

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE AGROINDUSTRIAS**



**Celulosa obtenida por fermentación bacteriana de residuos de piña (*Ananas comosus L.*) y su influencia en las propiedades de biopelículas de almidón de yuca (*Manihot esculenta*)**

**TESIS**

**Para optar el título de Ingeniero Agroindustrial**

**Autor: Br. Jairo José Arrunategui Del Rosario**

**Tumbes, 2025**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE AGROINDUSTRIAS**



**Celulosa obtenida por fermentación bacteriana de residuos de piña (*Ananas comosus L.*) y su influencia en las propiedades de biopelículas de almidón de yuca (*Manihot esculenta*)**

**Tesis aprobada en sello y estilo por:**

**Dr. Carlos Alberto Cánepa La Cotera (Presidente)**

**Dr. Jorge Oswaldo Echevarría Flores (Secretario)**

**Dra. Rosa Liliana Solís Castro (Vocal 1)**

**Mg. Dorian Yasser Aguirre Campos (Vocal 2)**

**Tumbes, 2025**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE AGROINDUSTRIAS**



**Celulosa obtenida por fermentación bacteriana de residuos de piña (*Ananas comosus L.*) y su influencia en las propiedades de biopelículas de almidón de yuca (*Manihot esculenta*)**

**Los suscritos declaramos que la tesis es original en su contenido y forma:**

**Br. Jairo Jose Arrunategui Del Rosario (Autor)**

**Dr. Rosa Liliana Solís Castro (Asesora)**

**Mg. Maritza Yliana Navarro Purizaga (Co-asesora)**

**Tumbes, 2025**

# Acta de Sustentación



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**EX FUNDO FISCAL LA CRUZ-CAMPUS UNIVERSITARIO**  
**SECRETARIA ACADÉMICA**



**ANEXO VIII**

*"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"*

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PRESENCIAL

En Tumbes, a los diez días del mes de junio de dos mil veinticinco, siendo las *09:30* horas, con *cuarenta* minutos (*08:30*), de la *mañana*, de forma presencial en el Aula N° 02 del Pabellón de la Escuela de Posgrado, se reunieron el Jurado Calificador, designado por Resolución N° 072-2024/UNTUMBES-VRACAD-FCA-D., **Dr. Carlos Alberto Canepa LA Cotera** (Presidente), **Dr. Jorge Oswaldo Echevarria Flores** (Secretario), **Dra. Rosa Liliana Solis Castro** (Vocal), reconociendo en la misma resolución además, a la **Dra. Rosa Liliana Solis Castro**, como **Asesora**, se procedió a evaluar, calificar y deliberar la sustentación de la tesis, "**Celulosa obtenida por fermentación bacteriana de residuos de piña (*Ananas Comosus L.*) y su influencia en las propiedades de biopelículas de almidón de yuca (*Manihot esculenta*)**", para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial, presentado por el **Bach. Jairo José Arrunategui Del Rosario**, Concluida la sustentación y absueltas las preguntas, por parte del sustentante y después de la deliberación, el jurado según el artículo N° 75 del Reglamento de Tesis para Pregrado y Posgrado de la Universidad Nacional de Tumbes, declara al: **Bach. JAIRO JOSÉ ARRUNATEGUI DEL ROSARIO**; *APROBADO*, por *unanimidad*, con el calificativo *Muy Bueno*. Se hace conocer al sustentante, que deberá levantar las observaciones finales hechas al informe final de tesis, que el jurado le indica.

En consecuencia, queda *APTO* para continuar con los trámites correspondientes a la obtención del título profesional de Ingeniero Agroindustrial, de conformidad con lo estipulado en la Ley Universitaria N° 30220, el Estatuto, Reglamento General, Reglamento General de Grados y Títulos y Reglamento de Tesis de la Universidad Nacional de Tumbes. Siendo las *12:00* horas y *cuarenta* minutos del mismo día, se dio por concluida la ceremonia académica, procediendo a firmar el acta en presencia del público asistente.

Tumbes, *10 de Junio 2025*

<i>[Firma]</i>	<i>[Firma]</i>
<b>Dr. Carlos Alberto Canepa LA Cotera</b> DNI N° <i>010364276</i> CODIGO ORCID <i>0000-0002-4615-1994</i> Presidente	<b>Dr. Jorge Oswaldo Echevarria Flores</b> DNI N° <i>02645802</i> CODIGO ORCID <i>0000-0002-8387-6168</i> Secretario
<i>[Firma]</i>	
<b>Dra. Rosa Liliana Solis Castro</b> DNI N° <i>17628592</i> CODIGO ORCID <i>0000-0002-1813-8644</i> Vocal	

C.C. - JURADOS (03) -ASESOR Y(CO)-INTERESADO-ARCHIVO (Decanato)  
S.acad.

## Informe de originalidad

# Celulosa obtenida por fermentación bacteriana de residuos de piña (Ananas comosus L.) y su influencia en las propiedades de biopelículas de almidón de yuca (Manihot esculenta)

por Jairo José Arrunategui del Rosario

  
Dra. Rosa Liliana Solís Castro  
Asesora del Proyecto de Tesis  
Orcid 0000-0002-1813-8644

Fecha de entrega: 03-jul-2025 08:43p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2680139324

Nombre del archivo: ROSARIO\_-TESIS\_Celulosa\_obtenidapor\_fermentaci\_n\_bacteriana.docx (7.46M)

Total de palabras: 22034

Total de caracteres: 125293



Celulosa obtenida por fermentación bacteriana de residuos de piña (Ananas comosus L.) y su influencia en las propiedades de biopelículas de almidón de yuca (Manihot esculenta)

### INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>13%</b>	<b>13%</b>	<b>3%</b>	<b>%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

		 Dra. Rosa Liliana Solís Castro Asesora del Proyecto de Tesis Orcid 0000-0002-1813-8644	
<b>1</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet		<b>1%</b>
<b>2</b>	<b>oa.upm.es</b> Fuente de Internet		<b>1%</b>
<b>3</b>	<b>repositorio.untumbes.edu.pe</b> Fuente de Internet		<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>rinacional.tecnm.mx</b> Fuente de Internet		<b>&lt;1%</b>
<b>5</b>	<b>repositorio.unsa.edu.pe</b> Fuente de Internet		<b>&lt;1%</b>
<b>6</b>	<b>repositorio.unapiquitos.edu.pe</b> Fuente de Internet		<b>&lt;1%</b>
<b>7</b>	<b>www.researchgate.net</b> Fuente de Internet		<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	<b>es.scribd.com</b> Fuente de Internet		<b>&lt;1%</b>

9	tesis.ipn.mx Fuente de Internet		<1 %
10	docplayer.es Fuente de Internet	 Dra. Rosa Liliana Solís Castro Asesora del Proyecto de Tesis Cred: 0000-0002-1813-8644	<1 %
11	sqperu.org.pe Fuente de Internet		<1 %
12	cicytac.cba.gov.ar Fuente de Internet		<1 %
13	repositorio.unp.edu.pe Fuente de Internet		<1 %
14	www.revistafronterabiotecnologica.cibatlaxcala.ipn.mx Fuente de Internet		<1 %
15	cdn.www.gob.pe Fuente de Internet		<1 %
16	dspace.espoch.edu.ec Fuente de Internet		<1 %
17	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet		<1 %
18	repositorio.ug.edu.ec Fuente de Internet		<1 %
19	repositorio.uas.edu.mx Fuente de Internet		<1 %
20	bdigital.zamorano.edu Fuente de Internet		<1 %
21	repositorio.espe.edu.ec Fuente de Internet		<1 %
22	core.ac.uk Fuente de Internet	 Dra. Rosa Liliana Solís Castro Asesora del Proyecto de Tesis Cred: 0000-0002-1813-8644	<1 %
23	bdigital.unal.edu.co Fuente de Internet		<1 %
24	repository.uamerica.edu.co Fuente de Internet		<1 %
25	oldri.ues.edu.sv Fuente de Internet		<1 %
26	www.indecopi.gob.pe Fuente de Internet		<1 %
27	repositorio.unach.edu.pe Fuente de Internet		<1 %
28	repositorio.unjbg.edu.pe Fuente de Internet		<1 %
29	repositorio.unprg.edu.pe Fuente de Internet		<1 %
30	doi.org Fuente de Internet		<1 %
31	dspace.unach.edu.ec Fuente de Internet		<1 %
32	pdfcookie.com Fuente de Internet		<1 %

33	0-hera.ugr.es.adrastea.ugr.es Fuente de Internet		<1 %
34	cdigital.uv.mx Fuente de Internet	Dra. Rosa Liliana Solís Castro Asesora del Proyecto de Tesis Orcid 0000-0002-1813-8644	<1 %
35	repositorio.uaaan.mx:8080 Fuente de Internet		<1 %
36	repositorio.unamba.edu.pe Fuente de Internet		<1 %
37	repositorioinstitucional.buap.mx Fuente de Internet		<1 %
38	Dionisio Isla, Juan Gabriel. "Flipped classroom en el logro de la competencia matematica en los estudiantes del tercer grado de secundaria de la Institucion Educativa "Jose Olaya". Satipo,2019", Universidad Católica los Ángeles de Chimbote (Peru) Publicación		<1 %
39	sedici.unlp.edu.ar Fuente de Internet		<1 %
40	innovabiologysciences.org Fuente de Internet		<1 %
41	libros.umariana.edu.co Fuente de Internet		<1 %
42	www.ecoportel.net Fuente de Internet		<1 %
43	www.engormix.com Fuente de Internet		<1 %
44	idoc.pub Fuente de Internet	Dra. Rosa Liliana Solís Castro Asesora del Proyecto de Tesis Orcid 0000-0002-1813-8644	<1 %
45	www.tandfonline.com Fuente de Internet		<1 %
46	patents.google.com Fuente de Internet		<1 %
47	reingtec.itsoeh.edu.mx Fuente de Internet		<1 %
48	sites.google.com Fuente de Internet		<1 %
49	tesis.pucp.edu.pe Fuente de Internet		<1 %
50	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet		<1 %
51	eprints.uanl.mx Fuente de Internet		<1 %
52	repositorio.unsm.edu.pe Fuente de Internet		<1 %
53	www.veranoregional.org Fuente de Internet		<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 15 words

Excluir bibliografía

Activo

## DEDICATORIA

La presente investigación está dedicada a ese Jairo del 2016 quién participó en la feria de ciencias EUREKA, aquel joven que por primera vez se interesó en el mundo de las biopelículas, en aquel entonces apenas escuchó de como estas podrían ser una opción más ecoamigable con el planeta, si bien no tenía mucho conocimiento como lo tiene ahora, además de sus pruebas preliminares tan primitivas por falta de un mayor apoyo igual se adentró a la aventura de representar a su región en la feria mencionada. Todo esto lo dejó con la espina de mejorar y perfeccionar dicha investigación como la que ahora presenta.

Así mismo se la dedico a ese Jairo ya egresado que a pesar de todas las limitaciones supo organizarse para lograr la meta de este ansiado título, así mismo por su resiliencia de poder terminar lo que empezó por aquel 2016 cuando para él hubiese sido sencillo la caracterización y preparación de un producto agroindustrial, mantuvo el sueño de perfeccionar su investigación de secundaria (eso que lo pensó mucho).

## **AGRADECIMIENTOS**

Primero agradezco a Dios por permitirme llevar a cabo mis sueños de terminar como ingeniero agroindustrial, así mismo a mi familia por acompañarme en el camino constante desde mis inicios en la universidad hasta la travesía para llevar a cabo la investigación para la obtención del título profesional.

Así mismo agradezco el apoyo de las docentes la Dra. Rosa Liliana Solis Castro y la Mg. Maritza Yliana Navarro Purizaga que me acompañaron en el asesoramiento de la investigación, agradecerles su disponibilidad para apoyar en función al uso del Laboratorio de Biología Molecular (DAByBq) y al Laboratorio de Ingeniería Agroindustrial y de los equipos, además de su paciencia y tiempo para poder hacer las correcciones pertinentes en la revisión del presente documento.

Del mismo modo agradezco al Dr. Oscar Wilfredo Mendieta Taboada director del Departamento Académico de Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Ingeniería Agroindustrial, de la Universidad Nacional de San Martín, por su apoyo en la caracterización de las pruebas mecánicas. Asimismo, al Mg. Rimaycuna por su ayuda en la prueba de FTIR en el Laboratorio de Análisis Ambiental de la FCA.

Finalmente agradezco a esta casa de estudios, a sus docentes los cuales me impartieron las habilidades y el conocimiento para un desempeño como profesional, del mismo modo agradecer por permitirme conocer nuevos amigos a los que posteriormente conoceré como colegas, agradecerles por su apoyo y su aliento a seguir adelante y concluir la etapa como ingeniero.

## INDICE

DEDICATORIA .....	IV
AGRADECIMIENTOS .....	V
INDICE .....	VI
RESUMEN .....	X
ABSTRACT .....	XII
I. INTRODUCCIÓN .....	13
II. ESTADO DEL ARTE.....	16
2.1. Antecedentes .....	16
2.2. Bases teóricas científicas.....	18
2.2.1. Piña .....	18
2.2.2. Celulosa bacteriana .....	20
2.2.3. Yuca.....	27
2.2.4. Almidón de yuca .....	29
2.2.5. Biopelículas .....	33
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	40
3.1. Tipo y enfoque de investigación .....	40
3.2. Hipótesis planteada.....	40
3.3. Población, muestra y muestreo.....	40
3.3.1. Población.....	40
3.3.2. Muestra y muestreo .....	40
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	41
3.4.1. Obtención de almidón de yuca .....	41
3.4.2. Obtención de celulosa .....	43
3.4.3. Caracterización fisicoquímica del almidón y la celulosa .....	46
3.4.4. Caracterización estructural de almidón y celulosa.....	47
3.4.5. Obtención de biopelículas .....	48
3.4.6. Caracterización fisicoquímica de las biopelículas.....	49
3.4.7. Caracterización de propiedades mecánicas .....	52
3.4.8. Caracterización estructural de películas .....	53
3.4.9. Biodegradabilidad de películas.....	53
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	54
4.1. Caracterización del almidón de yuca.....	54
4.1.1. Caracterización fisicoquímica .....	54
4.1.2. Comportamiento reológico.....	55

4.1.3. Caracterización estructural .....	58
4.2. Caracterización de celulosa .....	59
4.2.1. Rendimiento.....	59
4.2.2. Caracterización fisicoquímica .....	61
4.2.3. Comportamiento reológico.....	61
4.2.4. Caracterización estructural .....	64
4.3. Caracterización de biopelículas .....	65
4.3.1. Caracterización fisicoquímica .....	65
4.3.2. Caracterización estructural .....	75
4.3.3. Caracterización de pruebas mecánicas.....	77
4.3.4. Prueba de biodegradabilidad .....	79
CONCLUSIONES.....	85
RECOMENDACIONES .....	87
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	88
ANEXOS .....	107

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición nutricional de la piña .....	19
Tabla 2. Taxonomía de la piña .....	19
Tabla 3. Producción anual de piña 2022 según regiones productoras .....	20
Tabla 4. Comparación de características de la celulosa bacteriana y vegetal .....	23
Tabla 5. Clasificación taxonómica de la yuca .....	28
Tabla 6. Composición nutricional de la yuca (raíz y harina) .....	28
Tabla 7. Características de almidón de distintos alimentos .....	30
Tabla 8. Concentración de tratamientos en biopelículas (ml) .....	48
Tabla 9. Datos iniciales a caracterización de PVA .....	51
Tabla 10. Caracterización fisicoquímica del almidón de yuca.....	54
Tabla 11. Determinación de la viscosidad de almidón de yuca.....	55
Tabla 12. Masa y porcentaje obtenidos de celulosa de cáscara de piña .....	60
Tabla 13. Caracterización fisicoquímica de celulosa de cáscara de piña .....	61
Tabla 14. Determinación de la viscosidad de celulosa de cáscara de piña .....	62
Tabla 15. Determinación de espesor en películas de almidón de yuca incorporando celulosa de cáscara de piña .....	66
Tabla 16. Resultados obtenidos de la densidad en películas de almidón de yuca incorporando celulosa de cáscara de piña .....	67
Tabla 17. Resultados de contenido de humedad en películas de almidón de yuca incorporando celulosa de cáscara de piña .....	68
Tabla 18. Resultados del porcentaje de solubilidad de las películas de almidón de yuca incorporando celulosa de cáscara de piña.....	70
Tabla 19. Resultados a permeabilidad de películas de almidón de yuca incorporando celulosa de cáscara de piña .....	72
Tabla 20. Caracterización de pruebas mecánicas en películas de almidón de yuca incorporando celulosa de cáscara de piña .....	78
Tabla 21. Biodegradabilidad en películas de almidón de yuca incorporando celulosa de cáscara de piña en medio aerobio .....	79
Tabla 22. Biodegradabilidad en películas de almidón de yuca incorporando celulosa de cáscara de piña en medio anaerobio .....	80

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Flujograma de la obtención del almidón de yuca .....	42
<b>Figura 2.</b> Diagrama de flujo de obtención de celulosa bacteriana .....	45
<b>Figura 3.</b> Curva viscosidad-tasa de corte Almidón al 3%.....	57
<b>Figura 4.</b> Curva viscosidad-tasa de corte Almidón de yuca al 1% .....	57
<b>Figura 5.</b> Curva viscosidad-tasa de corte Almidón al 5%.....	57
Figura 6. Caracterización FTIR de almidón de yuca .....	59
<b>Figura 7.</b> Curva viscosidad-tasa de corte celulosa cáscara de piña al 1% .....	63
<b>Figura 8.</b> Curva viscosidad-tasa de corte celulosa de cáscara de piña al 3% .....	63
<b>Figura 9.</b> Curva viscosidad-tasa de corte celulosa cáscara de piña al 5% .....	64
<b>Figura 10.</b> Caracterización FTIR de celulosa de cáscara de piña .....	65
<b>Figura 11.</b> Curvas de ganancia de peso con respecto al tiempo de tratamientos de estudio.....	73
<b>Figura 12.</b> Caracterización FTIR de los distintos tratamientos .....	75
<b>Figura 13.</b> Pérdida de peso con respecto al tiempo medio aeróbico .....	81
<b>Figura 14.</b> Pérdida de peso con respecto al tiempo medio anaerobio.....	82

## INDICE DE ANEXOS

Anexo1 Obtención de celulosa por fermentación bacteriana .....	111
Anexo2 Obtención de películas .....	113
Anexo3 Caracterización almidón y celulosa .....	114
Anexo4 Determinación de espesor .....	115
Anexo5 Determinación densidad.....	11542
Anexo6 Determinación de humedad .....	116
Anexo7 Determinación de solubilidad .....	117
Anexo8 Determinación de permeabilidad al vapor de agua .....	118
Anexo9 Caracterización FTIR .....	119
Anexo10 Prueba de biodegradabilidad .....	120

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la influencia de la celulosa obtenida por fermentación bacteriana a partir de residuos de piña (*Ananas comosus* L.) sobre las propiedades de biopelículas elaboradas con almidón de yuca (*Manihot esculenta*). El estudio responde a la creciente necesidad de encontrar alternativas biodegradables al plástico convencional, cuya producción y desecho representan una amenaza ambiental crítica. La celulosa procedente de fermentación bacteriana, por su pureza, cristalinidad y propiedades mecánicas, se considera un biopolímero prometedor para mejorar las características de películas biodegradables. Para la obtención de la celulosa, se aplicaron técnicas de fermentación estática utilizando cáscara de piña y cultivos de kombucha, posteriormente fue incorporada en distintas concentraciones (0; 87,5; 7,5; 12,5; 25 y 37,5 ml) a soluciones filmógenas de almidón de yuca obteniendo los tratamientos (C, T1, T2, T3, T4 y T5) respectivamente. Las biopelículas resultantes fueron sometidas a diversas caracterizaciones fisicoquímicas, mecánicas, estructurales y de biodegradabilidad. Los resultados mostraron que la adición de celulosa aumentó el espesor, densidad, humedad, solubilidad y permeabilidad al vapor de agua, la resistencia mecánica a través del esfuerzo de tensión y el módulo de Young se vio reducida, mientras que el porcentaje de elongación aumentó, la espectroscopia FTIR mostró picos característicos de los distintos grupos funcionales, en cuanto a la biodegradabilidad aumenta tanto en medios aeróbicos como anaeróbicos. Se concluye que los residuos agroindustriales pueden ser valiosamente reutilizados para generar biopolímeros funcionales, proponiendo una solución ecológica y sostenible a la problemática del plástico. Asimismo, se destaca el potencial de la yuca y la celulosa bacteriana como materias primas accesibles para el desarrollo de envases biodegradables con propiedades mejoradas, impulsando la economía circular en el sector agroindustrial.

**Palabras clave:** Celulosa, almidón de yuca, biopelículas, biodegradabilidad, fermentación bacteriana

## ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the influence of cellulose obtained through bacterial fermentation from pineapple residues (*Ananas comosus* L.) on the properties of biopolymer films made with cassava starch (*Manihot esculenta*). The study addresses the growing need to find biodegradable alternatives to conventional plastic, whose production and disposal represent a critical environmental threat. Cellulose obtained through bacterial fermentation, due to its purity, crystallinity, and mechanical properties, is considered a promising biopolymer for improving the characteristics of biodegradable films. To obtain the cellulose, static fermentation techniques were applied using pineapple peels and kombucha cultures. The cellulose was then incorporated in different concentrations (0; 87,5; 7,5; 12,5; 25 and 37,5 ml) into cassava starch film-forming solutions, resulting in the treatments (C, T1, T2, T3, T4, and T5), respectively. The resulting biopolymer films underwent various physicochemical, mechanical, structural, and biodegradability characterizations. The results showed that the addition of cellulose increased thickness, density, moisture, solubility, and water vapor permeability; however, mechanical strength in terms of tensile stress and Young's modulus was reduced, while the elongation percentage increased. FTIR spectroscopy revealed characteristic peaks of various functional groups. Regarding biodegradability, the rate increased in both aerobic and anaerobic environments. The study concludes that agro-industrial residues can be effectively reused to generate functional biopolymers, offering an ecological and sustainable solution to the plastic problem. Furthermore, the potential of cassava and bacterial cellulose is highlighted as accessible raw materials for the development of biodegradable packaging with improved properties, thus promoting the circular economy within the agroindustrial sector.

**Keywords:** Cellulose, cassava starch, biofilm, biodegradability, bacterial fermentation