánicas

Tabla 20

Análisis de varianza del espesor.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
C	6	0,6169	0,102816	15,58	0,0001
Error	14	0,0924	0,0066		
Total	20	0,7093			

Tabla 21

Medias del espesor.

Tratamientos	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
C	3	2,74	0,1353	(2,6394; 2,8406)
T1	3	2,6733	0,0252	(2,5727; 2,7739)
T2	3	2,47	0,0436	(2,3694; 2,5706)
T3	3	2,4533	0,115	(2,3527; 2,5539)
T4	3	2,6367	0,0451	(2,5361; 2,7373)
T5	3	2,88	0,01	(2,77940; 2,98060)
T6	3	2,35	0,1	(2,2494; 2,4506)

Tabla 22

Comparación de Dunnet para espesor.

Tratamientos	N	Media	Agrupación
C	3	2,74	A
T5	3	2,88	A
T1	3	2,6733	A
T4	3	2,6367	A
T2	3	2,47	B
T3	3	2,4533	B
T6	3	2,35	B

Figura 31

Intervalos de confianza del 95 % para la media de espesor. Se incluyen ICs simultáneos del 95 % según Dunnett para comparaciones con el control.

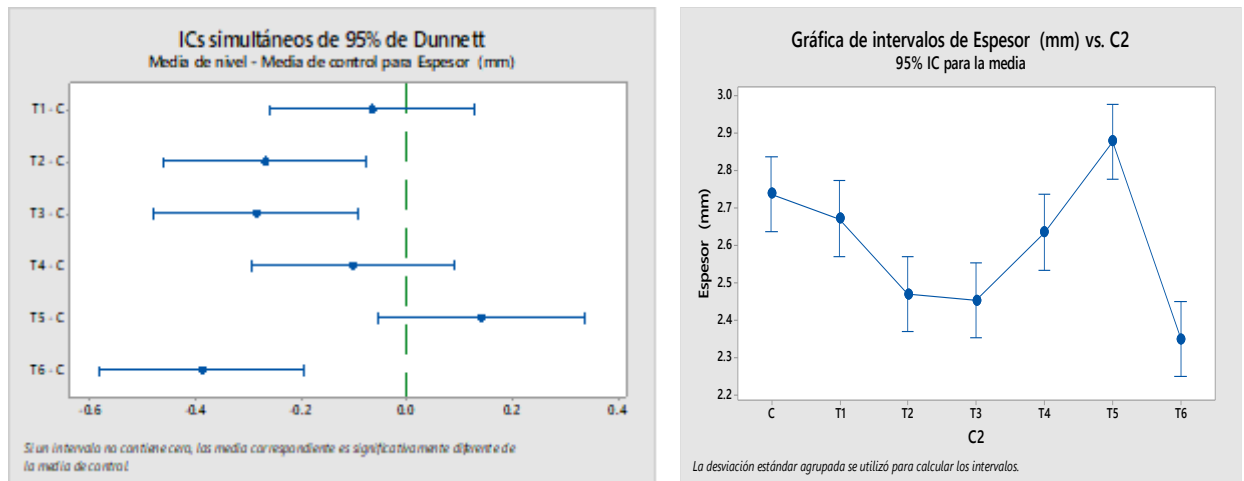


Tabla 23

Análisis de varianza de la densidad.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
C	6	0,108135	0,018023	53,59	0,000
Error	14	0,004709	0,000336		
Total	20	0,112844			

Tabla 24

Medias de la densidad.

Tratamientos	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
C	3	0,43	0,03	(0,4063; 0,4518)
T1	3	0,40	0,01	(0,38126; 0,42668)
T2	3	0,48	0,01	(0,45582; 0,50123)
T3	3	0,42	0,02	(0,3972; 0,4426)
T4	3	0,35	0,01	(0,32858; 0,37400)
T5	3	0,25	0,01	(0,22901; 0,27443)
T6	3	0,47	0,03	(0,4426; 0,4880)

Tabla 25*Comparación de Dunnett para densidad.*

Tratamientos	N	Media	Agrupación
C	3	0,429	A
T2	3	0,47853	B
T6	3	0,4653	A
T3	3	0,4199	A
T1	3	0,40397	A
T4	3	0,35129	B
T5	3	0,25172	B

Tabla 26*Análisis de varianza de densidad.*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
C	6	0,108135	0,018023	53,59	0,000
Error	14	0,004709	0,000336		
Total	20	0,112844			

Figura 32

Intervalos de confianza del 95 % para la media de densidad. Se incluyen ICs simultáneos del 95 % según Dunnett para comparaciones con el control

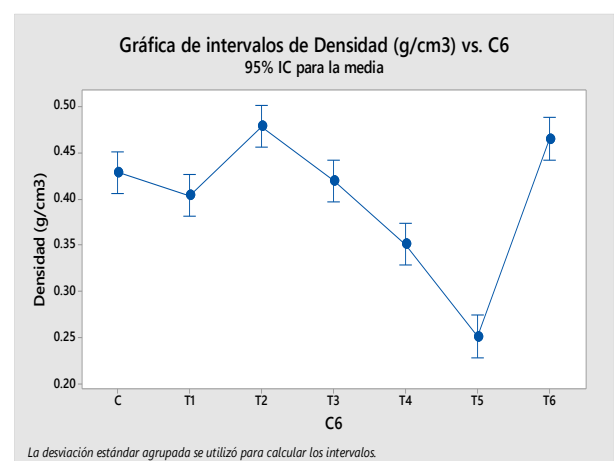
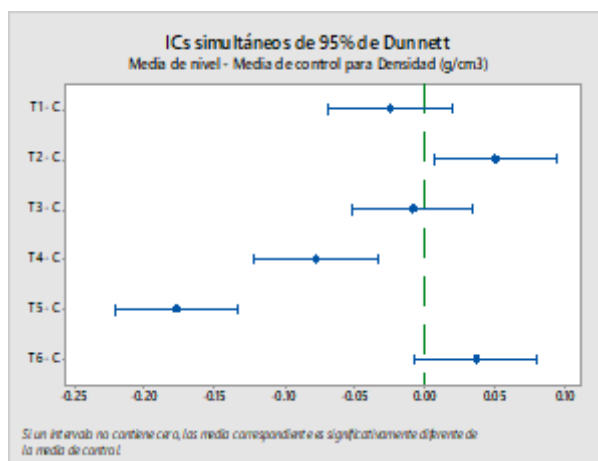


Tabla 27*Análisis de varianza de la absorción de agua.*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
C	6	0,52879	0,088132	25,78	0,001
Error	14	0,04787	0,003419		
Total	20	0,57666			

Tabla 28*Medias de la absorción de agua.*

Tratamientos	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
C	3	1,20	0,05	(1,1309; 1,2757)
T1	3	0,93	0,03	(0,8543; 0,9991)
T2	3	0,84	0,02	(0,7676; 0,9124)
T3	3	1,06	0,09	(0,9843; 1,1291)
T4	3	1,25	0,10	(1,1776; 1,3224)
T5	3	0,90	0,02	(0,8309; 0,9757)
T6	3	1,23	0,04	(1,1576; 1,3024)

Tabla 29*Comparación de Dunnet para la absorción de agua.*

Tratamientos	N	Media	Agrupación
C	3	1,2033	A
T4	3	1,25	A
T6	3	1,23	A
T3	3	1,0567	B
T1	3	0,9267	B
T5	3	0,9033	B
T2	3	0,84	B

Figura 33

Intervalos de confianza del 95 % para la media de absorción de agua. Se incluyen ICs simultáneos del 95 % según Dunnett para comparaciones con el control.

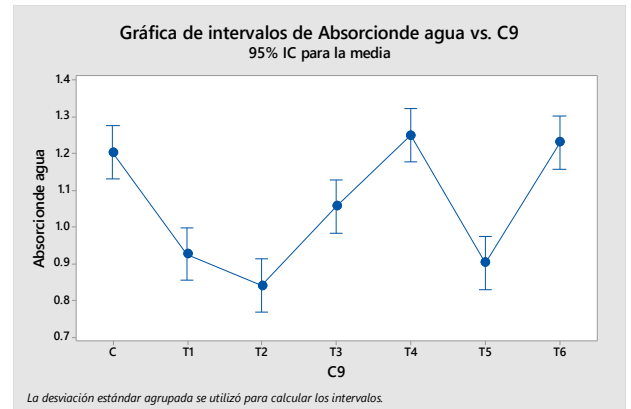
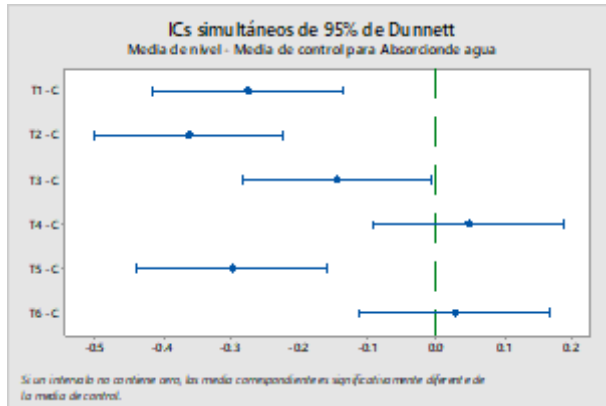


Tabla 30

Análisis de varianza de la humedad.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
C	6	16,5814	2,76357	232,05	0,000
Error	14	0,1667	0,01191		
Total	20	16,7482			

Tabla 31

Medias de la humedad.

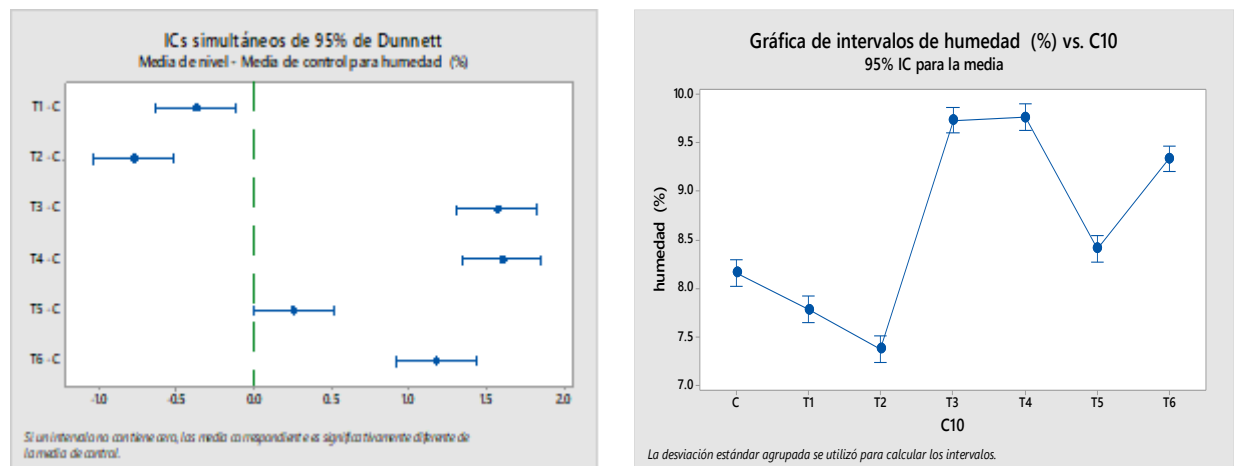
Tratamientos	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
C	3	8,16	0,1044	(8,0249; 8,2951)
T1	3	7,7833	0,1172	(7,6482; 7,9185)
T2	3	7,38	0,0557	(7,2449; 7,5151)
T3	3	9,73	0,173	(9,595; 9,865)
T4	3	9,76	0,0755	(9,6249; 9,8951)
T5	3	8,41	0,1082	(8,2749; 8,5451)
T6	3	9,3333	0,0902	(9,1982; 9,4685)

Tabla 32*Comparación de Dunnett para la humedad.*

Tratamientos	N	Media	Agrupación
C (control)	3	8,16	A
T4	3	9,76	B
T3	3	9,73	B
T6	3	9,3333	B
T5	3	8,41	A
T1	3	7,7833	B
T2	3	7,38	B

Figura 34

Intervalos de confianza del 95 % para la media de la humedad. Se incluyen ICs simultáneos del 95 % según Dunnett para comparaciones con el control.

**Tabla 33***Análisis de varianza de la máxima fuerza de tensión.*

Fuente	GL	SC.Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
C	6	29,6552	4,94253	102,43	0,001
Error	14	0,6755	0,04825		
Total	20	30,3307			

Tabla 34

Medias de la máxima fuerza de tensión.

Tratamientos	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
C	3	13,53	0,20	(13,258; 13,802)
T1	3	14,46	0,23	(10,188; 10,732)
T2	3	12,68	0,08	(12,4113; 12,9553)
T3	3	10,57	0,23	(10,295; 10,839)
T4	3	10,58	0,19	(10,311; 10,855)
T5	3	10,43	0,35	(10,161; 10,705)
T6	3	10,59	0,16	(10,3213; 10,8653)

Tabla 35

Comparación de Dunnett para la máxima fuerza de tensión.

Tratamientos	N	Media	Agrupación
C	3	13,53	A
T2	3	12,6833	B
T6	3	10,5933	B
T4	3	10,583	B
T3	3	10,567	B
T1	3	14,46	A
T5	3	10,433	B

Figura 35

Intervalos de confianza del 95 % para la media de Máxima fuerza de tensión. Se incluyen ICs simultáneos del 95 % según Dunnett para comparaciones con el control.

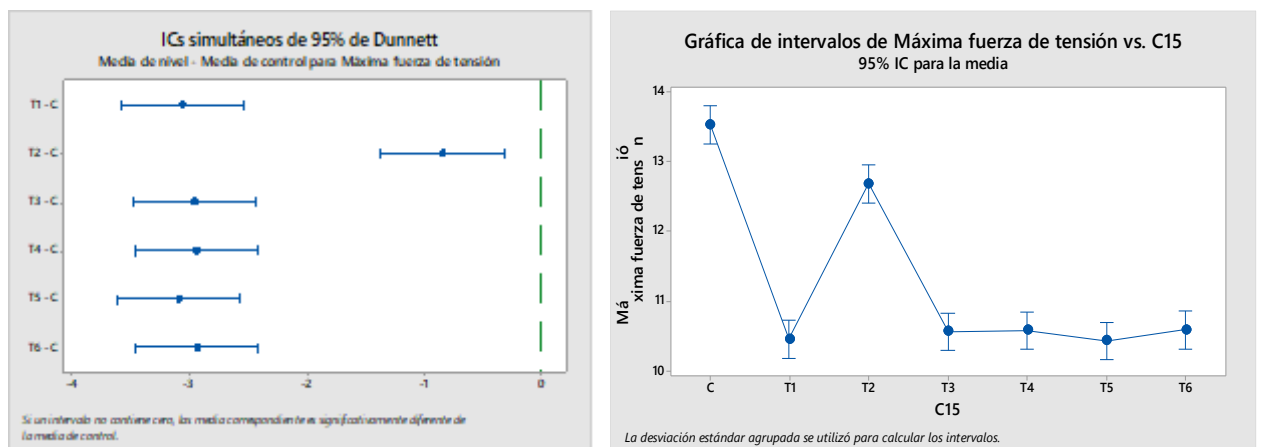


Tabla 36*Análisis de varianza de la resistencia a la tracción.*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
C	6	24,8146	4,13576	2,9.12	0,000
Error	14	0,2769	0,01978		
Total	20	25,0915			

Tabla 37*Medias de la resistencia a la tracción.*

Tratamientos	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
C	3	12,3467	0,0532	(12,1725; 12,5208)
T1	3	11,707	0,196	(11,533; 11,881)
T2	3	10,292	0,201	(10,118; 10,466)
T3	3	10,2126	0,049	(10,0385; 10,3867)
T4	3	10,1476	0,0819	(9,9734; 10,3217)
T5	3	10,1066	0,0424	(9,9324; 10,2807)
T6	3	8,768	0,214	(8,594; 8,942)

Tabla 38*Comparación de Dunnet para la resistencia a la tracción.*

Tratamientos	N	Media	Agrupación
C (control)	3	12,3467	A
T1	3	11,707	B
T2	3	10,292	B
T3	3	10,2126	B
T4	3	10,1476	B
T5	3	10,1066	B
T6	3	8,768	B

Figura 36

Intervalos de confianza del 95 % para la media de resistencia a la tracción. Se incluyen ICs simultáneos del 95 % según Dunnett para comparaciones con el control.

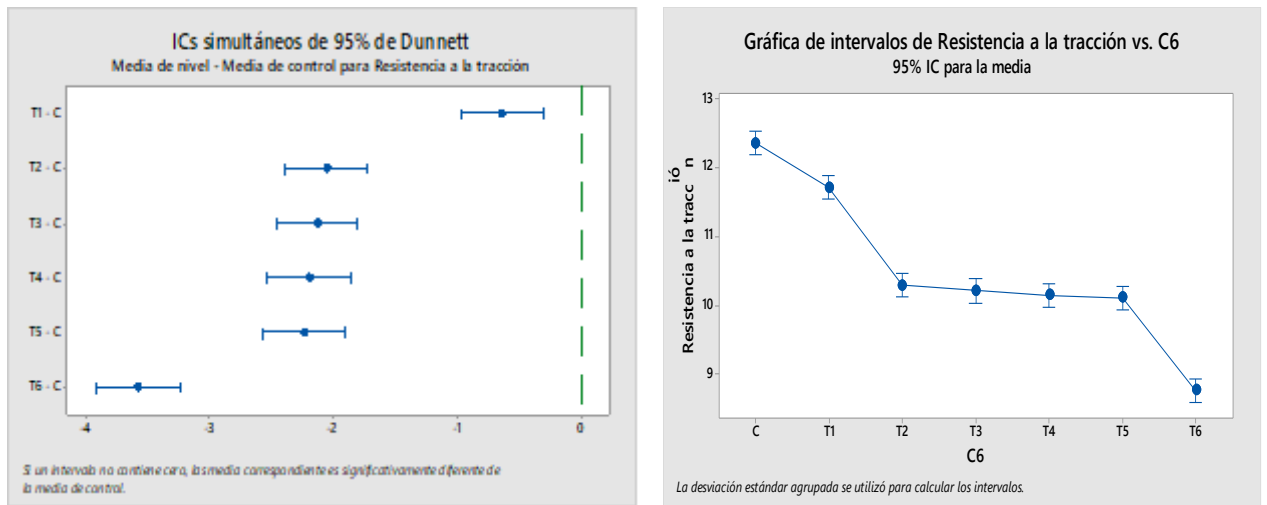


Tabla 39

Análisis de varianza de la elongación.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
C	6	1,7478	0,29129	21,47	0,000
Error	14	0,1899	0,01357		
Total	20	1,9377			

Tabla 40

Medias de la elongación.

Tratamientos	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
C	3	1,5	0,05	(1,3558; 1,6442)
T1	3	1,8	0,0917	(1,6558; 1,9442)
T2	3	1,94	0,0265	(1,7958; 2,0842)
T3	3	1,6	0,148	(1,4558; 1,7442)
T4	3	1,16	0,0608	(1,0158; 1,3042)
T5	3	1,283	0,217	(1,139; 1,428)
T6	3	1,1433	0,1026	(0,9991; 1,2876)

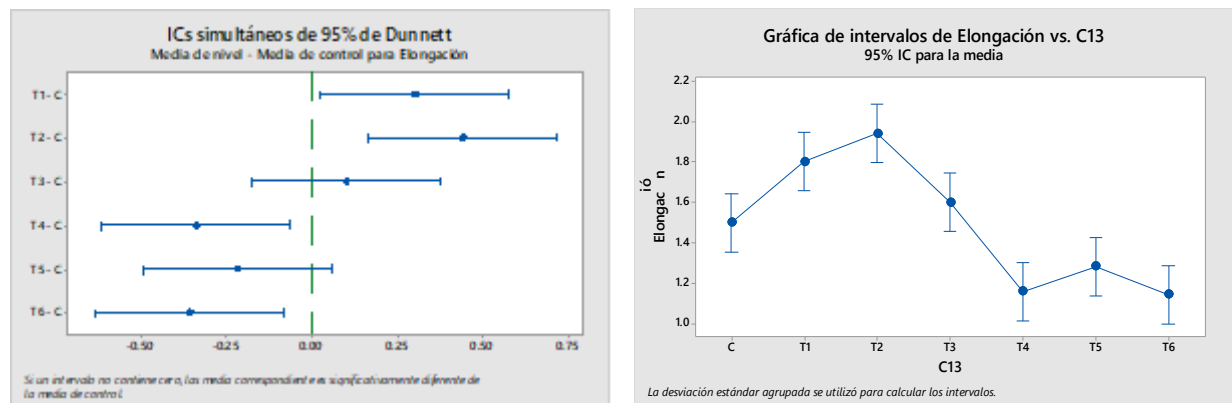
Tabla 41

Comparación de Dunnett para la elongación.

Tratamientos	N	Media	Agrupación
C (control)	3	1,5	A
T2	3	1,94	B
T1	3	1,8	B
T3	3	1,6	A
T5	3	1,283	A
T4	3	1,16	B
T6	3	1,1433	B

Figura 37

Intervalos de confianza del 95 % para la media de elongación. Se incluyen ICs simultáneos del 95 % según Dunnett para comparaciones con el control.

**Tabla 42**

Análisis de varianza de la dureza.

Tratamientos	GL	SC Ajust,	MC Ajust,	Valor F	Valor p
C	6	351,305	58,5509	1333,88	0,001
Error	14	0,615	0,0439		
Total	20	351,92			

Tabla 43

Medias de la dureza.

Tratamientos	N	Media	Desv,Est,	IC de 95%
C	3	4,31	0,44	(3,977; 4,636)
T1	3	2,55	0,15	(2,2235; 2,8831)
T2	3	2,38	0,08	(2,0535; 2,7131)
T3	3	2,51	0,43	(2,180; 2,840)
T4	3	2,58	0,25	(2,250; 2,910)
T5	3	2,64	0,08	(2,3102; 2,9698)
T6	3	2,28	0,17	(1,9502; 2,6098)

Tabla 44

Comparación de Dunnet para la dureza.

Tratamientos	N	Media	Agrupación
C	3	14,587	A
T1	3	14,34	A
T6	3	7,2833	B
T2	3	7,25	B
T4	3	6,467	B
T3	3	5,323	B
T5	3	4,473	B

Figura 38

Intervalos de confianza del 95 % para la media de dureza. Se incluyen ICs simultáneos del 95 % según Dunnett para comparaciones con el control.

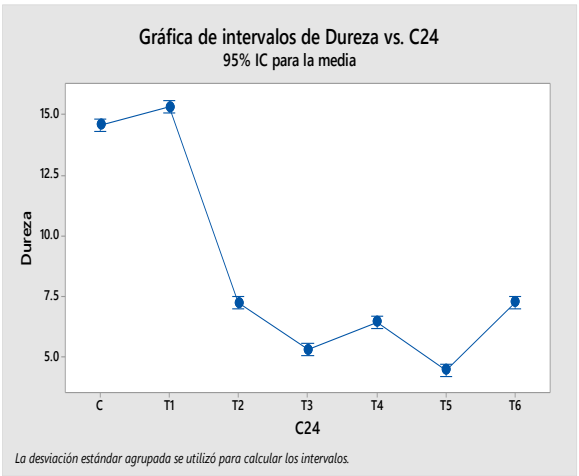
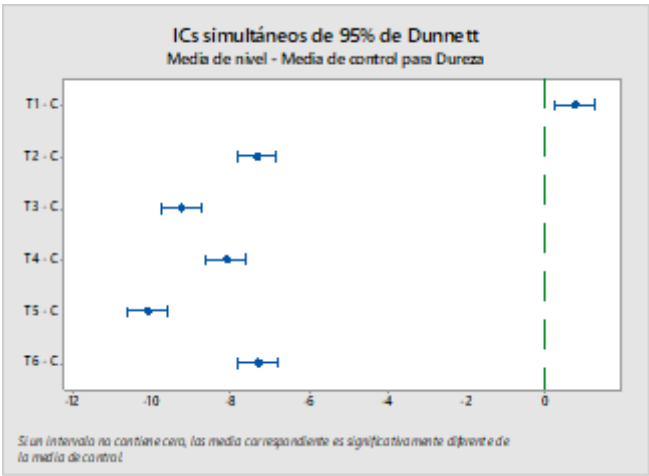


Tabla 45*Análisis de varianza de la fracturabilidad.*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
C	6	20,7508	3,45847	89,06	0,001
Error	14	0,5437	0,03883		
Total	20	21,2945			

Tabla 46*Medias de la fracturabilidad.*

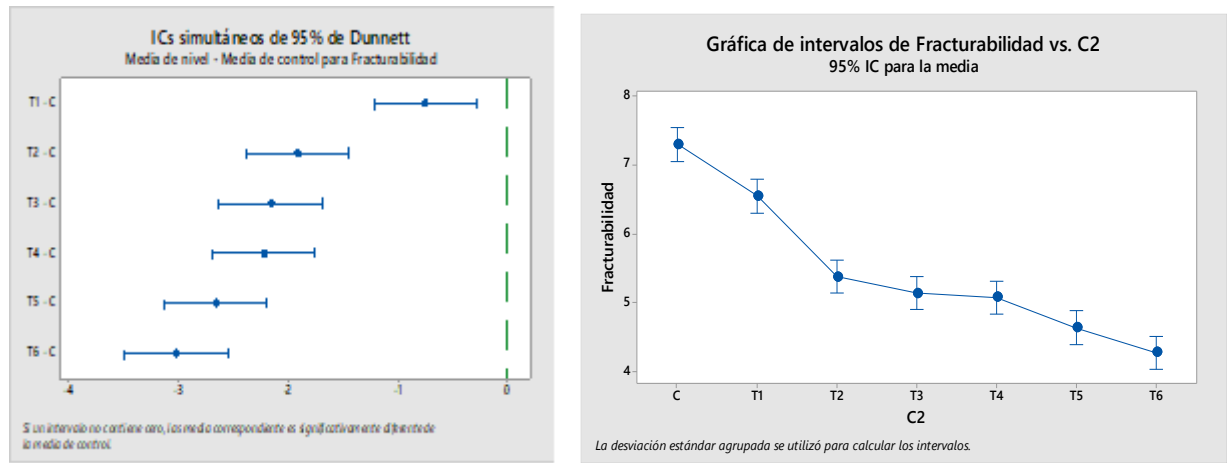
Tratamientos	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
C	3	7,307	0,436	(7,063; 7,551)
T1	3	6,5533	0,1484	(6,3093; 6,7974)
T2	3	5,3833	0,0777	(5,1393; 5,6274)
T3	3	5,1433	0,1168	(4,8993; 5,3874)
T4	3	5,08	0,0819	(4,8360; 5,3240)
T5	3	4,64	0,0755	(4,3960; 4,8840)
T6	3	4,28	0,1664	(4,0360; 4,5240)

Tabla 47*Comparación de Dunnet para la fracturabilidad.*

C26	N	Media	Agrupación
C (control)	3	7,307	A
T1	3	6,5533	B
T2	3	5,3833	B
T3	3	5,1433	B
T4	3	5,08	B
T5	3	4,64	B
T6	3	4,28	B

Figura 39

Intervalos de confianza del 95 % para la media de fracturabilidad. Se incluyen ICs simultáneos del 95 % según Dunnett para comparaciones con el control.





**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
ALTOANDINA DE TARMA**
Creada Por Ley N° 29652 y Ley N° 30139
FACULTAD DE INGENIERÍA

RESOLUCIÓN DE COORDINACIÓN DE FACULTAD N° 017-2025-UNAAT/FI

Tarma, 28 de abril de 2025

VISTO:

PROVEÍDO N°096-UNAAT/C-FI, CARTA N°007-2025-UNAAT/FI-DAIA-PCR, CARTA N°003-2025-UNAAT/FI-DAIA-ERTG, MEMORANDO N°009-2025-UNAAT/C-FI, MEMORANDO N°010-2025-UNAAT/C-FI, INFORME N°006-2025-UNAAT/P-VPA-FI-UI, OFICIO N° 0125-2025-UNAAT/C-FI, SOLICITUD;

CONSIDERANDO:

Que, según Ley N° 29652, modificada por la Ley N° 30139, se creó la Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma, como persona jurídica de derecho público; sin fines de lucro, con autonomía académica, económica, normativa y administrativa, conforme a ley;

Que, mediante Resolución del Consejo Directivo N° 142-2018-SUNEDU/CD, de 18 de octubre de 2018, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria resolvió otorgar la licencia institucional a la UNAAT, para ofrecer el servicio educativo superior universitario, con vigencia de seis (06) años; la misma que fue modificada con Resolución del Consejo Directivo N° 061-2022-SUNEDU/CD, de fecha 17 de junio de 2022, en el extremo de reconocer la creación de dos (2) locales y el cambio de locación;

Que, el artículo 29 de la Ley N° 30220, Ley Universitaria, establece que, aprobada la ley de creación de una universidad pública, el Ministerio de Educación constituye una Comisión Organizadora y que el proceso de constitución de una universidad concluye con la designación de sus autoridades, dentro de los plazos establecidos por el Ministerio de Educación;

Que, con Resolución Viceministerial N° 008-2023-MINEDU, de fecha 11 de enero de 2023, se reconfirma la Comisión Organizadora de la UNAAT, integrada por los académicos Dra. Milagro Rosario Henríquez Suárez, como Presidenta; Dr. Ángel Almidón Elescano como Vicepresidente Académico y Dr. David Elí Salazar Espinoza como Vicepresidente de Investigación;

Que, la Octava Disposición Complementaria del Estatuto de la Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma, estipula que, en tanto no se constituyan los órganos de gobierno se puede designar un Coordinador de Facultad de manera provisional que hará las veces de Decano de Facultad; cumpliendo así con el Documento Normativo denominado "Disposiciones para la constitución y funcionamiento de las comisiones organizadoras de las universidades públicas en proceso de constitución" aprobada mediante Resolución Viceministerial N° 244-2021-MINEDU, de fecha 27 de julio de 2021;

Que, en ese contexto, mediante la Resolución de Comisión Organizadora N° 0427-2024-UNAAT, de fecha 26 de diciembre de 2024, se resuelve encargar a Larry Oscar Chañi Paucar, profesor Principal ordinario las funciones de Coordinador de la Facultad de Ingeniería de la UNAAT, del 01 de enero al 30 de junio de 2025;

Que, con Resolución de Comisión Organizadora N° 0241-2024-UNAAT de fecha 09 de agosto de 2024 se otorga al Coordinador de la Facultad Ingeniería de la UNAAT, la facultad de emitir acto resolutivo enmarcadas en las atribuciones de Decano de la Facultad establecidas en la Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la UNAAT;

Que, mediante la Resolución de Comisión Organizadora N° 0010-2025-UNAAT, de fecha 09 de enero de 2025, se resuelve designar a Gina De La Cruz Calderón, docente ordinario como Secretaria Docente de la Facultad de Ingeniería de la UNAAT a partir del 10 de enero de 2025;

Que, en cumplimiento con el Artículo 30° del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma aprobado con Resolución de Comisión Organizadora N° 0227-2024-UNAAT;

RECEBIDO EN LA SECRETARÍA DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNAAT

RECEBIDO EN LA SECRETARÍA DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNAAT



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA ALTOANDINA DE TARMA

Creada Por Ley N° 29652 y Ley N° 30139

FACULTAD DE INGENIERÍA

.../// RESOLUCIÓN DE COORDINACIÓN DE FACULTAD N° 017-2025-UNAAT/FI

Pág. 2

Que, conforme al Artículo 8° de la Directiva para la obtención del título profesional de Ingeniero Agroindustrial de la Facultad de Ingeniería, aprobado con Resolución de Coordinación de Facultad N° 028-2024-CFI-UNAAT;

Que, a través del OFICIO N° 0125-2025-UNAAT/C-FI, el Coordinador de la Facultad de Ingeniería solicita al responsable de la Unidad de Investigación la emisión del informe de evaluación y propuesta de Asesor y Co-asesor del proyecto de tesis, motivado por la solicitud del estudiante Luis David Gómez Huamán;

Que, a través del INFORME N° 006-2025-UNAAT/P-VPA-FI-UI, el Responsable de la Unidad de Investigación concluye que el proyecto de tesis cumple con lo establecido en el ítem 1.2 de la Directiva para la Obtención del Título Profesional de la Facultad de Ingeniería, además propone la designación del Mg. Perfecto Chagua Rodríguez en calidad de Asesor y al Mg. Elmer Robert Torres Gutiérrez en calidad de Co-asesor para el proyecto de tesis titulado: "Valorización de los residuos de café (*Coffea Arabica L.*) y maíz (*Zea mays*) generados por los agricultores de Pichanaki para la elaboración de envases biodegradables";

Que, mediante el MEMORANDO N° 009-2025-UNAAT/C-FI el Coordinador de la Facultad de Ingeniería, solicita la aceptación como Asesor al Mg. Perfecto Chagua Rodríguez del Proyecto de Tesis en mención;

Que, mediante el MEMORANDO N° 010-2025-UNAAT/C-FI el Coordinador de la Facultad de Ingeniería, solicita la aceptación como Co-asesor al Mg. Elmer Robert Torres Gutiérrez del Proyecto de Tesis en mención;

Que, a través de la CARTA N°007-2025-UNAAT/FI-DAIA-PCR, el Asesor da la aceptación y compromiso de asesoramiento de tesis;

Que, a través de la CARTA N°003-2025-UNAAT/FI-DAIA-ERTG, el Co-asesor da la aceptación y compromiso de co-asesoramiento de tesis;

Que, en consecuencia, el Coordinador de Facultad de Ingeniería, con PROVEÍDO N° 096-UNAAT/C-FI, dispone la emisión de la presente Resolución que designa al Asesor y Co-asesor del Proyecto de Tesis titulado: "Valorización de los residuos de café (*Coffea Arabica L.*) y maíz (*Zea mays*) generados por los agricultores de Pichanaki para la elaboración de envases biodegradables";

Que, en virtud del Artículo 68° de la Ley Universitaria N° 30220 y los Artículos 45° y 47° del Estatuto de la Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma, y en cumplimiento de las normas institucionales;

SE RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- DESIGNAR al Mg. Perfecto Chagua Rodríguez como Asesor y al Mg. Elmer Robert Torres Gutiérrez como Co-asesor del Proyecto de tesis titulado: "Valorización de los residuos de café (*Coffea Arabica L.*) y maíz (*Zea mays*) generados por los agricultores de Pichanaki para la elaboración de envases biodegradables", presentado por el estudiante Luis David Gómez Huamán, de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial - UNAAT.

ARTÍCULO SEGUNDO.- NOTIFICAR a la Alta Dirección, Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional y Departamento Académico de Ingeniería Agroindustrial e interesados para su conocimiento y demás fines.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y PUBLÍQUESE.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA ALTOANDINA
DE TARMA
Dr. Larry Oscar Chañi Paucar
COORDINADOR DE LA FACULTAD DE
INGENIERÍA (e)



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA ALTOANDINA
DE TARMA
Mg. Gina De La Cruz Calderón
SECRETARIA DOCENTE DE LA FACULTAD
DE INGENIERÍA



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA ALTOANDINA DE TARMA

Creada Por Ley N° 29652 y Ley N° 30139

FACULTAD DE INGENIERÍA

RESOLUCIÓN DE COORDINACIÓN DE FACULTAD N° 026-2025-UNAAT/FI

Tarma, 27 de mayo de 2025

VISTO:

PROVEÍDO 121/UNAAT/C-FI, INFORME N° 003-2025-UNAAT/EPIA-PCR, SOLICITUD, y;

CONSIDERANDO:

Que, según Ley N° 29652, modificada por la Ley N° 30139, se creó la Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma, como persona jurídica de derecho público; sin fines de lucro, con autonomía académica, económica, normativa y administrativa, conforme a ley;

Que, mediante Resolución del Consejo Directivo N° 142-2018-SUNEDU/CD, de 18 de octubre de 2018, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria resolvió otorgar la licencia institucional a la UNAAT, para ofrecer el servicio educativo superior universitario, con vigencia de seis (06) años; la misma que fue modificada con Resolución del Consejo Directivo N° 061-2022-SUNEDU/CD, de fecha 17 de junio de 2022, en el extremo de reconocer la creación de dos (2) locales y el cambio de locación;

Que, el artículo 29 de la Ley N° 30220, Ley Universitaria, establece que, aprobada la ley de creación de una universidad pública, el Ministerio de Educación constituye una Comisión Organizadora y que el proceso de constitución de una universidad concluye con la designación de sus autoridades, dentro de los plazos establecidos por el Ministerio de Educación;

Que, con Resolución Viceministerial N° 008-2023-MINEDU, de fecha 11 de enero de 2023, se reconfirma la Comisión Organizadora de la UNAAT, integrada por los académicos Dra. Milagro Rosario Henríquez Suárez, como Presidenta; Dr. Ángel Almidón Elescano como Vicepresidente Académico y Dr. David Elí Salazar Espinoza como Vicepresidente de Investigación;

Que, la Octava Disposición Complementaria del Estatuto de la Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma, estipula que, en tanto no se constituyan los órganos de gobierno se puede designar un Coordinador de Facultad de manera provisional que hará las veces de Decano de Facultad; cumpliendo así con el Documento Normativo denominado "Disposiciones para la constitución y funcionamiento de las comisiones organizadoras de las universidades públicas en proceso de constitución" aprobada mediante Resolución Viceministerial N° 244-2021-MINEDU, de fecha 27 de julio de 2021;

Que, en ese contexto, mediante la Resolución de Comisión Organizadora N° 0427-2024-UNAAT, de fecha 26 de diciembre de 2024, se resuelve encargar a Larry Oscar Chañi Paucar, profesor Principal ordinario las funciones de Coordinador de la Facultad de Ingeniería de la UNAAT, del 01 de enero al 30 de junio de 2025;

Que, con Resolución de Comisión Organizadora N° 0241-2024-UNAAT de fecha 09 de agosto de 2024 se otorga al Coordinador de la Facultad de Ingeniería de la UNAAT, la facultad de emitir acto resolutivo enmarcadas en las atribuciones de Decano de la Facultad establecidas en la Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la UNAAT;

Que, mediante la Resolución de Comisión Organizadora N° 0010-2025-UNAAT, de fecha 09 de enero de 2025, se resuelve designar a Gina De La Cruz Calderón, docente ordinario como Secretaria Docente de la Facultad de Ingeniería de la UNAAT a partir del 10 de enero de 2025;

Que, mediante la Resolución de Coordinación de Facultad N° 017-2025-UNAAT/FI, de fecha 28 de abril de 2025, se designa al Mg. Perfecto Chagua Rodríguez como Asesor y al Mg. Elmer Robert Torres Gutierrez como Co-asesor del Proyecto de Tesis titulado: **"Valorización de los residuos de café (*Coffea Arabica L.*) y maíz (*Zea mays*) generados por los agricultores de Pichanaki para la elaboración de envases biodegradables"**, presentado por Luis David Gómez Huamán, de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial - UNAAT;





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA ALTOANDINA DE TARMA

Creada Por Ley N° 29652 y Ley N° 30139

FACULTAD DE INGENIERÍA

Que, mediante solicitud de fecha 05 de mayo de 2025; Luis David Gómez Huamán, solicita la aprobación y autorización de ejecución del proyecto de tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agroindustrial;

Que, con el INFORME N° 003-2025-UNAAT/EPIA-PCR, presentado el 13 de mayo de 2025, el asesor del proyecto de tesis APRUEBA en acuerdo con el tesista la modificatoria del título, quedando el Proyecto de Tesis de la siguiente manera: “Desarrollo de un envase biodegradable a partir de residuos de café (*Coffea Arabica L.*) y maíz (*Zea mays*) generados por agricultores en Pichanaki, Junín”;

Que, en consecuencia, el Coordinador de Facultad de Ingeniería con Proveído 121/UNAAT/C-FI, fecha 19 de mayo de 2025, dispone la emisión de la Resolución que aprueba y autoriza la ejecución del Proyecto de Tesis en mención;

Que, de acuerdo con el Artículo 30° del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma aprobado con Resolución de Comisión Organizadora N° 0227-2024-UNAAT;

Que, conforme al Artículo 8° de la Directiva para la obtención del título profesional de Ingeniero-Agroindustrial de la Facultad de Ingeniería, aprobado con Resolución de Coordinación de Facultad N° 028-2024-CFI-UNAAT, y;

Que, en virtud del Artículo 68° de la Ley Universitaria N° 30220 y los artículos 45° y 47° del Estatuto de la Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma aprobado con Resolución de Comisión Organizadora N° 0249-2024-UNAAT, y en cumplimiento de las normas institucionales;

SE RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR y AUTORIZAR la ejecución del Proyecto de tesis titulado: **“DESARROLLO DE UN ENVASE BIODEGRADABLE A PARTIR DE RESIDUOS DE CAFÉ (*Coffea Arabica L.*) Y MAÍZ (*Zea mays*) GENERADOS POR AGRICULTORES EN PICHANAKI, JUNÍN”**, presentado por Luis David Gómez Huamán, para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial.

ARTÍCULO SEGUNDO.- NOTIFICAR a la Alta Dirección, Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional y Departamento Académico de Ingeniería Agroindustrial e interesados para su conocimiento y demás fines.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y PUBLÍQUESE.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA ALTOANDINA
DE TARMA
.....
Dr. Larry Oscar Chañi Paucar
COORDINADOR DE LA FACULTAD DE
INGENIERÍA (s)



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA ALTOANDINA
DE TARMA
.....
Mg. Gina De La Cruz Calderón
SECRETARIA DOCENTE DE LA FACULTAD
DE INGENIERÍA



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA ALTOANDINA DE TARMA

Creada Por Ley N° 29652 y Ley N° 30139

FACULTAD DE INGENIERÍA

RESOLUCIÓN DE COORDINACIÓN DE FACULTAD N° 073-2025-UNAAT/FI

Tarma, 28 de octubre de 2025

VISTO:

PROVEÍDO N° 400/UNAAT/C-FI, INFORME N° 032-2025-UNAAT/P-VPA-FI-UI, OFICIO N° 0485-2025-UNAAT/C-FI, SOLICITUD;

CONSIDERANDO:

Que, según Ley N° 29652, modificada por la Ley N° 30139, se creó la Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma, como persona jurídica de derecho público; sin fines de lucro, con autonomía académica, económica, normativa y administrativa, conforme a ley;

Que, mediante Resolución del Consejo Directivo N° 142-2018-SUNEDU/CD, de 18 de octubre de 2018, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria resolvió otorgar la licencia institucional a la UNAAT, para ofrecer el servicio educativo superior universitario, con vigencia de seis (06) años; la misma que fue modificada con Resolución del Consejo Directivo N° 061-2022-SUNEDU/CD, de fecha 17 de junio de 2022, en el extremo de reconocer la creación de (dos) locales y el cambio de locación;

Que, el artículo 29 de la Ley N° 30220, Ley Universitaria, establece que, aprobada la ley de creación de una universidad pública, el Ministerio de Educación constituye una Comisión Organizadora y que el proceso de constitución de una universidad concluye con la designación de sus autoridades, dentro de los plazos establecidos por el Ministerio de Educación;

Que, con Resolución Viceministerial N° 008-2023-MINEDU, de fecha 11 de enero de 2023, se reconfirma la Comisión Organizadora de la UNAAT, integrada por los académicos Dra. Milagro Rosario Henríquez Suárez, como Presidenta; Dr. Ángel Almidón Elescano como Vicepresidente Académico y Dr. David Elí Salazar Espinoza como Vicepresidente de Investigación;

Que, la Octava Disposición Complementaria del Estatuto de la Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma, estipula que, en tanto no se constituyan los órganos de gobierno se puede designar un Coordinador de Facultad de manera provisional que hará las veces de Decano de Facultad; cumpliendo así con el Documento Normativo denominado "Disposiciones para la constitución y funcionamiento de las comisiones organizadoras de las universidades públicas en proceso de constitución" aprobada mediante Resolución Viceministerial N° 244-2021-MINEDU, de fecha 27 de julio de 2021;

Que, mediante la Resolución de Comisión Organizadora N° 0340-2025-UNAAT, de fecha 16 de setiembre de 2025, se resuelve ampliar la encargatura de funciones de Coordinador de la Facultad de Ingeniería al Mg. Elmer Robert Torres Gutierrez, profesor Asociado ordinario hasta el 24 de noviembre de 2025;

Que, mediante la Resolución de Comisión Organizadora N° 0010-2025-UNAAT, de fecha 09 de enero de 2025, se resuelve designar a Gina De La Cruz Calderón, docente ordinario como Secretaria Docente de la Facultad de Ingeniería de la UNAAT a partir del 10 de enero de 2025;

Que, con Resolución de Comisión Organizadora N° 0241-2024-UNAAT de fecha 09 de agosto de 2024 se otorga al Coordinador de la facultad Ingeniería de la UNAAT, la facultad de emitir acto resolutivo enmarcadas en las atribuciones de Decano de la Facultad establecidas en la Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la UNAAT;

Que, a través de la Resolución de Facultad N° 0014-2024-UNAAT/FI, de fecha 03 de setiembre de 2024, se aprueba la Directiva para la Obtención del Título Profesional de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma;





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA ALTOANDINA DE TARMA

Creada Por Ley N° 29652 y Ley N° 30139

FACULTAD DE INGENIERÍA

Que, mediante el reglamento de grados y títulos de la UNAAT aprobado con RCO N° 0227-2024-UNAAT, en el CAPITULO IX ESTRUCTURA Y PROCEDIMIENTO DEL INFORME DE TESIS, Artículo 32, la coordinación de Facultad, designa al jurado con acto resolutivo;

Que, conforme al Artículo 8° de la Directiva para la obtención del título profesional de Ingeniero Agroindustrial de la Facultad de Ingeniería, aprobado con Resolución de Coordinación de Facultad N° 028-2024-CFI-UNAAT;

Que, mediante SOLICITUD, el estudiante Luis David Gómez Huamán, solicita al Coordinador de la Facultad de Ingeniería la designación de los miembros del jurado evaluador para la revisión del informe de tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial;

Que, con OFICIO N° 0485-2025-UNAAT/C-FI, el Coordinador de Facultad remite al responsable de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería, la tesis: **“DESARROLLO DE UN ENVASE BIODEGRADABLE A PARTIR DE RESIDUOS DE CAFÉ (*Coffea Arabica L.*) Y MAÍZ (*Zea mays*) GENERADOS POR AGRICULTORES EN PICHANAKI, JUNÍN”** para su informe y propuesta de jurado evaluador;

Que, con INFORME N° 032-2025-UNAAT/P-VPA-FI-UI, el responsable de la Unidad de Investigación remite el informe y propuesta de jurado evaluador de tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agroindustrial;

Que, con el proveído N° 400/UNAAT/C-FI, se remite al SECRETARIO DOCENTE el expediente en mención para su atención con resolución de Facultad y notificación correspondiente;

Que, en cumplimiento con el Artículo 30° del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma aprobado con Resolución de Comisión Organizadora N° 0227-2024-UNAAT;

Que, en virtud del Artículo 68° de la Ley Universitaria N° 30220 y los artículos 45° y 47° del Estatuto de la Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma, y en cumplimiento de las normas institucionales;

SE RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- DESIGNAR a los docentes ordinarios en calidad de jurado evaluador del informe de tesis acuerdo al siguiente detalle:

Dr. Larry Oscar Chañi Paucar	Presidente
Mg. Carmen Liz Sandra Solis Malaga	Secretaria
Dr. Juan Carlos Cárdenas Valverde	Vocal
Mg. Félix Terán Hilares	Accesitario

De la tesis **“DESARROLLO DE UN ENVASE BIODEGRADABLE A PARTIR DE RESIDUOS DE CAFÉ (*Coffea Arabica L.*) Y MAÍZ (*Zea mays*) GENERADOS POR AGRICULTORES EN PICHANAKI, JUNÍN”**, presentado por el estudiante Luis David Gómez Huamán, de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma.

ARTÍCULO SEGUNDO.- REMITIR a los docentes designados como jurado evaluador, el informe de tesis, para su revisión y emisión del informe de evaluación con un plazo no mayor a 15 días hábiles a partir de la fecha, para continuar con el proceso de levantamiento de observaciones y emisión del informe favorable de la tesis para la sustentación, tal como se detalla en la Directiva para la Obtención del Título Profesional de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma.





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA ALTOANDINA DE TARMA

Creada Por Ley N° 29652 y Ley N° 30139

FACULTAD DE INGENIERÍA

ARTÍCULO TERCERO.- NOTIFICAR a la Alta Dirección, Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional, Departamento Académico de Ingeniería Agroindustrial e interesados para su conocimiento y demás fines.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y PUBLÍQUESE.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA ALTOANDINA
DE TARMA

Mg. Elmer Robert Torres Gutiérrez
COORDINADOR DE LA FACULTAD DE
INGENIERÍA (*)



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA ALTOANDINA
DE TARMA
Dra. Gina De La Cruz Calderón
SECRETARIA DOCENTE DE LA FACULTAD
DE INGENIERÍA



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA ALTOANDINA DE TARMA

Creada Por Ley N° 29652 y Ley N° 30139

FACULTAD DE INGENIERÍA

RESOLUCIÓN DE COORDINACIÓN DE FACULTAD N° 035-2026-UNAAT/FI

Tarma, 4 de junio de 2026

VISTO:

Memorando N° 027-2026-UNAAT/C-FI; Solicitud presentado por el Bachiller Gómez Huamán Luis David;

CONSIDERANDO:

Que, según Ley N° 29652, modificada por la Ley N° 30139, se creó la Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma, como persona jurídica de derecho público; sin fines de lucro, con autonomía académica, económica, normativa y administrativa, conforme a ley;

Que, mediante Resolución del Consejo Directivo N° 142-2018-SUNEDU/CD, de 18 de octubre de 2018, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria resolvió otorgar la licencia institucional a la UNAAT, para ofrecer el servicio educativo superior universitario, con una vigencia de seis (06) años; la misma que fue modificada con Resolución del Consejo Directivo N° 061-2022-SUNEDU/CD, de fecha 17 de junio de 2022, en el extremo de reconocer la creación de dos (2) locales y el cambio de locación;

Que, el artículo 29 de la Ley N° 30220, Ley Universitaria, establece que, aprobada la ley de creación de una universidad pública, el Ministerio de Educación constituye una Comisión Organizadora y que el proceso de constitución de una universidad concluye con la designación de sus autoridades, dentro de los plazos establecidos por el Ministerio de Educación;

Que, con Resolución Viceministerial N° 008-2023-MINEDU, de fecha 11 de enero de 2023, se reconforma la Comisión Organizadora de la UNAAT, integrada por los académicos Dra. Milagro Rosario Henríquez Suárez, como Presidenta; Dr. Angel Almidón Elecano como Vicepresidente Académico y Dr. David Elí Salazar Espinoza como Vicepresidente de Investigación;

Que, mediante Resolución Viceministerial N° 071-2026-MINEDU, de fecha 05 de mayo de 2026, se designa al Dr. Alberto Almirón Ehui como Vicepresidente Académico de la Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma (UNAAT);

Que, la Octava Disposición Complementaria del Estatuto de la Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma, estipula que, en tanto no se constituyan los órganos de gobierno se puede designar un Coordinador de Facultad de manera provisional que hará las veces de Decano de Facultad; cumpliendo así con el Documento Normativo denominado "Disposiciones para la constitución y funcionamiento de las comisiones organizadoras de las universidades públicas en proceso de constitución" aprobada mediante Resolución Viceministerial N° 244-2021-MINEDU, de fecha 27 de julio de 2021;

Que, con Resolución de Comisión Organizadora N° 0241-2024-UNAAT de fecha 09 de agosto de 2024 se otorga al Coordinador de la Facultad Ingeniería de la UNAAT, la facultad de emitir acto resolutivo enmarcadas en las atribuciones del Decano de la Facultad establecidas en la Ley universitaria N° 30220 y el Estatuto de la UNAAT;

Que, mediante la Resolución de Comisión Organizadora N°193-2026-UNAAT, de fecha 26 de mayo de 2026, se resuelve ampliar hasta el 30 de noviembre de 2026 la encargatura de funciones de Coordinador de la Facultad de Ingeniería de la UNAAT al Mg. Elmer Robert Torres Gutiérrez, profesor Asociado ordinario; dispuesta con la Resolución de Comisión Organizadora N°404-2025-UNAAT, del 20 de noviembre de 2025;

Que, mediante la Resolución de Comisión Organizadora N° 0430-2025-UNAAT, de fecha 16 de diciembre de 2025, se resuelve Ratificar a la Dra. Gina De La Cruz Calderón, como Secretaria Docente de la Facultad de Ingeniería de la UNAAT;





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA ALTOANDINA DE TARMA

Creada Por Ley N° 29652 y Ley N° 30139

FACULTAD DE INGENIERÍA

Que, en cumplimiento el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma aprobado con Resolución de Comisión Organizadora N° 0009-2026-UNAAT de fecha 07 de enero de 2026;

Que, mediante Resolución de Coordinación de Facultad N° 028-2024-UNAAT de fecha 13 de diciembre de 2024 se aprueba la actualización de la directiva para la obtención del título profesional de la facultad de ingeniería;

Que, mediante Resolución de Coordinación de Facultad N° 031-2026-UNAAT de fecha 29 de mayo de 2025 se aprobó la sustentación del Informe de Tesis “Desarrollo de un envase biodegradable a partir de residuos de café (*Coffea Arabica* L.) y maíz (*Zea mays*) generados por agricultores en Pichanaki, Junín”, presentado por el Bach. Luis David Gómez Huamán, la misma que debió efectuarse en acto público y presencial el 2 de junio de 2026 a las once horas de la mañana (11:00 am.) en la Sala de usos múltiples - Pabellón de estudios generales de la UNAAT.

Que, mediante solicitud el bachiller Luis David Gómez Huamán presentado el 01 de junio de 2026 solicita la reprogramación de la sustentación de tesis por motivos de carácter laboral y familiar que requieren de su atención;

Que, mediante Memorando N° 027-2026-UNAAT/C-FI de fecha 02 de junio de 2026, el Coordinador de la Facultad de Ingeniería solicita la modificación en parte de la Resolución de Coordinación de Facultad N° 031-2026-UNAAT de fecha 29 de mayo de 2025, a fin de establecer una nueva fecha para la sustentación de tesis del referido bachiller;

SE RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO. – **APROBAR** la sustentación del Informe de Tesis “Desarrollo de un envase biodegradable a partir de residuos de café (*Coffea Arabica* L.) y maíz (*Zea mays*) generados por agricultores en Pichanaki, Junín”, presentado por el Bach. Luis David Gómez Huamán, la misma que debe efectuarse en acto público y presencial el 9 de junio de 2026 a las diez y treinta horas (10:30 h.) en la Sala de usos múltiples - Pabellón de estudios generales de la UNAAT.

ARTÍCULO SEGUNDO. – **NOTIFICAR** la presente resolución a las Bachilleres, miembros del Jurado Evaluador, a los asesores y la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería, para su conocimiento y demás fines.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y PUBLÍQUESE.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA ALTOANDINA
DE TARMA

Mg. Elmer Robert Torres Gutiérrez
COORDINADOR DE LA FACULTAD DE
INGENIERÍA (e)



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA ALTOANDINA
DE TARMA

Dra. Gina De La Cruz Calderón
SECRETARIA DOCENTE DE LA FACULTAD
DE INGENIERÍA

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

N° 0002-EPIA-FI-2026

En la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma Huancucro N° 2092, Acobamba, a los 09 días del mes de junio del año 2026, siendo las 10:30 horas, en la “Sala de usos múltiples – Pabellón de estudios generales de la UNAAT”, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador, designado con Resolución de Coordinación de Facultad N° 073-2026-UNAAT/FI de fecha 28 de octubre de 2025.

Miembros del Jurado Evaluador:

Presidente : Dr. Larry Oscar Chañi Paucar
Secretario : MSc. Carmen Liz Sandra Solis Malaga
Vocal : Dr. Juan Carlos Cárdenas Valverde

Con la finalidad de llevar a cabo el acto académico de sustentación de tesis: “Desarrollo de un envase biodegradable a partir de residuos de café (*Coffea arabica* L.) y maíz (*Zea mays*) generados por los agricultores en Pichanaki, Junín”, para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial, aprobado mediante Resolución de Coordinación de Facultad N° 035-2026-UNAAT/FI de fecha 04 de junio de 2026, donde se programa lugar, fecha y hora para el mencionado acto.

Sustentante(s):

Bach. Luis David Gómez Huamán

Asesor: Mg. Perfecto Chagua Rodríguez
Coasesor: Mg. Elmer Robert Torres Gutiérrez

Concluida la exposición y absueltas las preguntas, los miembros del Jurado Evaluador procedieron con la deliberación asignando la calificación siguiente:

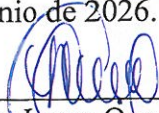
Escala valorativa:

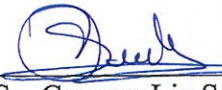
Excelente ☒ Bueno ☐ Regular ☐ Deficiente ☐

Resultado final.

Aprobado ☒ Desaprobado ☐ Por: Unanimitad

Para constancia se expide la presente Acta, en la ciudad de Tarma a los nueve días del mes de junio de 2026.


Dr. Larry Oscar
Chañi Paucar
Presidente


MSc. Carmen Liz Sandra
Solis Malaga
Secretaria


Dr. Juan Carlos
Cárdenas Valverde
Vocal



CONSTANCIA DE SIMILITUD

N° 008-FI-UI-2026

El responsable de la Unidad de investigación, hace constar mediante la presente, que la tesis titulada:

“Desarrollo de un envase biodegradable a partir de residuos de café (*Coffea arabica* L.) y maíz (*Zea mays*) generados por agricultores en Pichanaki, Junín”

Autor : Bach. Luis David Gomez Huaman
Facultad : Ingeniería
Escuela profesional : Ingeniería Agroindustrial
Asesor : Mg. Perfecto Chagua Rodríguez
Co-asesor : Mg. Elmer Robert Torres Gutiérrez

Fue analizada por el software anti plagio TURNITIN bajo los siguientes criterios:

CRITERIOS DE SOFTWARE	DECISIÓN DE CONFIGURACIÓN DE ANÁLISIS
Excluye citas	X
Excluye Bibliografía	X
Excluye cadenas hasta 10 palabras.	X
Otros criterios (Especificar)	-

Luego de la evaluación el documento presenta un porcentaje de similitud de 17 %

Por tanto, de acuerdo con el reglamento de grados y títulos de la Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma y la Directiva para la elaboración, presentación y sustentación de Tesis en la Facultad de Ingeniería aprobada con Resolución de Coordinación de Facultad N° 028-2024-CFI-UNAAT. Se declara la presente Tesis con un índice de similitud APROBADO.

Observaciones: Ninguna.

En señal de conformidad y verificación firma y sella la presente constancia.

Tarma, 16 de junio de 2026

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA ALTOANDINA
DE TARMA
Walter Javier Cuadrado Campo
Dr. WALTER JAVIER CUADRADO CAMPO
Responsable de la Unidad de Investigación
de la Facultad de Ingeniería