



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**ELABORACIÓN DE BIOPLÁSTICO APROVECHANDO LA  
PECTINA PRESENTE EN LA CASCARA DE NARANJA VALENCIA  
(*Citrus × sinensis*) REFORZADO CON ALMIDÓN DE YUCA A NIVEL  
DE LABORATORIO – UCV SEDE LIMA NORTE 2018**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AMBIENTAL**

AUTOR:

Jorge Augusto Lama Guadimus

ASESOR:

MSc. María del Carmen Aylas Humareda


LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión de Residuos Sólidos

Lima – Perú

2018

## Página del Jurado

 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	<b>ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS</b>	Código : F07-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
--	---------------------------------------	---

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don  
 (a) Lara Cavallari, Jorge Augusto  
 cuyo título es: Elaboración de bioplástico aprovechando la  
peleza presente en la cascara de naranja volcánica  
(Citrus x sinensis), reforzado con almidón de Yuca  
a nivel de laboratorio UCV-Lima Norte, 2018.

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por  
 el estudiante, otorgándole el calificativo de: 14 (número)  
atorce (letras).

Los Olivos 20 de Julio del 20...

  
 .....  
 PRESIDENTE

  
 .....  
 SECRETARIO



  
 .....  
 VOCAL



Elabora	Dirección de Investigación	Revisa	Responsable del SGC	PROJILLO Aprobado	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	---------------------	-------------------	---------------------------------

## DEDICATORIA

*El presente trabajo está dedicado a mi abuelo AUGUSTO GUADIAMUS ARICA, quien supo aconsejarme y guiarme para ser un chico de bien, mi gran consejero, mi gran amigo y ejemplo a seguir, un gran ser humano que desde el cielo guía cada uno de mis pasos. A ti papito lindo el sueño de convertirme en un gran ingeniero.*

*A mis padres Milta Guadimus y Jorge Lama por enseñarme que debo luchar por mis sueños, que los grandes logros se consiguen con esfuerzo, por su apoyo incondicional y por sus deseos de verme convertido en un gran profesional, gracias por enseñarme todo lo que soy como persona.*

*A mi hermana, Jeanina Lama por apoyarme y acompañarme en todo momento, por darme su aliento y ser mi motivación para ser un profesional más en la familia al igual que ella.*

*A mis tíos Víctor Soto y Luzdanita Guadimus por su inmensa comprensión, apoyo y cariño. A Rossy Ferrel, por ser mi compañera incondicional desde el inicio del presente trabajo, por su amor, cariño y paciencia, por enseñarme que la vida te trae hermosos regalos cuando menos lo esperas.*

## **AGRADECIMIENTO**

*A Dios, por darme la dicha de existir, por iluminar mi camino y ser ese aliento de lucha en momentos difíciles.*

*A mis padres por su apoyo y consejos en el transcurso de mis estudios*

*A los maestros que forman parte de la Escuela profesional de Ingeniería Ambiental y han sido partícipes de mi formación como profesional.*

*A mi tutora Mg. Carmen Aylas por su tiempo, paciencia y apoyo en la culminación del trabajo de grado.*

*Al profesor Mg. Jorge Baldarrago por su tiempo, enseñanzas y apoyo en la realización del presente trabajo.*

*A mis amigos, aquellos que siempre estuvieron ahí apoyandome incondicionalmente en el trayecto de mi formación profesional.*

## **Declaración de autenticidad**

Yo **JORGE AUGUSTO LAMA GUADIAMUS** con DNI N° 74559721, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 16 de julio del 2018

---

Jorge Augusto Lama Guadlamus

## **Presentación**

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la tesis titulada **“Elaboración de Bioplástico Aprovechando la Pectina Presente en la Cascara de Naranja Valencia (*Citrus × sinensis*) Reforzado con Almidón de Yuca a Nivel de Laboratorio – UCV Sede Lima Norte 2018”**, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título profesional de Ingeniero Ambiental.

Jorge Augusto Lama Guadimus

# ÍNDICE

	Pág.
<b>CAPITULO I: Introducción</b> .....	16
1.1. Realidad Problemática.....	17
1.2 Trabajos previos .....	19
1.3. Teorías relacionadas al tema .....	23
1.3.2 Almidón de Yuca.....	25
1.3.3. La pectina .....	25
1.3.4. Aditivos de un plástico .....	28
1.3.5 Métodos para la obtención de plásticos.....	29
1.4. Formulación del problema.....	31
1.5. Justificación del problema.....	31
1.6. Hipótesis.....	32
1.7 Objetivos .....	33
<b>CAPITULO II: Método</b> .....	34
2.1 Diseño de investigación.....	35
2.2 Variables, Operacionalización .....	36
2.3 Población y Muestra .....	37
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad .....	38
2.4.1. Materiales y equipos para la obtención de pectina de la cascara de naranja Valencia ( <i>Citrus × sinensis</i> ).....	38
2.4.2 Descripción del proceso de obtención de pectina.....	38
2.4.3 Materiales y equipos para la elaboración de Bioplástico .....	40
2.4.4 Descripción del proceso de elaboración de bioplástico.....	40
2.4.5. Ensayos pre-Experimentales para la caracterización y extracción de la pectina.....	42
2.4.6. Ensayos para la caracterización de las películas biodegradables .....	44
2.4.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	47
2.4.8. Validación y confiabilidad de instrumentos .....	47
2.5. Métodos de análisis de datos .....	49
2.6. Aspectos éticos.....	49
<b>CAPITULO III: RESULTADOS</b> .....	50
3.1. Ensayos pre-experimentales para la caracterización y extracción de pectina .....	51
3.2. Ensayos para la obtención de pectina de alta y baja metoxilización .....	51

3.2.2 Resultados del porcentaje de metoxilización y esterificación: .....	52
3.3. Datos para la elaboración de películas Biodegradables a partir de pectina y almidón.....	53
3.4. Resultados de ensayos de solubilidad.....	38
3.5. Resultados de los ensayos de Humedad .....	40
3.6. Resultados de los ensayos de Biodegradabilidad .....	41
3.7. Resultados de los ensayos de Permeabilidad al Vapor de Agua .....	47
3.8. Análisis Estadístico .....	54
<b>CAPITULO IV: DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>66</b>
<b>CAPITULO V: CONCLUSIONES .....</b>	<b>71</b>
<b>CAPITULO VI: RECOMENDACIONES.....</b>	<b>73</b>
6.1. Extracción de Pectina .....	74
6.2 Elaboración del Bioplástico.....	74
<b>Referencias Bibliográficas .....</b>	<b>75</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>80</b>



## Índice de Anexos

Anexo N° 1: Matriz de consistencia. ....	80
Anexo N° 2: Ficha de degradación de bioplástico.....	81
Anexo N° 3: Ficha de Proceso de Extracción de Pectina (Hidrolisis Acida). ....	82
Anexo N° 4: Ficha de Elaboración de Bioplástico con Dosis Combinada de Pectina y Almidón. .	83
Anexo N° 5: Ficha de Ensayos de Resistencia, Flexibilidad y Densidad. ....	84
Anexo N° 6: Validación de instrumento de “Ficha de degradación de bioplástico”. ....	85
Anexo N° 7: Validación de instrumento Ficha de proceso de extracción de pectina (Hidrólisis acida). ....	88
Anexo N° 8: Validación de instrumento de “ficha preliminar de elaboración de bioplástico con dosis combinada de pectina y almidón”. ....	91
Anexo N° 9: Validación de instrumento “Ficha de ensayos de humedad y espesor”. ....	94
Anexo N° 10: Ensayos pre-experimentales para la caracterización y extracción de pectina.....	97
Anexo N° 11: Condiciones del suelo utilizado para ensayos de biodegradación. ....	98
Anexo N° 12: Proceso de extracción de pectina. ....	99
Anexo N° 13: Proceso de elaboración del bioplástico.....	100

## Índice de figuras

Fig. N° 1: Producción mundial de plástico por región económica, 2012 (porcentajes) .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Fig. N° 2: Tipos de polímeros biodegradables .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Fig. N° 3: Distribución según la fuente y tendencia a biodegradarse de los bioplástico. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Fig. N° 4: Estructura molecular básica de la pectina .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

Fig. N° 5: Peso inicial de muestra de cascara de naranja valencia para determinación del % humedad .....	97
Fig. N° 6: Peso de muestra de cascara de naranja Valencia.....	97
Fig. N° 7: Peso de muestra seca de cascara de naranja valencia para determinación del % de humedad. ....	97
Fig. N° 8: Muestras secas de cascara de naranja valencia. ....	97
Fig. N° 9: Medicion de pH en suelo para ensayos de biodegradabilidad. ....	98
Fig. N° 10: Pendiente de calibración del multiparametro para análisis de pH. ....	98
Fig. N° 11: Soluciones Buffer y multiparametro para medición de pH en suelo. ....	98
Fig. N° 12: Peso de suelo para determinación de materia orgánica.....	98
Fig. N° 13: Titulación de muestras para determinación de materia orgánica. ....	98
Fig. N° 14: muestras de suelo para determinación de materia orgánica. ....	98
Fig. N° 15: Muestra de suelo después de la titulación para la determinación de materia orgánica. ....	98
Fig. N° 16: Muestra de suelo en agua para determinación de granulometría conectado a termocupla. ....	98
Fig. N° 17: Muestra de suelo con solución de peróxido para la determinación de granulometría. ....	98
Fig. N° 18: Filtrado de pectina después del proceso de hidrólisis acida.....	99
Fig. N° 19: Proceso de hidrólisis acida a pH 1.5. ....	99
Fig. N° 20: Cascara de naranja valencia en proceso de inactivación enzimática. ....	99
Fig. N° 21: Pectina en estado acuoso después extraída a pH 1.5.....	99
Fig. N° 22: Muestra de pectina en estufa para su secado.....	99
Fig. N° 23: Pesaje de pectina seca. ....	99
Fig. N° 24: Trituración de Pectina de baja metoxilización.....	99
Fig. N° 25: Tamices utilizados para la determinación de la granulometría. ....	99
Fig. N° 26: Pesado de pectina para la elaboración de las biopelículas. ....	100
Fig. N° 27: Muestras de bioplásticos listas para poner a baño maría. ....	100
Fig. N° 28: Pesado de almidón para la elaboración de las biopelículas. ....	100
Fig. N° 29: Muestra puesta en baño maría para la elaboración del bioplástico. ....	100

Fig. N° 30: muestra biplast-01 fragmentada.....	100
Fig. N° 31: Muestras de bioplástico en moldes.....	100
Fig. N° 32: Muestras cortadas en 2.5 cm x 2.5 cm para ensayos de solubilidad.....	100

## Índice de Graficas

Grafica N° 1: Promedio del % de Solubilidad Para las Muestras BPLAST y BPLAST2.....	39
Grafica N° 2: Promedio del % de Humedad Para las Muestras BPLAST y BPLAST2.....	41
Grafica N° 3: Promedio del % de Biodegradabilidad Para la Muestra BPLAST2.....	44
Grafica N° 4: Promedio del % de Biodegradabilidad Para la Muestra BPLAST2.....	47
Grafica N° 5: Promedio Permeabilidad al Vapor de Agua Para la Muestra BPLAST a Tamaño de Partícula 40 µm.....	48
Grafica N° 6: Promedio Permeabilidad al Vapor de Agua Para la Muestra BPLAST a Tamaño de Partícula 80 µm.....	49
Grafica N° 7: Promedio Permeabilidad al Vapor de Agua Para la Muestra BPLAST2 a Tamaño de Partícula 40 µm.....	50
Grafica N° 8: Promedio Permeabilidad al Vapor de Agua Para la Muestra BPLAST2 a Tamaño de Partícula 80 µm.....	51
Grafica N° 9: Distribución normal para pruebas de % de solubilidad en muestras BPLAST- a un tamaño de partícula de 40 µm.....	59
Grafica N° 10: Distribución normal para pruebas de % de solubilidad en muestras BPLAST- a un tamaño de partícula de 80 µm.....	59
Grafica N° 11: Distribución normal para pruebas % de solubilidad en muestras BPLAST2- a un tamaño de partícula de 40 µm.....	60
Grafica N° 12: Distribución normal para pruebas % de solubilidad en muestras BPLAST2- a un tamaño de partícula de 80 µm.....	60
Grafica N° 13: Distribución normal para pruebas % de humedad en muestras BPLAST- a un tamaño de partícula de 40 µm.....	61
Grafica N° 14: Distribución normal para pruebas % de permeabilidad al vapor de agua en muestras BPLAST- a un tamaño de partícula de 40 µm.....	62

## Índice de Tablas

Tabla N° 1: Matriz de operacionalidad de la variable dependiente .....	36
Tabla N° 2: Matriz de operacionalidad de la variable independiente. ....	37
Tabla N° 3: Prototipo de extracción de pectina de alta metoxilización. ....	42
Tabla N° 4: Prototipo de extracción de pectina de alta metoxilización. ....	42
Tabla N° 5: Prototipo de extracción de pectina de baja metoxilización. ....	43
Tabla N° 6: Prototipo de extracción de pectina de baja metoxilización. ....	43
Tabla N° 7: .....	46
Tabla N° 8: Puntos de calibración y pendiente de aceptación del multiparametro “Thermo SCIENTIFIC” en la determinación de PH en suelo. ....	46
Tabla N° 9: Estadística de fiabilidad para los instrumentos validados por los expertos. ....	48
Tabla N° 10: Datos de ensayos preliminares del Porcentaje de Humedad de las cascara de Naranja Valencia (Citrus × sinensis). ....	51
Tabla N° 11: Datos del porcentaje de rendimiento y extracción para cada prototipo en la obtención de pectina de alta y baja metoxilación. ....	52
Tabla N° 12: Datos del porcentaje de metoxilización y esterificación para cada prototipo de extracción. ....	53
Tabla N° 13: Ensayos preliminares para la elaboración de películas Biodegradables a partir de pectina y almidón. ....	36
Tabla N° 14: Combinación Óptima para la formación de Películas Biodegradables. ....	37
Tabla N° 15: Codificación y Muestras a ensayar por tamaño de partícula y pH. ....	37
Tabla N° 16: Resultados de solubilidad para la muestra BPLAST por tamaño de partícula y pH. .	38
Tabla N° 17: Resultados de solubilidad para la muestra BPLAST2 por tamaño de partícula y pH.	38

Tabla N° 18: Resultado del Porcentaje de humedad para muestras BPLAST por tamaño de partícula y pH. ....	40
Tabla N° 19: Resultado del Porcentaje de humedad para muestras BPLAST2 por tamaño de partícula y pH. ....	40
Tabla N° 20: Resultado del Porcentaje de biodegradabilidad para muestras BPLAST por tamaño de partícula y pH en 5días. ....	42
Tabla N° 21: Resultado del Porcentaje de biodegradabilidad para muestras BPLAST por tamaño de partícula y pH en 10días. ....	42
Tabla N° 22: Resultado del Porcentaje de biodegradabilidad para muestras BPLAST por tamaño de partícula y pH en 15días. ....	43
Tabla N° 23: Resultado del Porcentaje de biodegradabilidad para muestras BPLAST por tamaño de partícula y pH en 20días. ....	43
Tabla N° 24: Resultado del Porcentaje de biodegradabilidad para muestras BPLAST2 por tamaño de partícula y pH en 5 días. ....	45
Tabla N° 25: Resultado del Porcentaje de biodegradabilidad para muestras BPLAST2 por tamaño de partícula y pH en 10 días. ....	45
Tabla N° 26: Resultado del Porcentaje de biodegradabilidad para muestras BPLAST2 por tamaño de partícula y pH en 15 días. ....	46
Tabla N° 27: Resultado del Porcentaje de biodegradabilidad para muestras BPLAST2 por tamaño de partícula y pH en 20 días. ....	46
Tabla N° 28: Resultado de la Permeabilidad al vapor de agua para muestras BPLAST por tamaño de partícula y pH en 24 horas. ....	48
Tabla N° 29: Resultado de la permeabilidad para muestras BPLAST2 por tamaño de partícula y pH en 24 horas. ....	50
Tabla N° 30: Prueba de normalidad para porcentaje de biodegradabilidad en 5 días. ....	54
Tabla N° 31: Prueba estadística ANOVA para porcentaje de biodegradabilidad en 5 días. ....	55
Tabla N° 32: Prueba de normalidad para porcentaje de biodegradabilidad en 10 días. ....	55
Tabla N° 33: Prueba estadística ANOVA para porcentaje de biodegradabilidad en 10 días. ....	56
Tabla N° 34: Prueba de normalidad para porcentaje de biodegradabilidad en 15 días. ....	56
Tabla N° 35: Prueba estadística ANOVA para porcentaje de biodegradabilidad en 15 días. ....	57
Tabla N° 36: Prueba de normalidad para porcentaje de biodegradabilidad en 20 días. ....	58

Tabla N° 37: Prueba estadística ANOVA para porcentaje de biodegradabilidad en 20 días. ....	58
Tabla N° 38: Prueba estadística ANOVA para porcentaje de solubilidad.....	61
Tabla N° 39: Prueba estadística ANOVA para porcentaje de humedad.....	62
Tabla N° 40: Prueba estadística ANOVA para porcentaje de permeabilidad al vapor de agua. ....	63

## RESUMEN

La investigación que a continuación se presenta tiene por objetivo determinar la dosis óptima de pectina de cascara de naranja Valencia (*Citrus x sinensis*) y almidón de yuca para la elaboración de bioplástico a nivel de laboratorio. El proceso de elaboración empezó con la selección de la cascara de naranja Valencia (*Citrus x sinensis*) exactamente 300g de muestra, los que se recogieron de una población de 10 kg, a partir de este punto se separó el desarrollo de la investigación en dos procesos empezando por la obtención de la pectina que se subdividió en: selección de la cascara de naranja, separación y lavado, corte de la cascara de naranja(albedo), inactivación enzimática, hidrólisis acida, filtración de residuos, precipitación y secado realizando ensayos pre experimentales para obtener pectina de alta y baja metoxilización. Por otro lado, la elaboración del bioplástico proceso que inicio con la mezcla de pectina, almidón de yuca, glicerina, agua y ácido acético 0,5 N. La mezcla se llevó a agitación constante en baño maría a 65°C durante 15 minutos, posteriormente se vació la mezcla viscosa en moldes de aluminio de 26×23 cm, llevándose a estufa para su secado a 40°C durante 15h. En las biopelículas obtenidas se analizó: solubilidad, permeabilidad al vapor de agua, espesor, fuerza de tracción, elongación, humedad y biodegradabilidad. Se determinó en base a los resultados que existen diferencias significativas en las propiedades físicas y químicas del bioplástico en las muestras BPLAST y BPLAST2 cuyos valores promedio para las muestras BPLAST son: 1.201 N fuerza de tracción, 10.85 % de elongación, 48.38% solubilidad, 50.52% humedad, 64.52% biodegradabilidad en 20días y una permeabilidad de  $0.107 \left(\frac{g}{(hmm)^2}\right)$  y para muestras BPLAST2 valores de: 0.971 N fuerza de tracción, 9.31 % de elongación, 58.38% solubilidad, 56.13% humedad, 73.68% de biodegradabilidad en 20 días y una permeabilidad de  $0.16 \left(\frac{g}{(hmm)^2}\right)$  a un tamaño de partícula de 80 µm para ambas muestras.

**Palabras clave:** Bioplástico, pectina, albedo.

## **ABSTRACT:**

The purpose of the following research determines the optimum dose of Valencia Peel and yucca starch for bioplastic elaboration at laboratory levels.

The process of elaboration begins with the selection of Valencia orange peels at exactly 300 grams; sample that was taken from a source containing 10 KG.

From this point forward, the research was divided in 2 stages. Stage one started by obtaining the pectin which was subdivided as follows: selection of the orange peel, separation and wash, cut of the orange peel (albedo), enzymatic inactivation, acid hydrolysis, reduction of the residues, precipitation and dryness performed to pre-experimental samples in order to obtain high and low methoxylated pectin. Stage two consisted in the elaboration of the bioplastic process which started with the pectin mixture, yucca starch, glycerin, water and 0.5 N acetic acid. Such mixture was constantly stirred on a water bath at 65°C for 15 minutes. After that, the viscous mixture was transferred to an aluminum pan measuring 26×23 cm, then placed in the stove at 40°C for 15 hours. The biofilms were analyzed for: solubility, water vapor permeability, thickness, tensile strength, elongation, humidity and biodegradability. Based on the results, it was determined that there are differences in the physical and chemical properties of the bioplastic samples BPLAST and BPLAST2.

BPLAST's values average 1,201 N tensile strength, 10.85% elongation, 48.38% solubility, 50.52 % moisture, 64.52% biodegradability in 20 days and a permeability of  $0.107 \left(\frac{g}{(hmm)^2}\right)$  and for samples of BPLAST2 values are: 0.971 N tensile strength, 9.31% elongation, 58.38% solubility, 56.13% humidity, 73.68% biodegradability in 20 days and a permeability of  $0.16 \left(\frac{g}{(hmm)^2}\right)$  at a particle sizing 80 µm for both samples.

**Keywords:** Bioplastic, pectin, albedo.





**ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE  
TESIS**

Código : F06-PP-PR-02.02  
Versión : 09  
Fecha : 23-03-2018  
Página : 1 de 1

Yo, María del Carmen Aylas Humareda, docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo Sede Lima Norte, revisor (a) de la tesis titulada:

**“Elaboración de Bioplástico Aprovechando la Pectina Presente en la Cascara de Naranja Valencia (*Citrus × sinensis*) Reforzado con Almidón de Yuca a Nivel de Laboratorio – UCV Sede Lima Norte 2018”** del (de la) estudiante **Jorge Augusto Lama Guadimus**, constató que la investigación tiene un índice de similitud de **10%** verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Los Olivos, 16 de julio de 2018

MSc. María del Carmen Aylas Humareda

DNI: 07733045

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------