



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“Obtención de harina de la cáscara del limón para la elaboración del bioplástico y  
determinación de su biodegradabilidad, Lima 2019”

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE  
BACHILLER EN INGENIERÍA AMBIENTAL

AUTORES:

Bernachea Rosales Sheyla (0000-0003-2946-9083)

Dioses Velasquez Adilson David (0000-0003-1984-3166)

ASESOR:

Ms. Quijano Pacheco Wilber (0000-0001-7889-7928)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y Gestión de los Residuos

LIMA – PERÚ

2019

## DEDICATORIA

*El presente trabajo investigativo lo dedicamos principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener unos de los anhelos más deseados.*

*A mis padres Oswaldo y Mela, por brindarme su tiempo y su paciencia de acompañarme todo este camino estudiantil.*

*A Carlos Manrique por apoyarme de manera desinteresada en este camino de superación, mejora y por aportar considerablemente en el proyecto.*

*A mis padres Antonio y Karina quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más.*

*A Anna Velásquez por estar siempre apoyándome y dándome consejos en la realización de este trabajo.*

## **AGRADECIMIENTO**

Estamos sumamente agradecidos con nuestro Asesor de Metodología de investigación por habernos brindado la oportunidad de recurrir a su apoyo, por su dedicación y por la guía dada durante el desarrollo de este trabajo de Investigación.

A el encargado de laboratorio Román Pérez Hitler por siempre apoyarnos y guiarnos dentro del nuestro desarrollo de Investigación

A nuestra familia por el apoyo brindado en todo momento; a nuestros profesores de los diferentes cursos desarrollados que dedican su vida y tiempo profesional formando estudiantes competentes.

A mis compañeros de Metodología por el empeño y la motivación que pusieron durante todo el semestre de investigación

## Índice de contenidos

|  |     |
|--|-----|
| Dedicatoria .....  | ii  |
| Agradecimiento .....   | iii |
| Índice de contenidos.....  | iv  |
| Índice de tablas .....   | v   |
| Resumen.....   | vi  |
| Abstract.....  | vii |
| <br>   |     |
| I INTRODUCCIÓN.....  | 10  |
| 1.1 Formulación del problema.....  | 16  |
| 1.2 Justificación del Estudio.....   | 16  |
| 1.3 Hipótesis.....   | 17  |
| 1.4 Objetivos.....   | 18  |
| II. METODOLOGÍA.....   | 19  |
| 2.1 Diseño de la Investigación.....  | 19  |
| 2.2 Variable Operacional.....  | 19  |
| 2.3 Población y Muestra.....   | 21  |
| 2.3.1 Población.....   | 21  |
| 2.3.2 Muestra.....   | 21  |
| 2.3.3 Muestreo .....   | 21  |
| 2.4 Técnica e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad..... | 21  |
| 2.4.1 Técnica e Instrumento de recolección de datos.....                         | 21  |
| 2.4.2 Validez y confiabilidad .....  | 22  |
| 2.5 Metodología del desarrollo experimental.....                                 | 22  |
| 2.5.1 Ubicación.....   | 22  |
| 2.5.2 Materiales y Equipos.....  | 23  |
| 2.5.3 Etapas del desarrollo de Investigación.....                                | 23  |
| 2.6 Procedimientos.....  | 24  |
| 2.6.1 Desarrollo de las Etapas de Investigación.....                             | 24  |
| 2.6.2 Parámetros a Evaluar.....  | 29  |
| III. RESULTADOS.....   | 30  |
| IV. DISCUSIÓN.....   | 39  |
| V. CONCLUSIONES.....   | 41  |

|                          |    |
|--------------------------|----|
| VI. RECOMENDACIONES..... | 42 |
| VII. BIBLIOGRAFÍA.....   | 43 |
| VIII. ANEXOS.....        | 49 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1 Matriz Operacional de Variables.....                                | 20 |
| Tabla 2 Tecnicas e Instrumentos de Recoleccion de Datos.....                | 21 |
| Tabla 3 Materiales y Equipos.....   | 23 |
| Tabla 4 Caracteristicas de la cascara de limón .....                        | 30 |
| Tabla 5 Datos Iniciales del Procedimiento de la obtención de la harina..... | 30 |
| Tabla 6 Dosis Usada de harina de cascara de limón.....                      | 30 |
| Tabla 7 Fuerza de Elongación del Bioplastico.....                           | 30 |
| Tabla 8 Prueba de normalidad de elongación.....                             | 31 |
| Tabla 9 Anova de un factor de elongación.....                               | 32 |
| Tabla 10 Prueba de contraste de tukey para fuerza de elongacion.....        | 32 |
| Tabla 11 Resultados de fuerza de tracción.....                              | 33 |
| Tabla 12 fuerza de normalidad de fuerza de tracción.....                    | 34 |
| Tabla 13 Anova de un factor de fuerza de tracción.....                      | 35 |
| Tabla 14 Fuerza de contraste de tukey para fuerza de tracción.....          | 35 |
| Tabla 15 Resultados de Biodegradabilidad del plástico.....                  | 35 |
| Tabla 16 Prueba de biodegradabilidad .....                                  | 37 |
| Tabla 17 Anova de un factor de biodegradabilidad.....                       | 37 |
| Tabla 18 Tukey de Biodegradabilidad.....                                    | 38 |

## RESUMEN

La presente investigación se desarrolló para la obtención de harina de la cáscara del limón para así desarrollar bioplástico y determinar la biodegradabilidad dentro del laboratorio de Fisicoquímica de la Universidad César Vallejo- Lima Norte; es un trabajo experimental, aplicativo y de tipo cuantitativo, la muestra total con la que se trabajó fue de 2000 gr de cascara de limón el cual en el proceso se obtuvo 170gr de harina de cascara de limón mediante el proceso de recolección de la muestra, luego se realizó el lavado de cascara de limón para así después proceder a retirar del carpelo y conservación del epicarpio del limón; una vez realizado ello se pasa por un secado en un horno a 60°C durante 5 días que ira de la mano del proceso de pulverizado y tamizado la harina de cascara para obtener una homogenización que pasará por un lavado por el equipo extractor Soxhelt en ello se colocó cada 10 gr por un tiempo de 6 horas con la finalidad de sacar aceites y grasas de la harina

Para el desarrollo de esta investigación se utilizaron glicerina, Ácido Acético, agua destilada, placa de vidrio, termómetro, mortero, tamiz, estufa – horno, Mechero bunsen, Equipo Xóchilt, Equipo para pruebas de elongación y tracción Marca ELE INTERNATIONAL donde se realizaron diferentes pruebas y con diferentes proporciones variando tanto los niveles de glicerina, harina de cascara de limon y de Ácido acético culminando así que el análisis de los resultados, mediante el IBM SPSS Statistics 23, nos indica que al 95% de confianza que se rechaza la hipótesis nula, debido a la obtención de p-valores menores que  $\alpha$ , se concluye que se obtuvo bioplástico a partir de la obtención del harina de la cáscara del limón, Lima 2019.

**PALABRAS CLAVES:** Biodegradabilidad, harina de limon, cáscara de limón, Fuerza de Tracción, Elongación.

## ABSTRACT

Summary This research was developed to obtain flour from the lemon peel to develop bioplastic and determine biodegradability within the Physicochemistry laboratory of the César Vallejo-Lima Norte University; is an experimental, application and quantitative work, the total sample with which work was 2000 g of lemon shell which in the process was obtained 170gr of lemon shell flour through the sample collection process , then the washing of lemon peel was performed so that then proceed to remove from the carpel and conservation of the lemon epicarpio ; once this is done it is passed by a drying in an oven at 60oC for 5 days that goes from the hand of the spraying process and sieved the shell flour to obtain a homogenization that will pass by a wash by the extractor equipment Soxhelt in it was placed every 10 gr p 6 hours in order to remove oils and fats from the flour For the development of this research glycerin, acetic acid, distilled water, glass plate, thermometer, mortar, sieve, stove – oven, mechero bunsen, Xóchilt equipment, Equipment for elongation and traction tests Brand ELE INTERNATIONAL where it is carried out different tests and with different proportions varying both the levels of glycerin, lemon shell flour and acetic acid culminating so that the analysis of the results, using the IBM SPSS Statistics 23, tells us that at 95% confidence that it is rejects the null hypothesis, due to the obtaining of smaller p-values than , it is concluded that bioplastic was obtained from obtaining flour from the lemon peel, Lima 2019.

**KEYWORDS: Biodegradability, lemon flour, lemon peel, Traction Force, Elongation.**

## **I. INTRODUCCIÓN**

El crecimiento desmesurado del uso de plásticos no degradables hace que sea la principal fuente de contaminación a nivel mundial, en sus distintos ámbitos ya sean domésticas, industriales, etc. La persistencia y/o permanencia de los plásticos sobre el medio ambiente a largo plazo, viene afectando al ecosistema y a todos los agentes que lo rodean. Según García, precisa que: la resistencia a los procesos de degradación fisicoquímicas los convierte en un gran problema, dado que el producto pierde su valor de uso. Así, el residuo persiste en el ambiente, impactando visualmente, como así también agrediendo a los ecosistemas (p.39)

A nuestro alrededor nos encontramos que la mayor parte de objetos son de plástico, sobre todo el polietileno expandido por ser de bajo peso y gran resistencia hacemos uso de él , en embalaje de industria electrónica, farmacéutica, artesanal, etc.; pero es un gran contaminante porque no es biodegradable, y este al quemarse desprende dioxinas que son dañinas para la atmósfera y la salud. [...] el polietileno tarda más de 500 años en degradarse y contamina mares, ríos y tierras [sic], el cual pasa al aire que respiramos, a la tierra y plantas que consumimos y al agua y peces que comemos. Se calcula que 90% del polietileno que se encuentra en la sangre de un niño, llega por esa vía indirecta (Huerta, 2015, “Los plásticos incluido el tecno por y la salud del ser humano y del medio ambiente”, párr. 13).

Cuando nos referimos a plástico, lo comprendemos como un término general que contiene gran variedad de sustancias, distinguidas por la composición de su estructura y por las propiedades que presenta. Se sabe que el plástico representa un material compuesto por polímeros de origen orgánico por medio de la transformación química de sustancias naturales o sintéticas desde materias primas de origen orgánica e inorgánica. Cabe mencionar que la característica peculiar y en su mayoría suscitada es facilidad de moldearse, esto debido a que dentro de su etapa de producción o proceso de transformación son blandos y dúctiles. (Barker, 2015, p.15).

El plástico tiene ventajas innegables de ser barato, liviano y fácil de hacer, todas estas propiedades han llevado a una mayor producción a lo largo de los años y continuará aumentando en los próximos 10 a 15 años. Hoy, no podemos minimizar la cantidad de residuos plásticos generados, ya que gran parte de estos residuos llegan a los mares que

dañan la biodiversidad.. En esta investigación utilizaremos la cáscara de limón extraído de los ambulantes vendedores de cebiche que se encuentran ubicados a los alrededores del mercado “El Alamo”, dicho esto, ¿cómo relaciona el problema del uso de plástico convencional con los plásticos biodegradables? Proponemos el uso de la harina de cáscara de limón como una excelente alternativa para la producción de bioplásticos, reduciendo el uso de plástico convencional y, por lo tanto, sus efectos sobre el medio ambiente también traen beneficios económicos.

BALBOA, M. (2016). “Obtención experimental de aceite esencial y subproducto a partir de la cascara de naranja”. El presente trabajo de investigación tiene como objetivo implementar un equipo para la obtención de aceites y bio abono como subproducto a partir de la cascara de naranja. Su metodología consistió en recolectar las cascara de naranjas luego pasando por un proceso de destilación a si obteniendo agua (hidrátalo) y residuo solido obteniendo aceite esencial. Luego es pasado por una destilación al vacío. Obtuvieron un aceite promedio de 0.9314% en los cuales factores temperatura de vaporización a 94°C, presión de vapor de 1.15 (atm) flujo de vapor 2.1 (g/s) fueron muy determinantes; el aceite esencial obtenido según los análisis por cromatografía por columna mostro un contenido de limoneno mayor a 90%. Se concluyo que se demostró la viabilidad de producción de aceite esencial de naranja con una alta cantidad de limoneno haciendo uso de parámetros sencillos además del biobanco como subproducto del proceso de destilación contando con alta cantidades de fosforo, potasio y nitrógeno lo cual se puede aprovechar la cascara de naranja.

MEZA, P. (2016). "Elaboración de bioplástico a partir de almidón residual obtenido de peladoras de papa y determinación de su biodegradabilidad a nivel de laboratorio". El propósito de este trabajo de investigación es desarrollar un bioplástico a partir de residuos de papa "Yungay" y determinar su biodegradabilidad. Su metodología consistió en 3 partes, extracción de almidón desde la preparación del bioplástico y finalmente biodegradabilidad de los bioplásticos. Para la extracción de almidón, utilizaron el método de decantación con ciertas variantes, como el cambio de temperatura para obtener la mayor cantidad de almidón; Procesaron 20 kg de papas para obtener una relación amilosa / amilopectina de 26.21 / 73.79 y una similitud de 89.8% con el espectro de almidón soluble. En la producción de bioplásticos, se basaron en la hidrólisis química del almidón para polimerizarlo mediante la adición de plastificantes como el glicerol y el agua, cuando se

determinó la cantidad correspondiente de aditivos, realizaron pruebas de tensión y el alargamiento lograron 1,47 MPa y 19,99% de alargamiento máximo. En biodegradabilidad, utilizaron compost como agente de degradación. Se encontró que la eficiencia obtenida fue de 35.06% en la extracción de almidón con respecto al residuo sólido, el bioplástico más resistente consistió en 5 ml de glicerina, 3 ml de ácido acético, 10 g de almidón, 60 ml de agua destilada y se obtuvo su biodegradabilidad 64 , 21% en 92 días.

GARCIA, A. (2015). “Obtención de un polímero biodegradable a partir de almidón de maíz” se planteo un método de obtención de un bioplástico a partir de almidón de maíz, siendo este un recurso natural. Se obtuvo ventajas cuando se comparo con los plásticos convencionales en la parte experimental. Con el material que obtuvieron realizaron pruebas fisicoquímicas y mecánicas, para corroborar su resistencia y porcentaje de biodegradabilidad con la finalidad de obtener bioplástico. Se concluyo que en una temperatura de 27.1°C y humedad de 82% se demostró que el plástico de degrada en 3 meses según la prueba de biodegradabilidad.

NAVIA, D. (2014). “Evaluación de propiedades físicas de bioplásticos termo-comprimidos elaborados con harina de yuca”. El presente trabajo se basó en un estudio de las propiedades mecánicas, el color y el comportamiento de la densidad de los bioplásticos hechos de harina de yuca de la variedad gelatinizada MPER-183, reforzada con fibra. En su mitología, utilizaron la técnica de moldeado por compresión. Se concluyó que los factores de temperatura y presión de compresión no favorecieron el comportamiento mecánico de los bioplásticos obtenidos con harina de yuca gelatinizada, mientras que la temperatura de 190 ° C y la presión 0 fueron adecuadas para obtener valores más altos de tensión y tensión elástica.

NUÑEZ, A. (2014). “Obtención de una película de bioplástico a partir del colágeno de las patas de pollo”. El objetivo de este trabajo de investigación es obtener una película biodegradable a partir de colágeno parcialmente hidrolizado en huesos de pollo y su degradabilidad física, mecánica y biológica. Su metodología se basó en colocar gelatina con plastificantes y gesticulantes en diferentes concentraciones para elegir la mejor, luego se analizan las siguientes propiedades de biopelícula: espesor, solubilidad, humedad, biodegradabilidad, permeabilidad y tracción en una sola dirección. Núñez recomienda

realizar una espectroscopía de masa, infrarroja y de escaneo para tener una idea más real y clara de que la película resultante está configurada.

PIZA, Hamlet. et .al (2017). “análisis experimental de la elaboración de bioplástico a partir de la cascara de plátano para el diseño de una línea de producción alterna para las chifleras de Piura Perú”. El objetivo de este trabajo de investigación es realizar un análisis experimental de la producción de bioplásticos a partir de la cáscara de plátano. Su metodología en el proceso de producción de bioplásticos fue la recepción de la cáscara, reposo, secado, trituración, tamizado, mezcla y cocción, secado, aplanamiento y prensado. Se concluyó que el bioplástico obtenido de la cáscara de plátano puede tomar muchas formas diferentes en el tipo de moho utilizado, dependiendo de la temperatura y la presión de cocción de la mezcla.

ARRIETA, M. (2014). Detalla en su investigación titulada “Films de PLA y PLA-PHB plastificados para su aplicación en envases de alimentos. Caracterización y análisis de los procesos de degradación” los puntos primordiales que toma como parte su objetivo el cual es de crear films biodegradables desde la base del POLI ACIDO LACTICO lo cual lo combinara con POLI HIDROXIBUTIRATO para analizar y evaluar la la utilización en envases de alimentos que se desarrollo como proyecto propio. Su metodología se desarrollo de manera que se iría agregando diferentes aditivos y así lograr revisar el de todos los aditivos resultaba el más eficaz y eficiente en el proyecto investigativo y así se logro obtener como resultado que los aditivos citrato y poli etileno glicol permitían la estabilidad del bioplástico los cuales aportaran al PLA, estructuras flexibles mejorando la movilidad, redujo la estabilidad termina y aumento la permeabilidad al oxígeno

Ruth Castillo, Elia Sury Escobar, Di Aneth Fernández, Ramón Gutiérrez, Jonathan Morcillo, Nery Ana Núñez y Sandra Peñaloza. (2015) “Bioplástico a base de la cáscara del plátano”. Este proyecto de investigación es parte de la asignatura Ciencia de los Materiales y su objetivo principal es obtener un bioplástico a base de almidón extraído de la cáscara de plátano. En principio, el proyecto consiste en extraer el almidón en la cáscara de plátano, que se considera desecho agrícola, para ser utilizado como materia prima para la producción de bioplásticos. La retirada de almidón comenzó raspando el endocarpio, con el molde de exocarpio; Cuando se alcanza el rasguño, se sumerge en una solución

antipardean ante (concentrado de jugo de cítricos). Entonces, uno de los puntos es que fue posible desarrollar el desarrollo de bioplásticos, ya que gran parte de la investigación realizada sobre estos biomateriales en los últimos años se ha centrado en reducir los costos de producción y aumentar la productividad a través de diversas estrategias.

Begoña Ruiz Fuertes (2016) menciona en su investigación “Efecto del limoneno en la digestión anaerobia de residuos cítricos y pretratamientos para su mejora”. El objetivo principal de esta tesis ha sido estudiar el efecto del limoneno (el componente principal de TEC) en la digestión anaeróbica de residuos cítricos y evaluar diferentes estrategias para mejorar este proceso, donde, en un primer enfoque del problema, se estudió el efecto de limoneno en la digestión anaeróbica por lotes. El potencial bioquímico del metano de varios tipos de residuos cítricos se evaluó como un desarrollo central, donde fue posible obtener que la concentración inhibitoria del limoneno es un factor importante para el proceso de digestión anaerobia, observando un grado de adaptación.

Fernando Guzmán-Lagunes. (2018) “Síntesis de polihidroxicanoatos utilizando residuos de jugo de naranja como materia prima” hace mención que el costo de la producción de polihidroxicanoatos (PHA) hoy en día dificulta mucho más el uso más amplio de estos biopolímeros en comparación con los de sus plásticos a base de petróleo. Para ello se descubrió que el polihidroxibutirato fue el primer PHA descubierto y se está estudiando ampliamente en las últimas cuatro décadas como un posible reemplazo biodegradable para los plásticos a base de petróleo de uso común. Finalmente, culminante esta investigación se puede comprender que el uso del método síntesis de polihidroxicanoatos se cultiva en condiciones nutricionales desequilibradas, como la limitación de nitrógeno cuando hay una gran cantidad de fuentes de carbono disponibles y que el uso de materias primas económicas y renovables se propone como una estrategia factible para hacer que PHB.

Durakon, et al. (2019) “Escala y evaluación de la sostenibilidad de la producción de biopolímeros a partir de la oferta de residuos cítricos Vía de captura y utilización de carbono” El poli (carbonato de limoneno) (PLC) se ha destacado como un sustituto atractivo de los plásticos derivados del petróleo, debido a su utilización de CO<sub>2</sub> y limoneno de base biológica como materia prima, que ofrece una vía efectiva de captura y utilización de carbono. Nuestro estudio investiga la viabilidad tecno económica y la

sostenibilidad ambiental de un nuevo proceso para producir PLC a partir de limoneno derivado de residuos cítricos, junto con un proceso de digestión anaeróbica para permitir la cogeneración de energía y la maximización de la recuperación de residuos. El diseño del proceso computacional se integró con una evaluación del ciclo de vida para identificar las oportunidades de mejora de la sostenibilidad. Se descubrió que la producción de PLC es económicamente viable, suponiendo que se suministren suficientes residuos cítricos al proceso, y ambientalmente preferible al poliestireno (PS) en varias categorías de impacto, incluido el cambio climático. Sin embargo, exhibió mayores cargas ambientales que el PS en otras categorías de impacto, aunque el desempeño ambiental podría mejorarse con un sistema de recuperación de desechos, a costa de un cambio en el diseño del proceso hacia la generación de energía. Finalmente, nuestro estudio cuantificó la contribución potencial de PLC para mitigar el escape de CO atmosférico<sup>2</sup> concentración desde el límite planetario. Hacemos hincapié en la importancia de un enfoque holístico para el diseño de procesos y destacamos los posibles impactos de los biopolímeros, que es fundamental para resolver los problemas ambientales que enfrenta la industria del plástico y construir una economía circular sostenible.

Sandra Sanchez Vazquez (2014) “Polímeros de desechos alimenticios”. La primera parte se centra en la conversión de limoneno a dimetilstireno para producir materiales poliméricos [...] y las condiciones de disolvente, base, catalizador y reacción se variarán en un intento de mejorar la conversión para lograr productos catalizadores más accesibles y se centrará en la polimerización del ácido oleico que ayuda a la producción de polímeros alimenticios en relación al limoneno.

ONG Hui Fon. (2014) “Extracción de aceite esencial de cáscaras de naranja” La técnica de extracción con solvente asistida por microondas (MASE) es una técnica prometedora que se destaca por un mayor rendimiento de extracción, menor tiempo y consumo de solvente; Además, la reproducibilidad es mejor. El aislamiento de aceites esenciales de cítricos a partir de cáscaras de naranja se analizó por cromatografía de gases-pectrometría de masas (GC-MS). Se encontró que los componentes principales en el aceite de naranja que se separaron mediante el uso de solvente de agua desionizada es el limoneno. Otros estudios también revelaron que el rendimiento de los aceites esenciales era principalmente influenciado por diferentes temperaturas de extracción, tiempo y potencia. Los productos de limoneno se utilizan en una amplia gama de aplicaciones de limpieza industrial,

institucional, comercial, médica y residencial. En este estudio, este producto ha sido desarrollado como un jabón natural y ambientador.

## **1.1 Formulación del problema**

### **☐ Problema general:**

- ¿Se obtendrá bioplástico a partir de la obtención de la harina de la cáscara del limón, Lima 2019?

### **☐ Problema específico:**

- ¿Cuál es la variación de las propiedades físico-mecánicas del plástico obtenido que generan las dosis usadas de la harina de la cáscara de limón para la elaboración del bioplástico, Lima - 2019?
- ¿Cuál es la dosis adecuada de harina de la cáscara de limón para la elaboración de plástico biodegradable, Lima - 2019?
- ¿En qué medida el plástico obtenido a partir de la obtención de la harina de la cáscara del limón logra la biodegradabilidad, Lima - 2019?

## **1.2 Justificación del estudio**

### **☐ Justificación Económica**

Como aspecto económico el aprovechar residuos y transformarlos como productos útiles se convierte en una alternativa sustentable a bajos costos reemplazando al plástico común elaborado a base de sustancias químicas sintéticas y como estrategia que posibilita el buen manejo de los residuos sólidos orgánicos.

### **☐ Justificación Ambiental**

Además, lograr un impacto positivo en cuanto el equilibrio del medio donde se habita, salvaguardando los recursos naturales y calidad de vida de la población, brindando como alternativa el reaprovechamiento de los desechos orgánicos generados en el lugar.

### **☐ Justificación Metodológica**

A nivel metodológico se pretende determinar elaborar bioplástico a partir de la obtención de harina de la cáscara de limón y determinación de su biodegradabilidad empleando técnicas adecuadas de muestreo, evaluación y análisis de las muestras, tratamiento de diseño convencional para comunidades rurales con una base de datos de resultados satisfactorios.

La presente investigación servirá como aporte técnico, de base y apoyo para futuras investigaciones respecto al uso de la cáscara de limón en la generación de nuevos productos que puedan aportar al desarrollo industrial del país, así como también la retribución estará en la disminución de desechos que se arrojan al medio ambiente sin ningún tratamiento previo.

### **1.3 Hipótesis**

#### **□ Hipótesis General**

- Se obtuvo bioplástico a partir de la obtención de la harina de la cáscara del limón, Lima 2019.

#### **□ Hipótesis específicas:**

- Las propiedades físico-mecánicas del plástico obtenido, varían según las dosis usadas de la harina de la cáscara de limón para la elaboración del bioplástico, Lima - 2019.
- El rendimiento de la obtención de la harina de la cáscara de limón es óptimo para elaborar bioplástico, Lima - 2019
- La dosis de harina de la cáscara de limón es adecuada para la elaboración de plástico biodegradable, Lima - 2019.
- El plástico obtenido a partir de la harina de la cáscara de limón logra la biodegradabilidad, Lima - 2019.

### **1.4 Objetivos**

#### **□ Objetivo general:**

- Elaborar bioplástico a partir de la obtención de harina de la cáscara de limón, Lima - 2019.

#### **□ Objetivos específicos:**

- Evaluar la variación de las propiedades físico-mecánicas del plástico obtenido, que genera las dosis usadas de harina de la cáscara de limón, Lima - 2019.
- Determinar la dosis adecuada de harina de la cáscara de limón para la elaboración de plástico biodegradable.
- Determinar la biodegradabilidad del plástico obtenido a partir de la harina de la cáscara de limón, Lima - 2019.

## **2 METODOLOGÍA**

### **2.1. Tipo y Diseño de investigación**

#### **Tipo de investigación**

El tipo de investigación es Investigación aplicada, ya que tiene como objetivo originar una nueva técnica a partir de los conocimientos alcanzados a través del proceso de investigación y estrategias para definir si esto puede ser útilmente aplicado para el propósito definido.

#### **Diseño de Investigación**

En la presente investigación se tomó en consideración lo indicado por el Dr. Hernández (2014) dentro de la Metodología de Investigación, adjudicándolo dentro del enfoque cuantitativo

#### **Nivel de Investigación**

La presente investigación será nivel predictiva o Experimental , ya que vamos a realizar una acción y posteriormente observar y documentar sus consecuencias, escogimos este diseño porque tendremos que seleccionar aleatoriamente en campo (vendedores ambulantes de ceviche) de donde se obtendrá las muestras de cáscara de limón y posteriormente trasladarlo a un laboratorio certificado por INACAL para su análisis correspondiente así también contamos con al menos dos variables tanto dependiente como independiente.

Según Noguera (2015) hace referencia que se responderán y darán respuestas a preguntas de los cambios, modificaciones y mejoras encontradas.

### **2.2. Variables y Operacionalización**

#### **Variable independiente**

- harina de cáscara de Limón

#### **Variable dependiente**

- Plástico biodegradable

**tabla 01: Matriz Operacional de Variables**

| MATRIZ OPERACIONAL   |                            |  |   |  |               |                    |
|----------------------|----------------------------|--|---|--|---------------|--------------------|
| VARIABLE             |                            | DEFINICIÓN CONCEPTUAL  | DEFINICIÓN OPERACIONAL  | DIMENSIÓN                                      | INDICADOR     | Unidad de Medición |
| <b>Independiente</b> | harina de cáscara de Limón | Son polímeros ecológicos que favorecen a la elaboración de plástico biodegradable (Instituto Catalán de Investigación Química, 2017).  | Se caracteriza por la elaboración de un plástico biodegradable mediante la aplicación de una dosis de harina de cascara de limon. | Características de la cáscara del limón        | Volumen       | cm <sup>3</sup>    |
|                      |                            |  |   |  | Peso          | g                  |
|                      |                            |  |   | Características de harina de cascara del limon | Temperatura   | °C                 |
|                      |                            |  |   |  | pH            | Unidad de pH       |
|                      |                            |  |   |  | Granulometría | un                 |
|                      |                            |  |   | Dosis de harina de la cascara de limon         | 5             | g                  |
|                      |                            |  |   |  | 10            | g                  |
|                      |                            |  |   |  | 15            | g                  |
|                      | 20                         | g  |   |  |               |                    |
| <b>Dependiente</b>   | Plástico Biodegradable     | Los plásticos biodegradables pueden ser fabricados originadores por fuente, lo que hace resistente al plástico de origen de petróleo es su estructura que le hace resistente a todo en cambio los biodegradables son de rápida degradación expuestos al ambiente. (Rodríguez, 2012, p. 70) | Se caracteriza por mejorar sus características físico-mecánicas y por su capacidad de biodegradabilidad                           | Características físico-mecánicas               | Tracción      | N/cm <sup>2</sup>  |
|                      |                            |  |   |  | Elongación    | %                  |
|                      |                            |  |   | Biodegradabilidad                              | Tiempo        | s                  |
|                      |                            |  |   |  | Grado         | %                  |

Fuente: Elaboración propia, 2019

## 2.3. Población, muestra y muestreo

### 2.3.1 Población

La presente investigación se tomó como población de estudio a las cáscaras de limón obtenido de los ambulantes vendedores de ceviche, que se encuentran en las afueras del Mercado El Álamo, en el cruce de la av. Colectora con av. Pacasmayo, perteneciente a la provincia constitucional del Callao.

### 2.3.2 Muestra

Se utilizó como muestra aproximadamente 2 kg de cáscara de limón obtenido de los ambulantes vendedores de ceviche, que se encuentran en las afueras del Mercado El Álamo, en el cruce de la av. Colectora con av. Pacasmayo, perteneciente a la provincia constitucional del Callao.

### 2.3.3 Muestreo

Esta investigación se basó en la física y química del proceso de obtención de harina a partir de la cáscara del limón, pero principalmente se enfatizó en las condiciones adecuadas para su obtención.

## 2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Para la elaboración de la presente investigación se consideró las siguientes etapas como muestra la Tabla 02.

**Tabla 02** *Técnicas e instrumentos de recolección de datos*

| ETAPAS | TÉCNICAS   | INSTRUMENTOS | RESULTADOS  |  |
|--------|--|--------------|---|--|
| 1.     | Recolección de muestra                                     | Observación  | Ficha de muestreo de cáscara de limón<br>(Anexo 1)    | Se determinó el volumen y peso de cáscara de limón que se va utilizar.                   |
| 2.     | Obtención y caracterización de harina de cascara de limon. | Observación  | Ficha de caracterización de Limoneno<br>(Anexo 2)     | Se determinó la Temperatura y pH, de la harina de la cascara de limon.                   |
| 3.     | Elaboración del Bioplástico                                | Observación  | Ficha de caracterización de Bioplástico.<br>(Anexo 3) | Se elaboró y aplicó las dosis de harina de la cascara de limón para obtener bioplástico. |
| 4.     | Análisis y comparación de resultados                       | Observación  | Ficha de resultados<br>(Anexo 4)                      | Determinación de la Tracción, Elongación y la biodegradabilidad.                         |

Fuente: Elaboración propia, 2019

## 2.4.2 Validación y confiabilidad

Los instrumentos serán validados por tres especialistas a fines a la carrera, cuya valoración permitirá conocer si el instrumento es aceptable, así mismo se utilizó también el alfa de Cronbach. La estimación de la fiabilidad utilizando el coeficiente alfa de Cronbach indica la profundidad con la que distintas preguntas, enunciados o instrumentos están interaccionados, y miden el mismo concepto. Este coeficiente se halla utilizando las varianzas de los resultados individuales y las covarianzas entre los diferentes resultados (ABAD, 2017). Ver Anexo 03

## 1.5 Metodología del desarrollo Experimental:

### 1.5.1 Ubicación de la recolección de residuos (cáscaras de limón)

Se recolectó 2kg de cáscara de limón de los vendedores de ceviche ubicados fuera del mercado El Álamo en las avenidas colectora con Ver *Figura 1* y *Figura 2*

figura 1. Punto de muestreo



Figura 2. Lugar de Recolección de residuos



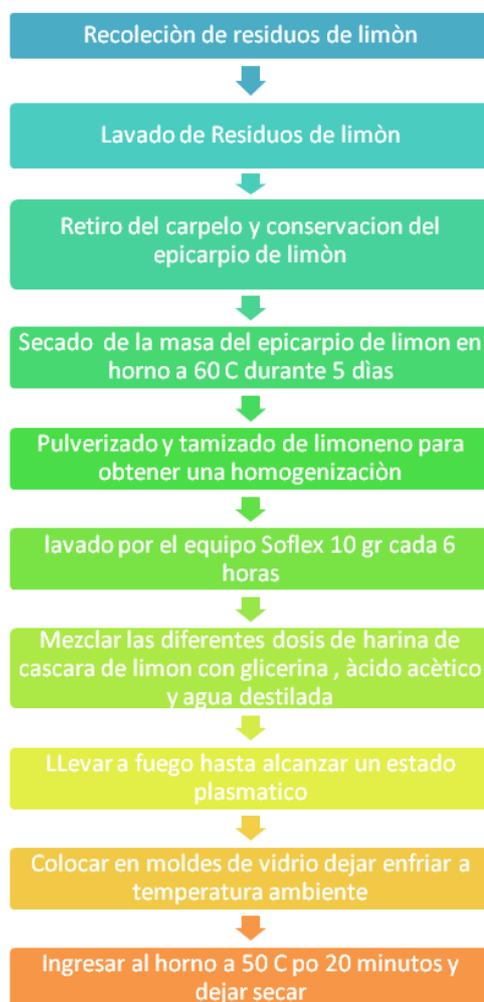
### 1.5.2 Materiales y Equipos

**Tabla 03.** *Materiales y equipos.*

| MATERIALES  |  | EQUIPOS  |
|---|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Glicerina</li><li>• Ac Acetico (al 5%)</li><li>• Agua destilada</li><li>• Termómetro</li><li>• Placa de vidrio</li><li>• Mortero de porcelana con pistilo</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Placa Petri</li><li>• Vaso precipitado</li><li>• Tamiz</li><li>• Espátula</li><li>• Varilla</li><li>• Papel aluminio</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Estufa-horno</li><li>• Mechero bunsen</li><li>• Equipo soxlhet</li></ul> |

Fuente: Elaboración propia, 2019.

### 1.5.3 Etapas del desarrollo de investigación



Fuente Elaboración Propia , 2019

## 1.6 PROCEDIMIENTOS

### 2.6.1 Desarrollo de las etapas de investigación

#### 2.6.1.2 Recolección de residuos (cáscaras de limón)

Se recolectó 2kg de cáscara de limón de los vendedores de ceviche ubicados fuera del mercado El Álamo en las avenidas colectoras y Av Pacasmayo

#### 2.6.1.3 Lavado de residuos de limón y retiro de carpelo, conservando el epicarpio

Luego de hacer el recojo se realizó el lavado de las cáscaras del limón con agua destilada y se procedió a hacer el retiro del carpelo del limón para así solo trabajar con el epicarpio del limón (cáscara de limón).



*Figura 3. Proceso de Lavado de residuos de limón.*

#### 2.6.1.4 Proceso de secado de masa de epicarpio de limón

Se realizó el secado de las cáscaras de limón para luego obtener el limoneno en la estufa a una temperatura de 60 °C durante 5 días.

#### 2.6.1.5 Proceso de secado en horno del limoneno

Se realizó el secado en horno por 24 horas a una temperatura de 50 °C



*Figura 4. Secado de la cascara del limón*

### **2.6.1.6 Proceso de pulverizado y tamizado**

Una vez realizado el secado se pesó la cáscara de limón proveniente de la estufa y se procederá a su pulverización mediante la ayuda del mortero de pilón. Ver *Figura 6.* y *Figura 7.*



*Figura 5. Pulverización*

Las muestras se pasaron a tamizar obteniendo los siguientes pesos

- Tamiz de 850 un= 190 gr
- Tamiz de 180 un =170 gr



*Figura 6. Tamizado de cascara de limón*

### 2.6.1.7 Extracción de limoneno

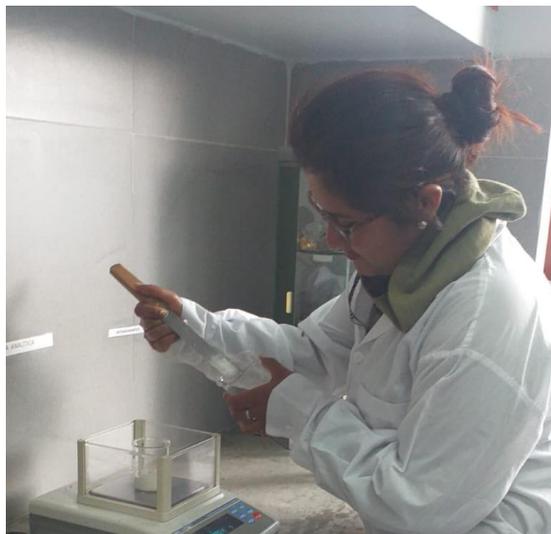
Proceso de extracción de limoneno por equipo Soxhlet, la cual nos ayudará en el retiro de aceite y pigmentación del limoneno.



*Figura 7. Proceso de extracción por equipo Soxhlet.*

### 2.6.1.8 Aplicación de dosis de harina de limón

Se mezcló diferentes dosis de harina de limón con glicerina, ácido acético y agua destilada. Posteriormente, se llevó a fuego hasta alcanzar el estado plasmático. Ver *Figura 8*.



*Figura 8. Pesado para aplicación de dosis de harina de limón*

### 2.6.1.9 Colocación en prototipo

Colocar en moldes de vidrio, dejar enfriar a temperatura ambiente. Luego, ingresar al horno a 50°C por 30 minutos y dejar secar. Ver *Figura 9.* y *Figura 10.*



*Figura 9. Colocación en prototipo*



*Figura 9. Colocación en horno a 50°C por 30 minutos.*

### 2.6.1.10 Análisis de Elongación y Tracción

Para pruebas de elongación y tracción se usó el instrumento maquinaria Marca ELE INTERNATIONAL donde se realizaron diferentes pruebas y con diferentes proporciones variando tanto los niveles de glicerina, harina de cascara de limon y de Ácido acético.



Figura 10. Colocación en maquina de elongación y tracción

## 2.6.2 Parámetros a Evaluar:

### 2.6.2.1 Parámetros Fisicoquímicos

- Temperatura
- Ph
- Granulometría

### 2.6.2.2 Parámetros FisicoMecánicos

- Elongación
- Tracción

### 2.6.2.3 parámetros de Biodegradabilidad

- Tiempo
- Grado

### III. RESULTADOS

#### 3.1 CARACTERISTICAS DE LA CASCARA DE LIMON

**Tabla 04.** *Características de la cáscara de limón*

| Peso (g.) | Volumen (m3) | Temperatura (°C) | pH   | 180 um | 850 um |
|-----------|--------------|------------------|------|--------|--------|
| 2000gr    | 2m3          | 70°C             | 5.34 | 190gr  | 170gr  |

Fuente: Elaboración propia, 2019.

**Tabla 5.** *Datos Iniciales del procedimiento de la obtención de la harina*

|                        |        |
|------------------------|--------|
| CASCARA DE LIMON USADO | 2000gr |
| HARINA OBTENIDA        | 170gr  |
| PERDIDA EN EL SOCLEX   | 1830gr |

Fuente: Elaboración propia, 2019.

**Tabla 6.** *Dosis usada de harina de cascara de limón*

|               |                 |           |             |                |
|---------------|-----------------|-----------|-------------|----------------|
| 1° repetición | HARINA DE LIMON | GLICERINA | AC. ACETICO | AGUA DESTILADA |
|               | 10 gr           | 5ml       | 3ml         | 40ml           |
|               | 15gr            | 5ml       | 5ml         | 40ml           |
|               | 20gr            | 5ml       | 10ml        | 40ml           |
| 2° repetición | HARINA DE LIMON | GLICERINA | AC. ACETICO | AGUA DESTILADA |
|               | 10 gr           | 5ml       | 5ml         | 20ml           |
|               | 15gr            | 5ml       | 7ml         | 20ml           |
|               | 20gr            | 5ml       | 12ml        | 20ml           |
| 3° repetición | HARINA DE LIMON | GLICERINA | AC. ACETICO | AGUA DESTILADA |
|               | 5 gr            | 5ml       | 5ml         | 20ml           |
|               | 10gr            | 5ml       | 7ml         | 20ml           |
|               | 15gr            | 5ml       | 12ml        | 20ml           |

Fuente: Elaboración propia, 2019

#### 3.2 ELONGACIÓN DEL BIOPLASTICO

**Tabla 7.** *Fuerza de Elongación del bioplastico*

| MUESTRA                                   | DOSIS | REPETICIONES | ELONGACION (%) |
|---|-------|--------------|----------------|
| BIOPLÁSTICO DE HARINA DE CASCARA DE LIMON | 5g.   | R1           | 29,310         |
|   |       | R2           | 27,030         |
|   |       | R3           | 26,450         |
|   | 10 g. | R1           | 22,511         |
|   |       | R2           | 21,223         |

|  |       |    |        |
|--|-------|----|--------|
|  | 15 g. | R3 | 23,457 |
|  |       | R1 | 17,227 |
|  |       | R2 | 17,412 |
|  | 20g.  | R3 | 16,476 |
|  |       | R1 | 12,324 |
|  |       | R2 | 11,963 |
|  |       |    | R3     |

Fuente: Elaboración propia, 2019.



Figura 11. Grafico de los resultados de elongación

En la Tabla 7, se presenta los resultados obtenidos en relación al parámetro de elongación, según la aplicación de cuatro dosis de harina de la cascara de limón con 3 repeticiones por cada dosis; para la obtención de bioplástico. Dichas dosis mencionadas fueron de 5g., 10g., 15g., y 20g.

**Tabla8. Prueba de Normalidad de Elongación**

| Parámetro  | Dosis      | Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup> |     |      | Shapiro-Wilk |     |      |
|------------|------------|---------------------------------|-----|------|--------------|-----|------|
|            |            | Estadístico                     | gol | Sig. | Estadístico  | gol | Sig. |
| Elongación | Dosis_5g.  | ,313                            | 3   | .    | ,895         | 3   | ,369 |
|            | Dosis_10g. | ,207                            | 3   | .    | ,992         | 3   | ,832 |
|            | Dosis_15g. | ,315                            | 3   | .    | ,891         | 3   | ,358 |
|            | Dosis_20g. | ,358                            | 3   | .    | ,812         | 3   | ,144 |

Fuente: Tabla SPSS, elaboración propia, 2019

La Tabla 8, muestra los valores obtenidos en la Prueba de Normalidad para el parámetro de Fuerza de Tracción respecto a la dosis de harina de cascara de limón empleado para la obtención de bioplástico.

### ***Intepretaciòn***

Con la obtención de **p-Valores** son mayores que  $\alpha$ , entonces **H<sub>0</sub>** no se rechaza, la conclusión es que los resultados de elongación siguen un comportamiento de distribución normal. Tomándose los valores de Shapiro-Wilk por ser muestras pequeñas (< 50). Con un 95% de confiabilidad.

**Tabla 9. Anova de un factor – Elongación**

| Elongación       | Suma de cuadrados | gol | Media cuadrática | F       | Sig. |
|------------------|-------------------|-----|------------------|---------|------|
| Entre grupos     | 398,088           | 3   | 132,696          | 138,345 | ,000 |
| Dentro de grupos | 7,673             | 8   | ,959             |         |      |
| Total            | 405,761           | 11  |                  |         |      |

Fuente: Tabla SPSS, elaboración propia, 2019.

La Tabla 9, nos permite apreciar que la prueba estadística de ANOVA de un factor de Elongación, que nos brinda un P-valor menor a 0.05, dándonos a entender que hay diferencias significativas de medias de la Elongación, de acuerdo con las cantidades brindadas en cada caso, para la obtención de bioplástico.

**Tabla 10. Prueba de Contraste de Tukey para Fuerza de Elongación**

| Dosis      | N | Subconjunto para alfa = 0.05 |          |          |          |
|------------|---|------------------------------|----------|----------|----------|
|            |   | 1                            | 2        | 3        | 4        |
| Dosis_20g. | 3 | 12,21467                     |          |          |          |
| Dosis_15g. | 3 |                              | 17,03833 |          |          |
| Dosis_10g. | 3 |                              |          | 22,39700 |          |
| Dosis_5g.  | 3 |                              |          |          | 27,59667 |
| Sig.       |   | 1,000                        | 1,000    | 1,000    | 1,000    |

Fuente: Tabla SPSS, elaboración propia, 2019

### 3.3 TRACCIÓN DEL BIOPLASTICO

**Tabla 11.** Resultados de Fuerza de Tracción

| MUESTRA                                   | DOSIS | REPETICIONES | FUERZA DE TRACCIÓN (N) |
|---|-------|--------------|------------------------|
| BIOPLÁSTICO DE HARINA DE CASCARA DE LIMON | 5gr   | R1           | 1,231                  |
|   |       | R2           | 1,397                  |
|   |       | R3           | 1,518                  |
|   | 10 gr | R1           | 3,156                  |
|   |       | R2           | 3,117                  |
|   |       | R3           | 3,113                  |
|   | 15 gr | R1           | 4,557                  |
|   |       | R2           | 4,512                  |
|   |       | R3           | 4,596                  |
|   | 20gr  | R1           | 4,952                  |
|   |       | R2           | 5,104                  |
|   |       | R3           | 5,112                  |

Fuente: Elaboración propia, 2019

En la Tabla 11, se presenta los resultados obtenidos en relación al parámetro de Elongación, según la aplicación de cuatro dosis de harina de la cascara de limon con 3 repeticiones por cada dosis; para la obtención de bioplástico. Dichas dosis mencionadas fueron de 5g, 10g, 15g, y 20g.



Figura 12 . Grafico de los resultados de fuerza de tracción

**Tabla 12. Prueba de normalidad de Fuerza de Tracción**

| Parámetro       | Dosis      | Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup> |     |      | Shapiro-Wilk |     |      |
|-----------------|------------|---------------------------------|-----|------|--------------|-----|------|
|                 |            | Estadístico                     | gol | Sig. | Estadístico  | gol | Sig. |
| Fuerza_Tracción | Dosis_5g.  | ,208                            | 3   | .    | ,992         | 3   | ,828 |
|                 | Dosis_10g. | ,355                            | 3   | .    | ,819         | 3   | ,161 |
|                 | Dosis_15g. | ,186                            | 3   | .    | ,998         | 3   | ,921 |
|                 | Dosis_20g. | ,369                            | 3   | .    | ,787         | 3   | ,085 |

Fuente: Tabla SPSS, elaboración propia, 2019.

La Tabla 12, muestra los valores obtenidos en la Prueba de Normalidad para el parámetro de Fuerza de Tracción, respecto a la dosis de limoneno empleado para la obtención de bioplástico.

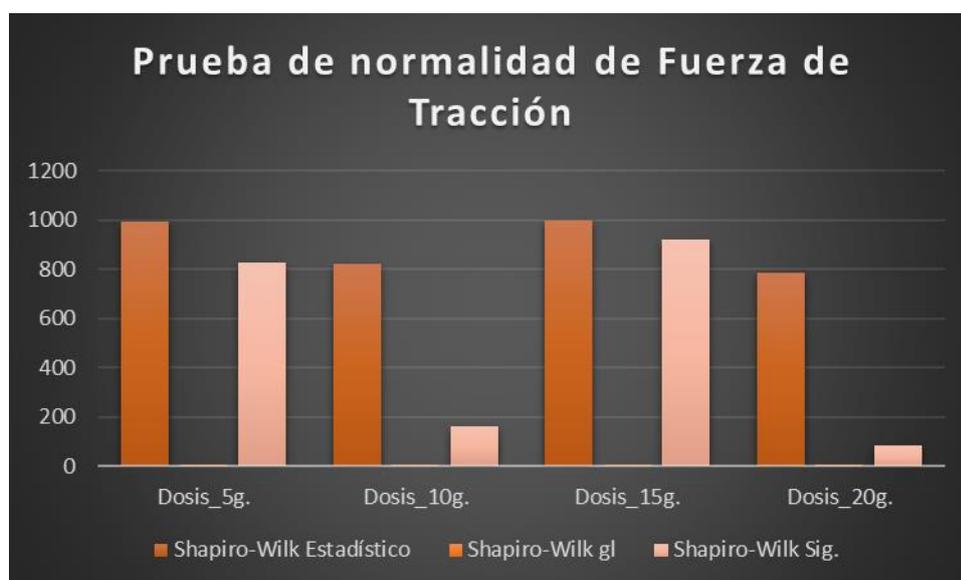


Figura 13 . Grafico de la Prueba de Normalidad de fuerza de Tracción

### **Interpretación**

Con la obtención de **p-Valores** son mayores que  $\alpha$ , entonces **H<sub>0</sub>** no se rechaza, la conclusión es que los resultados de elongación a un comportamiento de distribución normal. Tomándose los valores de Shapiro-Wilk por ser muestras pequeñas (< 50). Con un 95% de confiabilidad.

**Tabla 13.** Anova de un factor de Fuerza de Tracción

| Fuerza de Tracción | Suma de cuadrados | gol | Media cuadrática | F        | Sig. |
|--------------------|-------------------|-----|------------------|----------|------|
| Entre grupos       | 24,463            | 3   | 8,154            | 1044,739 | ,000 |
| Dentro de grupos   | ,062              | 8   | ,008             |          |      |
| Total              | 24,525            | 11  |                  |          |      |

Fuente: Tabla SPSS, elaboración propia, 2019.

La Tabla 13, nos permite apreciar que la prueba estadística de ANOVA de un factor de Fuerza de Tracción, que nos brinda un P-valor menor a 0.05, dándonos a entender que hay diferencias significativas de medias de la Fuerza de Tracción, de acuerdo con las cantidades brindadas en cada caso, para la obtención de bioplástico.

**Tabla 14.** Prueba de Contraste de Tukey para Fuerza de Tracción

| Dosis      | N | Subconjunto para alfa = 0.05 |         |         |         |
|------------|---|------------------------------|---------|---------|---------|
|            |   | 1                            | 2       | 3       | 4       |
| Dosis_5g.  | 3 | 1,38200                      |         |         |         |
| Dosis_10g. | 3 |                              | 3,12867 |         |         |
| Dosis_15g. | 3 |                              |         | 4,55500 |         |
| Dosis_20g. | 3 |                              |         |         | 5,05600 |
| Sig.       |   | 1,000                        | 1,000   | 1,000   | 1,000   |

Fuente: Tabla SPSS, elaboración propia, 2019.

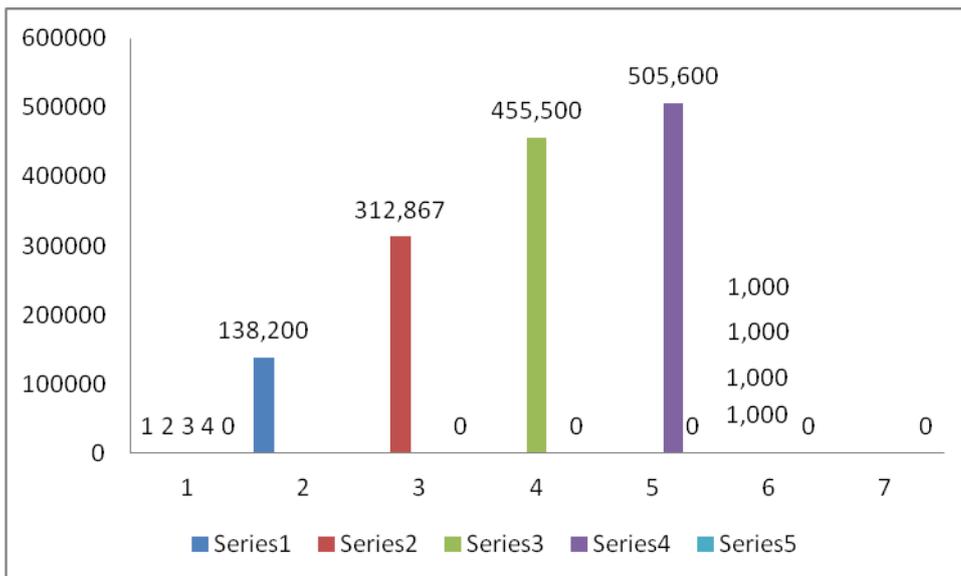


Figura 14. Gráfico de medias de fuerza de tracción respecto a la dosis aplicada.

### 3.4 BIODEGRADABILIDAD DEL BIOPLASTICO

Tabla 15. Resultados de Biodegradabilidad de bioplastico (%)

| Muestra                                   | Condición   | Área                 | Espesor | Dosis | Biodegradabilidad (%) |          |          |          |
|---|-------------|----------------------|---------|-------|-----------------------|----------|----------|----------|
|   |             |                      |         |       | Semana 1              | Semana 2 | Semana 3 | Semana 4 |
| BIOPLÁSTICO DE HARINA DE CASCARA DE LIMON | Agua salada | 38,5 cm <sup>2</sup> | 2mm     | 5gr   | 7,51                  | 15,58    | 23,66    | 32,27    |
|   |             |                      | 2mm     | 10gr  | 7,56                  | 15,69    | 23,78    | 32,46    |
|   |             |                      | 4mm     | 15gr  | 7,68                  | 15,84    | 23,95    | 32,66    |
|   |             |                      | 6mm     | 20gr  | 7,75                  | 15,97    | 24,08    | 32,89    |

Fuente: Elaboración propia, 2019

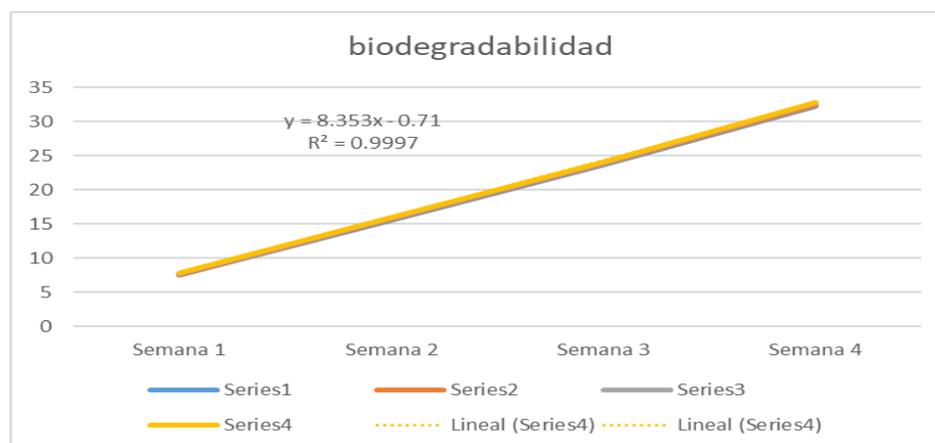


Figura 15. Gráfico de los resultados de biodegradabilidad del bioplastico

En la Tabla 15, se presenta los resultados obtenidos de biodegradabilidad, para su cálculo se consideraron el peso inicial y el peso final del plástico biodegradable, dichos pesos se presentan según aplicación de tres dosis distintas de harina de cascara de limon; dichas dosis mencionadas fueron de 5g, 10g, 15g, y 20g. Para esta prueba se tomó bioplásticos de 38.5cm<sup>2</sup> con 2mm, 4mm y 6mm y se mantuvieron por un tiempo de 2 semanas momentáneamente bajo una condición de exposición en agua salada.

**Tabla 16. Prueba de normalidad de Biodegradabilidad**

| Parámetro         | Dosis      | Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup> |     |      | Shapiro-Wilk |     |      |
|-------------------|------------|---------------------------------|-----|------|--------------|-----|------|
|                   |            | Estadístico                     | gol | Sig. | Estadístico  | gol | Sig. |
| Biodegradabilidad | Dosis_5g.  | ,181                            | 3   | .    | ,999         | 3   | ,942 |
|                   | Dosis_10g. | ,364                            | 3   | .    | ,801         | 3   | ,116 |
|                   | Dosis_15g. | ,358                            | 3   | .    | ,812         | 3   | ,144 |
|                   | Dosis_20g. | ,331                            | 3   | .    | ,865         | 3   | ,280 |

Fuente: Tabla SPSS, elaboración propia, 2019.

### **Interpretación**

Con la obtención de **p-Valores** son mayores que  $\alpha$ , entonces **H<sub>0</sub>** no se rechaza, la conclusión es que los resultados de biodegradabilidad a un comportamiento de distribución normal. Tomándose los valores de Shapiro-Wilk por ser muestras pequeñas (< 50). Con un 95% de confiabilidad.

**Tabla 17. Anova de un factor de Biodegradabilidad**

| Biodegradabilidad | Suma de cuadrados | gol | Media cuadrática | F     | Sig. |
|-------------------|-------------------|-----|------------------|-------|------|
| Entre grupos      | ,314              | 3   | ,105             | 1,132 | ,003 |
| Dentro de grupos  | ,741              | 8   | ,093             |       |      |
| Total             | 1,055             | 11  |                  |       |      |

Fuente: Tabla SPSS, elaboración propia, 2019.

La Tabla 17, nos permite apreciar que la prueba estadística de ANOVA de un factor de biodegradabilidad, que nos brinda un P-valor menor a 0.05, dándonos a entender que hay diferencias significativas de medias de biodegradabilidad, de acuerdo con las cantidades

brindadas en cada caso, para la obtención de bioplástico.

**Tabla 18.** HSD Tukey de Biodegradabilidad

| Dosis      | N | Subconjunto<br>para alfa = 0.05 |
|------------|---|---------------------------------|
|            |   | 1                               |
| Dosis_20g. | 3 | 8,3000                          |
| Dosis_15g. | 3 | 8,3267                          |
| Dosis_10g. | 3 | 8,3800                          |
| Dosis_5g.  | 3 | 8,7033                          |
| Sig.       |   | ,419                            |

Fuente: Tabla SPSS, elaboración propia, 2019.

### CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS GENERAL

Culminado el análisis de los resultados, mediante el IBM SPSS Statistics 23, indicamos al 95% de confianza que se rechaza la hipótesis nula, debido a la obtención de p-valores menores que  $\alpha$ , se concluye que se obtuvo bioplástico a partir de la obtención de harina de la cáscara del limón, Lima 2019.

## DISCUSIÓN

La finalidad de este trabajo de investigación fue elaborar bioplástico a partir de la obtención de harina de la cáscara de limón, buscando brindar una opción que minimice los daños al planeta, por medio de la reducción el uso del plástico convencional.

Para dar validez a lo indicado en el párrafo anterior, se realizaron diversas pruebas donde se aplicó cuatro cantidades. Dichas cantidades mencionadas fueron de 5g, 10g, 15 g y 20 g evaluando la variación de las propiedades físico-mecánicas y la biodegradabilidad del bioplástico, tomando como muestra de análisis, tres repeticiones por cada cantidad empleada para cada residuo.

Dentro de las pruebas sometidas, se determinó la variación de las propiedades físico-mecánicas del bioplástico obtenido, para lo cual se realizó pruebas de tracción; obteniéndose como resultado un esfuerzo máximo de 5.056 MPa aplicando una dosis de 20g. de harina de cáscara de limón. De igual modo, en las pruebas de elongación se obtuvo, una elongación mínima de 12.215% aplicando una dosis de 5g. de harina de limón y una elongación máxima de 27.597% aplicando una dosis de 20g. de harina de limón, contrastando con los resultados obtenidos de la investigación de Paola Meza, 2016, quien propuso la obtención de un bioplástico a partir de residuos de la papa 'Yungay' logrando obtener en los parámetros de tracción un esfuerzo máximo de 1.47 MPa y en los parámetros de elongación un estiramiento máximo de 19.99%, donde podemos concluir que se obtuvo una mayor fuerza de tracción y elongación, aplicando menores cantidades de residuos, con respecto a los datos obtenidos de Paola Meza, lo cual resulta siendo beneficioso para su aprovechamiento.

Respecto a las pruebas de biodegradabilidad del plástico obtenido a partir de harina de la cascara de limón se obtuvo una biodegradabilidad máxima de 32,89% con el bioplástico de harina de cascara de limon, considerando en su cálculo el control de la pérdida de peso por semana en agua salada, para obtener la pérdida de peso. Para esta prueba se tomó plásticos biodegradables de áreas de 39.5 cm<sup>2</sup> y 2mm de espesor, los cuales se mantuvieron por un tiempo de 28 días bajo una condición de exposición en agua salada, al comparar estos resultados con 66.46% de biodegradabilidad del plástico obtenido a partir de almidón de maíz indicado por García, 2017, que es el resultado de pérdida de peso durante un tiempo

de 90 días bajo un ecosistema de agua almacenada, donde se empleó láminas de 0.100 dm de espesor. Se evidencio la obtención de una menor biodegradabilidad y esto fue debido que se mantuvo expuesto la lamina en un ecosistema de agua salada ya que se aplico distintas dosis de almidon en comparación en los resultados de Garcia

## CONCLUSIÓN

Concluida la elaboración de bioplástico a partir de harina de la cáscara de limón, evaluando sus propiedades físico-mecánicas y su biodegradabilidad. Se concluye que se obtuvo plástico biodegradable, donde podemos afirmar que la harina puede ser utilizado como componente esencial para la elaboración de plástico, adoptando una opción como material alternativo a los plásticos convencionales que comúnmente son elaborados de petróleo.

- Las propiedades físico-mecánicas del plástico obtenido, tales como: Fuerza de tracción y elongación, varían según las dosis usadas de harina de la cascara de limon, donde se obtuvieron como resultado un esfuerzo máximo de 5.056 MPa aplicando una dosis de 20g. de harina de cáscara de limón. De igual modo, en las pruebas de elongación se obtuvo, una elongación mínima de 12.215% aplicando una dosis de 5g. de harina de cascara de limón y una elongación máxima de 27.597% aplicando una dosis de 20g. de harina de cascara de limón. Asimismo, en las pruebas de elongación se obtuvo 18.8% aplicando una dosis de 120g. de celulosa de césped y 18.03% aplicando una dosis de 120g. de almidón de bambú.
- La determinación de la dosis adecuada de harina de cascara de limón para la elaboración de plástico biodegradable., estuvo sujeta a la evaluación de las características físico-mecánicas y biodegradabilidad, concluyéndose que la dosis de 20 g de limoneno de limón es adecuada para la obtención de bioplástico.
- El plástico obtenido a partir de harina de cascara de limón presentó una biodegradabilidad máxima de 32,89% aplicando una dosis de 20g, a través de un control semanal en la pérdida de su peso. Para esta prueba se tomó plásticos biodegradables de áreas de 38.5 cm<sup>2</sup> y 2mm de espesor, los cuales se mantuvieron evaluadas por un periodo de tiempo de 28 días bajo una condición de exposición en agua salada.

## **RECOMENDACIONES**

- Esta investigación estuvo basada en la aplicación de tres dosis: 5g., 10 g., 15g. y 20g., por lo cual se recomienda evaluar la obtención de bioplástico en distintas dosis.
- Se propone elaborar bioplástico con otras dimensiones, a fin de aumentar su resistencia.
- Se propone evaluar la biodegradabilidad en diversos medios, tales como por ejemplo suelo y cuerpos de agua dulce.
- Aplicar diversas dosis de glicerina, ácido acético y agua destilada.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALBANO, Laura. Reutilización de residuos plásticos para la fabricación de eco ladrillos [en línea]. En: Repositorio Institucional Universidad de Carabobo, 2015. [Fecha de consulta: setiembre de 2014]. Disponible en <http://hdl.handle.net/123456789/3854>
- ARRIETA, Marina. Films de PLA y PLA-PHB plastificados para su aplicación en envases de alimentos. Caracterización y análisis de los procesos de degradación. Tesis (Doctorado en Ciencia, Tecnología y Gestión Alimentaria). España: Universidad Politécnica de Valencia, julio de 2014. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/39338/Arrieta%20-%20Films%20de%20PLA%20y%20PLA-PHB%20plastificados%20para%20su%20aplicaci%C3%B3n%20en%20envases%20de%20alimentos.%20Caract....pdf?sequence=1>
- ARRIETA MP, Jopes Z, Ferrándiz S, Seltzer M. 2013. Caracterización of PLA-Limoneno Blendas Foro Good Packaging Aplicaciones. Elsevier Polín Test. 32: 760-768. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/38709/Arrieta%2097%20textAUTOR.pdf>
- Área Departamental de Ingeniería Industrial y de Sistemas. Análisis experimental de la elaboración de bioplástico a partir de la cáscara de plátano para el diseño de una línea de producción alterna para las chifleras de Piura [en línea]. Piura: Universidad de Piura, 2017 [fecha de consulta: 09 de octubre del 2019]. Disponible: [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3224/PYT\\_Informe\\_Final\\_Proyecto\\_Bioplastico.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3224/PYT_Informe_Final_Proyecto_Bioplastico.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Arroyo Benites, E. y Alarcón Cavero, H. (2013). Obtención y caracterización de polímeros biodegradables a partir del almidón de papa, yuca y maíz [en línea]. En Anuario de Investigaciones 2013 (pp. 110 -111). Universidad de Lima, Instituto de Investigación Científica. [fecha de consulta: 09 de octubre del 2019]. Disponible en: <http://repositorio.ulima.edu.pe/handle/ulima/3566>
- AYALA, Sandra Liliana Gómez; SANABRIA, Fabián Leonardo Yori. Aprovechamiento de recursos renovables en la obtención de nuevos materiales. Ingenierías Usme, 2018, 9(1): 69-74. Disponible en: [http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/6998/Supo\\_cf.pdf.txt;jsessionid=A553C7A7016A60DE02637820769DC45B?sequence=3](http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/6998/Supo_cf.pdf.txt;jsessionid=A553C7A7016A60DE02637820769DC45B?sequence=3)
- BALBOA Laura, Milenka. Obtención experimental de aceite esencial y subproducto a partir de la cáscara de naranja (citrus síntesis). [en línea]. Bolivia: Universidad Mayor San Andrés, 2015 [fecha de consulta: 09 de octubre del 2019]. Disponible en: <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/5520/PG-IDR-039.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- BARKER, K. Contaminación en el ambiente plásticos. Nueva York: OMS. 2015, p.15. Disponible en: [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37791/1/LCM23\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37791/1/LCM23_es.pdf)
- Begoña Ruiz Fuertes. Efecto del limoneno sobre la digestión anaerobia de los residuos cítricos y pretratamientos para su mejora. Tesis doctoral. universidad politécnica de Valencia. Valencia, octubre de 2015. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/58769/RUIZ%20-%20Effect%20of%20limonene%20on%20anaerobic%20digestion%20of%20citrus%20waste%20and%20pretreatments%20for%20its%20improv....pdf?sequence=1>
- CÁRDENAS FREIRE, Marcos Adrián. Extracción de almidón a partir de residuos de banano (*Musa paradisiaca*) para la elaboración de un biopolímero en Cuenca-Ecuador, 2018, pp. 12.
- CASTILLO, Ruth, ESCOBAR, Elia Sury, FERNANDEZ, Dianeth. Bioplástico a base de la cáscara del plátano. [en línea]. Panamá: Universidad Tecnológica de Panamá, 2015 [fecha de consulta: 09 de octubre del 2019]. Disponible en: <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/ric/article/view/346/html>
- Castillo, R., Escobar, E., Fernández., Gutiérrez., Morcillo, J., NúñezN., & Penalizas. (1). BIOPLÁSTICO A BASE DE LA CÁSCARA DEL PLÁTANO [en línea]. Agosto 2015, Vol. 1 Núm. 01 [Fecha de consulta: 05 de octubre de 2019]. Disponible en: <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/ric/article/view/346>
- 
- DURAKON Iban Tapygin Dr. Qing yuan Kong Mohammad FM Guam Resal Abdul Rehman Dra. Ana ML Fernández Prof. Adam P. Harvey Prof. Nila Sah. Escala y evaluación de la sostenibilidad de la producción de biopolímeros a partir de la oferta de residuos cítricos Vía de captura y utilización de carbono. ChemistryOpen 2019, 8, 668 – 68. Disponibles en: <https://doi.org/10.1002/open.201900015>
- Fernando Guzmán-Lagunes. La universidad de Manchester. 25 de mayo de 2018. Síntesis de polihidroxicanoatos utilizando residuos de jugo de naranja como materia prima Una tesis presentada a la Universidad de Manchester para obtener el título de Doctor en Filosofía en la Facultad de Ciencias e Ingeniería. Disponible en: [https://www.research.manchester.ac.uk/portal/files/102606629/FULL\\_TEXT.PDF](https://www.research.manchester.ac.uk/portal/files/102606629/FULL_TEXT.PDF)
- GARCIA Quiñonez, Alma Veronica. Obtención de un polímero biodegradable a partir de almidón de maíz [en línea]. El Salvador: Escuela especializada en Ingeniería Tica- Fepade, 2015 [fecha de consulta: 12 de octubre del 2019]. Disponible en: <https://www.itca.edu.sv/wp-content/themes/elaniin-itca/docs/2015-Obtencion-de-un-polimero-biodegradable.pdf> ISBN: 978-99961-50-21-0
- INEI. Perú, anuario de estadísticas ambientales. INEI. Lima. Peru. 2016 [fecha de consulta el 1 de octubre del 2019]. Disponible en web: <http://sinia.minam.gob.pe/documentos/anuario-estadisticas-ambientales-2016>
- Jongedijk, Esmera. De la planta al plástico: ingeniería metabólica de mono terpenos de plantas para productos químicos de base biológica. Tesis doctoral ingeniería industrial. Wageningen: Universidad de Wageningen, 2018. <https://library.wur.nl/WebQuery/wda/2238828>

ISBN 9789463432573; 9463432574

- LOPEZ, Luis y CORREAL, Juan. Maderas. Ciencia y tecnología “*Estudio exploratorio de los laminados de bambú Guadua angustifolia como material estructural*”. Concepción, 11(3): 171-182, Julio 2009.  
ISSN: 0717-3644
- MEZA Ramos, Paola Natal. Elaboración de bioplásticos a partir de almidón residual obtenido de peladoras de papa y determinación de su biodegradabilidad a nivel laboratorio [en línea]. Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina, 2016 [fecha de consulta: 11 de octubre del 2019]. Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2016/Q60-M49-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- NAVIA Porras, Diana. Evaluación de propiedades físicas de bioplásticos termo comprimidos elaborados con harina de yuca. Colombia: Universidad de San Buenaventura sede Cali, 2014 [fecha de consulta: 07 de octubre del 2019]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v12n2/v12n2a05.pdf>
- N. Kindermann, À. Cristòfol, A.W. Kleij. “Access to Biorenewable Polycarbonates with Unusual Glass-Transition Temperature (Tg) Modulation”. *ACS Catalysis* 2017, 7, 3860-3863 (DOI: 10.1021/acscatal.7b00770).  
Disponible en : <https://www.agenciasinc.es/Noticias/Bioplasticos-con-limoneno-y-sin-bisfenol-A>
- NÚÑEZ Solís, Andrea Carolina. Obtención de una película de bioplástico a partir del colágeno de las patas de pollo [en línea]. Quito: Universidad Nacional de Ecuador, 2014 [fecha de consulta: 12 de octubre del 2019]. Disponible: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2879/1/T-UCE-0017-90.pdf>
- **OEVER Martien, Molenveld Karin.** Bioplásticos y plásticos biodegradables, un análisis del mercado por parte de científicos de la Universidad de Wageningen, 2017. Disponible en:  
[https://www.poscosecha.com/es/noticias/bioplasticos-y-plasticos-biodegradables-un-analisis-del-mercado-por-parte-de-cientificos-de-la-universidad-de-wageningen/\\_id:80477/](https://www.poscosecha.com/es/noticias/bioplasticos-y-plasticos-biodegradables-un-analisis-del-mercado-por-parte-de-cientificos-de-la-universidad-de-wageningen/_id:80477/)
- ONG HUI FONG. EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE CÁSCARAS DE NARANJA. Una tesis presentada en cumplimiento de los requisitos para la

adjudicación del Grado de Licenciado en Ingeniería Química Facultad de Ingeniería Química y de Recursos Naturales. Universidad Malasia Pahang, ENERO 2015.

[http://umpir.ump.edu.my/id/eprint/3557/1/ONG\\_HUI\\_FONG.PDF](http://umpir.ump.edu.my/id/eprint/3557/1/ONG_HUI_FONG.PDF)

- Jornal of Polímeros and the Envaronen, 0. <https://doi.org/10.1007/s10924-017-91085-3>
- PAUCAR Katie. Niveles de Investigacion, 2016. Universidad Alas Peruanas. Disponible en: <https://es.slideshare.net/cattypflores/niveles-de-investigacion-67434154>
- Petrucci, R., Fortunata, E., Pulía, D., Luz, F., Kenny, J. M., Torre, L. (2017). Análisis del ciclo de vida de películas extruidas basadas en poli (ácido láctico) / nano cristales de celulosa / limoneno: un estudio comparativo con los sistemas ATBC plastificados PLA /. Disponible en: <http://www.ehu.es/reviberpol/pdf/SEP14/riva.pdf>
- ROSENTHAL, A., PYLE D., & Naranja, K. 1996. Encime Micro. Techno. 19(6): 402-420. 3. Recuperado de: <https://smbb.mx/congresos%20smbb/guadalajara15/PDF/XVI/trabajos/III/IIIC-59.pdf>
- SANCHEZ VAZQUEZ Sandra Aline. Presentado en cumplimiento de los requisitos para el grado de Doctor en Filosofía. London, Unidad Kendo 2014. Universito Collage London Departamento de Química Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas (MAPS). [http://discovery.ucl.ac.uk/1426392/1/thesis\\_Sandra\\_Sanchez.\\_COMBINED..pdf](http://discovery.ucl.ac.uk/1426392/1/thesis_Sandra_Sanchez._COMBINED..pdf)
- SANCHEZ, Kevin. Comparación de la calidad de bioplásticos obtenidos del almidón de los residuos de papa y camote de restaurantes del mercado central del distrito de independencia, 2017. Universidad Cesar Vallejo. Perú. 2017. [Consulta:

12 de setiembre de 2019]. Disponible en:

<http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/12651>

- SUN J. EXTRACCIÓN ENZIMÁTICA DE LIMONENO EN CÁSCARA DE LIMÓN . Departamento de Ingeniería Química, CUCEI, 2015. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco. Recuperado de:  
<https://smbb.mx/congresos%20smbb/guadalajara15/PDF/XVI/trabajos/III/IIC-59.pdf>
- Norma EN13432, Comité europeo, Evaluación de la compostabilidad, 2015. Disponible en: [https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/?k=\(i:1303099\)](https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/?k=(i:1303099))

## ANEXOS

MATRIZ DE CONSISTENCIA

| PROBLEMAS  | OBJETIVOS   | HIPOTESIS  | VARIABLE                   | DEFINICIÓN CONCEPTUAL  | DEFINICIÓN OPERACIONAL  | DIMENSIÓN                                      | INDICADOR     | Unidad de Medición |
|--|---|--|----------------------------|--|---|--|---------------|--------------------|
| ¿Se obtendrá bioplástico a partir de la obtención de la harina de la cáscara del limón, Lima 2019?   | Elaborar bioplástico a partir de la obtención de harina de la cáscara de limón, Lima - 2019.  | Se obtuvo bioplástico a partir de la obtención de la harina de la cáscara del limón, Lima 2019.  | harina de cáscara de Limón | Son polímeros ecológicos que favorecen a la elaboración de plástico biodegradable (Instituto Catalán de Investigación Química, 2017).  | Se caracteriza por la elaboración de un plástico biodegradable mediante la aplicación de una dosis de harina de cascara de limón. | Características de la cáscara del limón        | Volumen       | cm <sup>3</sup>    |
|  |   |  |                            |  |   |  | Peso          | g                  |
|  |   |  |                            |  |   | Características de harina de cascara del limón | Temperatura   | °C                 |
|  |   |  |                            |  |   |  | pH            | Unidad de pH       |
|  |   |  |                            |  |   | Dosis de harina de la cascara de limón         | Granulometría | un                 |
|  |   |  |                            |  |   |  | 5             | g                  |
|  |   |  |                            |  |   |  | 10            | g                  |
| 15   | g   |  |                            |  |   |  |               |                    |
| 20   | g   |  |                            |  |   |  |               |                    |
| <p>Problema específico:</p> <p>¿Cuál es la variación de las propiedades físico-mecánicas del plástico obtenido que generan las dosis usadas de la harina de la cáscara de limón para la elaboración del bioplástico, Lima - 2019?</p> <p>¿Cuál es la dosis adecuada de harina de la cáscara de limón para la elaboración de plástico biodegradable, Lima - 2019?</p> <p>¿En qué medida el plástico obtenido a partir de la obtención de la harina de la cáscara del limón logra la biodegradabilidad, Lima - 2019?</p> | <p>Objetivos específicos:</p> <p>Evaluar la variación de las propiedades físico-mecánicas del plástico obtenido, que genera las dosis usadas de harina de la cáscara de limón, Lima - 2019.</p> <p>Determinar la dosis adecuada de harina de la cáscara de limón para la elaboración de plástico biodegradable.</p> <p>Determinar la biodegradabilidad del plástico obtenido a partir de la harina de la cáscara de limón, Lima - 2019.</p> | <p>Hipótesis específicas:</p> <p>Las propiedades físico-mecánicas del plástico obtenido, varían según las dosis usadas de la harina de la cáscara de limón para la elaboración del bioplástico, Lima - 2019.</p> <p>El rendimiento de la obtención de la harina de la cáscara de limón es óptimo para elaborar bioplástico, Lima - 2019</p> <p>La dosis de harina de la cáscara de limón es adecuada para la elaboración de plástico biodegradable, Lima - 2019.</p> | Plástico Biodegradable     | Los plásticos biodegradables pueden ser fabricados originadores por fuente, lo que hace resistente al plástico de origen de petróleo es su estructura que le hace resistente a todo en cambio los biodegradables son de rápida degradación expuestos al ambiente. (Rodríguez, 2012, p. 70) | Se caracteriza por mejorar sus características físico-mecánicas y por su capacidad de biodegradabilidad                           | Características físico-mecánicas               | Tracción      | N/cm <sup>2</sup>  |
|  |   |  |                            |  |   |  | Elongación    | %                  |
|  |   |  |                            |  |   | Biodegradabilidad                              | Tiempo        | s                  |
|  |   |  |                            |  |   |  | Grado         | %                  |
|  |   |  |                            |  |   |  |               |                    |