



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Evaluación de la Biodegradabilidad de Películas Plastificadas
Elaborado a partir de Almidón de *Solanumtuberosum***

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

AUTORES:

Hormaza Gonzalo, Jose Luis (ORCID 0000-0001-8189-7849)

Salazar Segura, Yuliza Rofina (ORCID 0000-0001-9837-1077)

ASESOR:

Mgtr. Reyna Mandujano, Samuel Carlos (ORCID 0000-0002-0750-2877)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA – PERÚ

2021

DEDICATORIA

La presente investigación va dedicada a Dios por darnos la vida, a nuestros padres por su dedicación, amor y por el gran sacrificio que hicieron lo posible para nuestra formación profesional.

AGRADECIMIENTO

Agradecer a Dios por guiarnos, protegernos y por hacer realidad nuestros sueños.

A nuestros padres por ser el pilar fundamental en todo y por su apoyo incondicional.

A la Universidad César Vallejo por darnos la oportunidad. A nuestro asesor Mgtr. Samuel Carlos Reyna Mandujano por sus recomendaciones e ideas respecto a nuestra investigación

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice De Contenidos	iv
Índice De Tablas	vi
Índice De Gráficos Y Figuras	vii
Resumen	viii
Abstract	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA	15
3.1. Tipo, diseño y nivel de la investigación	15
3.2. Variables y Operacionalización	16
3.3. Población, muestra, muestreo y unidad de análisis	16
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	16
3.5. Procedimiento	17
3.6. Método de análisis de datos	21
3.7. Aspectos éticos	21
IV. RESULTADOS	22
4.1. Películas plastificadas elaboradas con almidón de papa	22
4.2. Películas plastificadas de almidón de papa elaboradas con diferentes dosis de plastificante	24
4.3. Películas plastificadas de almidón de papa elaboradas con diferentes dosis de ácido acético	25
4.4. Resultados de la biodegradabilidad de las películas plastificadas	26
4.5. Porcentaje de pérdida de peso de las películas plastificadas	29
4.6. Análisis estadístico	32
4.6.1. Contrastación de la primera hipótesis específica	34
	iv

4.6.2.	Contrastación de la segunda hipótesis específica	35
4.6.3.	Contrastación de la tercera hipótesis específica	36
V.	DISCUSIÓN	37
5.1.	Películas plastificadas de almidón de papa con diferentes dosis de plastificante.	37
5.2.	Películas plastificadas de almidón de papa con diferentes dosis de ácido acético	40
5.3.	Biodegradabilidad de las películas plastificadas de almidón de papa	42
VI.	CONCLUSIONES	44
VII.	RECOMENDACIONES	45
	REFERENCIAS	46
	ANEXOS	51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variables de investigación	16
Tabla 2. Fichas de recolección de datos	17
Tabla 3. Datos para la elaboración de películas plastificadas	18
Tabla 4. Pesos de las películas plastificadas obtenidas a partir del almidón de papa	22
Tabla 5. Pesos promedio de las películas plastificadas obtenidas a partir del almidón de papa	23
Tabla 6. Películas plastificadas elaboradas con diferentes dosis de plastificante	24
Tabla 7. Pesos de las películas plastificadas durante el ensayo de biodegradabilidad	26
Tabla 8. Pesos promedios de las películas plastificadas durante el ensayo de biodegradabilidad	27
Tabla 9. Porcentaje de pérdida de peso de las películas plastificadas	30
Tabla 10. Porcentaje promedio de pérdida de peso de las películas plastificadas	31
Tabla 11. Análisis de varianza para los porcentajes de pérdida de peso de las películas plastificadas	34
Tabla 12. Análisis de los niveles de dosis de plastificante con el método de Tukey	35
Tabla 13. Análisis de los niveles de dosis de ácido acético con el método de Tukey	36
Tabla 14. Prueba de t de Student para la tercera hipótesis específica	37

ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

Figura 1. Pasos de la parte experimental	18
Figura 2. Mezcla de almidón, agua destilada y glicerina	19
Figura 3. Películas plastificadas en las cajas Petri	20
Figura 4. Peso de las películas plastificadas	20
Figura 5. Disposición de las películas plastificadas en los frascos con compost	21
Figura 6. Peso promedio de las películas plastificadas obtenidas a partir de almidón de papa	23
Figura 7. Pesos de las películas plastificadas elaboradas solo con 3 mL de glicerina y ácido acético sometidos el ensayo de biodegradación	28
Figura 8. Pesos de las películas plastificadas elaboradas solo con 3 mL de glicerina y ácido acético sometidos el ensayo de biodegradación	29
Figura 9. Gráfica del porcentaje de pérdida de peso en las películas plastificadas sometidas al ensayo de biodegradación durante 20 días	32
Figura 10. Gráfica de probabilidad normal	33
Figura 11. Gráfica de efectos de la dosis de plastificante en la elaboración de películas plastificadas	38
Figura 12. Gráfica de efectos de la dosis de plastificante en la elaboración de películas plastificadas	40
Figura 13. Gráfica de superficie para la biodegradabilidad de las películas plastificadas de almidón de papa	42

RESUMEN

La investigación desarrollada tiene como objetivo general evaluar la biodegradabilidad de películas plastificadas elaborados a partir de almidón de *Solanumtuberosum* a diferentes dosis del plastificante y ácido acético, el tipo de investigación fue experimental, con un diseño de bloques completamente aleatorizado, durante el desarrollo experimental se extrajo almidón de papa, posteriormente se mezcló con agua destilada, glicerina y ácido acético, el ensayo de biodegradación se realizó por el método gravimétrico, los resultados demostraron que las películas plastificadas elaboradas respectivamente con dosis de glicerina y ácido acético de 5 mL y 3 mL, 5 mL y 5 mL, 5 mL y 10 mL, 10 mL y 3 mL, 10 mL y 5 mL, y 10 mL y 10 mL presentaron pesos iniciales de 5,80 g, 3,24 g, 4,42 g, 3,61 g, 5,34 g y 3,18 g respectivamente, mientras que después del ensayo de biodegradación el porcentaje de pérdida de peso fue de 67,99 %, 75,75 %, 70,79 %, 80,46 %, 76,83 % y 72,54 %, se concluye que la películas plastificada de almidón de papa fue elaborada con 10 mL de glicerina y 3 mL de ácido acético ya que presentó un mejor porcentaje de pérdida de peso.

Palabras clave: almidón, plastificante, ácido acético, películas plastificadas

ABSTRACT

The research developed has the general objective of evaluating the biodegradability of plasticized films made from potato starch at different doses of the plasticizer and acetic acid, the type of research was experimental, with a completely randomized block design, during the experimental development it was extracted potato starch, later it was mixed with distilled water, glycerin and acetic acid, the biodegradation test was carried out by the gravimetric method, the results showed that the plasticized films elaborated respectively with doses of glycerin and acetic acid of 5 mL and 3 mL, 5 mL and 5 mL, 5 mL and 10 mL, 10 mL and 3 mL, 10 mL and 5 mL, and 10 mL and 10 mL presented initial weights of 5,80 g, 3,24 g, 4,42 g, 3,61 g, 5,34 g and 3,18 g respectively, while after the biodegradation test the percentage of weight loss was 67,99 %, 75,75 %, 70,79 %, 80,46 %, 76,83 % and 72,54 %, it is concluded that the laminated films of potato starch was made with 10 mL of glycerin and 3 mL of acetic acid as it presented a better percentage of weight loss.

Keywords: starch, plasticizer, acetic acid, plasticized films

I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial la producción de plástico se incrementó de $2,3 \times 10^6$ de toneladas a 407×10^6 de toneladas desde 1950 hasta el 2015, el 70 % de esta producción está acumulado en vertederos o en entornos naturales, mayormente en países donde la gestión adecuada de residuos no existe o es insuficiente, los vertederos de plástico como de residuos generan impactos negativos al ambiente, ya que se dispersan fácilmente causado por su baja densidad, alterando hábitats, amenazando a especies, y alterando nuestra salud, ya que la fragmentación de estos plásticos produce microplásticos con diámetros inferiores a 5 mm, mismos que puede ser ingeridos (Ecoembes 2019).

En el Perú se utilizan 791 toneladas por año de bolsas plásticas según el Ministerio del Ambiente (2015), utilizándose por día solo en supermercados 1 millón y seiscientos mil bolsas, esta gran cantidad de productos plásticos lo convierten en una problemática que se agrava por normativas y leyes que no regulan el manejo de plásticos, en la capital solo para el 2018 se elaboraron 1 millón de toneladas de plástico siendo después de los residuos orgánicos, el tipo de residuo que más se genera, siendo un 33 % de todos los residuos generados, siendo equivalente a 12 mil botellas PET generadas por minuto, de los cuales solo el 36 % se reutiliza (Zúñiga 2019).

En el departamento de Junín, existen botaderos informales donde se acumula los residuos sólidos, notándose la falta de servicios de limpieza pública en algunos puntos así como la ausencia de una supervisión adecuada y de lugares de disposición final que cumplan lo dispuesto en la ley según lo publicado en el diario Correo (2019), estos botaderos presentan en mayor cantidad plásticos, ya que aproximadamente el 68 % de residuos de municipalidades son plásticos de un solo uso (Ministerio del Ambiente 2018).

Según Alania & Pérez (2017) la degradación natural de estos plásticos pueden tardar entre 100 e incluso hasta 600 años, permaneciendo en los ecosistemas y ocasionando la muerte de animales terrestres y acuáticos por el consumo o atrapamiento en bolsas de polietileno, además, afecta a 663 especies de animales a nivel mundial, incluido a todas las especies de tortugas marinas y

a la mitad de especies de mamíferos acuáticos, adicionalmente contribuye al efecto invernadero causado por la liberación de gases contaminantes como el metano y el polietileno liberados en su degradación, causando el deterioro de los ecosistemas y la contaminación paisajística.

Debido a la gran contaminación causada por los plásticos se buscó soluciones que no afecten el medio ambiente ni salud del hombre, por lo cual se investigó la elaboración de películas plastificadas con nuevas fuentes de polímeros biodegradables, planteando aprovechar el almidón de papa, para su uso como materia prima de bioplástico, utilizando ácido acético que ayuda a que el material plastificado tenga mayor fuerza y con glicerina en cual ayuda a que el material tenga flexibilidad (Meza Ramos 2016).

Los problemas son una formulación de preguntas que es el primer paso para cualquier investigación, en el problema general aclaran y delimitan el tema de investigación sugiriendo actividades a realizarse para orientar hacia las respuestas que se buscan, los problemas específicos se plantea a partir del problema general y abarca diversos aspectos del problema a investigar según Hernández, Fernández y Baptista (2014). Para el desarrollo de la siguiente investigación, se planteó el siguiente **problema general**: ¿Cuál será el nivel de biodegradación que presentan las películas plastificadas elaborados a partir de almidón de *Solanumtuberosum* a diferentes dosis de plastificante y ácido acético? También se plantearon los siguientes **problemas específicos**: ¿Qué dosis del plastificante permitirá obtener mejor película plastificada de almidón de *Solanumtuberosum*?, ¿Cuál será la dosis de ácido acético que permitirá obtener mejor película plastificada de almidón de *Solanumtuberosum*? y ¿Cuál será el porcentaje de biodegradabilidad que presentan las películas plastificadas de almidón de *Solanumtuberosum*?

A justificación por conveniencia determina la funcionabilidad de la investigación o para que sirve de acuerdo a Hernández, Fernández y Baptista (2014), se tiene así, que la conveniencia de la presente investigación se basa en la realización de plásticos biodegradables que servirá como línea base para que las grandes empresas incursionen en la fabricación de estos, ya que el costo de producción es accesible ya que en el almidón de papa es barato, además

reducirá la contaminación del medio ambiente y la degradación del mismo, gracias a que el producto es biodegradable a comparación del plástico convencional.

La justificación por relevancia social, determina quienes se beneficiarán con los resultados, determinando el alcance o proyección social de la investigación de acuerdo a Hernández, Fernández y Baptista (2014), por lo tanto el presente estudio busca brindar alternativas ecoamigables con el fin de que las personas obtén más por bioplásticos que por plásticos convencionales, educándolos ambientalmente para que escojan las alternativas a los plásticos de un solo uso.

La justificación por implicaciones prácticas describe la trascendencia de la investigación para resolver algún problema real según Hernández, Fernández y Baptista (2014). En base a lo expuesto anteriormente la presente investigación busca disminuir la problemática de contaminación del plástico, que se encuentran tanto en la tierra como en el mar, siendo casi 8 millones de plástico que por una mala gestión se vierten al mar, estos plásticos, son responsables de la muerte de especies marinas y aves que las ingieren, esto es un problema grave para el medio ambiente el cual repercute en el calentamiento global y la salud, ya que poseen aditivos tóxicos y sintéticos derivados del petróleo haciéndolos no biodegradables y peligrosos para la salud según Martínez Bejarano, (2018).

Hernández, Fernández y Baptista (2014) afirma que el valor teórico de una investigación se atribuye a la aportación de conocimiento, relacionando los resultados a principios, permitiendo el desarrollo de teorías, recomendaciones o hipótesis e identificando la relación de las variables, en relación a lo mencionado la presente investigación se justifica teóricamente ya que se busca determinar la relación entre las dosis de plastificante y ácido acético con la biodegradabilidad de las películas plastificadas de almidón de papa, sustentándose en las referencias bibliográficas, permitiendo establecer valores óptimos para mejores resultados.

Hernández, Fernández y Baptista (2014) afirma que la utilidad metodológica de una investigación permite el estudio adecuado de un tema, estableciendo relaciones entre variables, contribuyendo con nuevos conceptos o mejoras en el

proceso experimental; en la presente investigación se busca brindar a la sociedad académica una metodología adecuada para el desarrollo de las películas plastificadas a partir de almidón de papa, describiendo como influye cada variable en este proceso.

Según Cortés Cortés y Iglesias León (2004) el objetivo general es el “para que” o la guía de la investigación siendo la directriz que encaminara el desarrollo del mismo; mientras que los objetivos específicos, son los propósitos específicos mediante los cuales se logrará cumplir lo propuesto en el objetivo general. Se planteó por ello el **objetivo general** de la investigación el cual fue: Evaluar la biodegradabilidad de películas plastificadas elaborados a partir de almidón de ., a diferentes dosis del plastificante y ácido acético. Así mismo, los **objetivos específicos** fueron: Elaborar películas plastificadas de almidón de *Solanumtuberosum* a diferentes dosis del plastificante, Elaborar películas plastificadas de almidón de *Solanumtuberosum* a diferente dosis de ácido acético y Determinar la biodegradabilidad de las películas plastificadas de almidón de *Solanumtuberosum*.

La hipótesis general es una proposición afirmativa que brinda una solución al problema general, esta suposición o predicción basado en el marco teórico o conocimientos empíricos relacionados al objeto de estudio; las hipótesis específicas son proposiciones que brindan una solución a los problemas específicos y con los que se puede construir la hipótesis general de acuerdo a Cortés Cortés y Iglesias León (2004), considerando lo mencionado, la **hipótesis general** de la investigación fue: Las películas plastificadas elaborados a partir de almidón de papa a diferentes dosis de plastificante y ácido acético presentan un alto nivel de biodegradación. Así mismo, las **hipótesis específicas** fueron: Con la menor dosis del plastificante se logra obtener mejor película plastificada de almidón de *Solanumtuberosum*, Con la menor dosis de ácido acético se logra obtener mejor película plastificada de almidón de *Solanumtuberosum* y El porcentaje de biodegradabilidad que presentan las películas plastificadas de almidón de *Solanumtuberosum* es mayor al 60 %.

II. MARCO TEÓRICO

Para lograr un entendimiento más amplio del tema se tomaron en cuenta diferentes antecedentes, mismos que ayudaron a entender los resultados obtenidos.

En la investigación de Bezirhan Arikan y Duygu Bilgen, (2019) titulada “Producción de bioplástico a partir de residuos de cáscara de patata e investigación de su biodegradabilidad”, tuvieron como objetivo elaborar bioplástico a partir de la cáscara de papa y analizar su capacidad de absorción de agua y la biodegradabilidad, en la metodología sacaron almidón de la cáscara de papa, el almidón se secó a 50 °C durante 2 h después añadieron 135 mL de agua corriente, 10,8 mL de glicerol y 16,2 mL de vinagre, calentaron la mezcla en una placa caliente hasta 100 °C y lo secaron al aire durante 48 horas, los resultados demostraron que el bioplástico de cáscara de papa producido (PPB) presentó gran capacidad para absorber agua a comparación de un bioplástico comercial (CB), las pruebas de biodegradabilidad mostraron que el PPB se biodegradaba a aproximadamente el 71 % en suelo húmedo y al 100 % en vermicompost en cuatro semanas, por otro lado determinaron que el CB no se degradó en el suelo o en el compost en cuatro semanas, por lo tanto concluyeron que la cáscara de papa se puede usar en la producción de bioplásticos biodegradables.

La investigación de Nandiyanto et al. (2020) titulada “Propiedades mecánicas y de biodegradación del material bioplástico a base de almidón de maíz”, tuvo como objetivo obtener bioplástico a partir de almidón de maíz puro y estudiar sus propiedades; en la metodología, diluyeron la maicena en agua, hicieron una mezcla homogénea de la maicena diluida, glicerol y ácido acético calentando a menos de 100 °C, moldearon y secaron para obtener un bioplástico sólido; los resultados demostraron que el bioplástico tenía buenas propiedades de biodegradabilidad, se degradaba fácilmente en 2 semanas de remojo en agua, confirmado por el peso perdido y la presencia de hongos en su superficie; concluyeron que el bioplástico presentó un buen rendimiento mecánico aunque todavía es bajo en comparación con el bioplástico estándar en grado moderado.

La investigación de Kasmuri y Zait (2018), titulada “Mejora del bioplástico usando cáscaras de huevo y quitosano en almidón de papa”; tuvo como objetivo elaborar bioplástico con almidón de papa relleno con quitosano y cáscara de huevo; en la metodología realizaron ensayos sobre biodegradabilidad y retención de agua y resistencia a la rotura del bioplástico; los resultados demostraron que el bioplástico de almidón de papa y quitosano incremento su resistencia a la rotura en un 1,28 %, mientras que al agregar cáscaras de huevo su resistencia a la rotura se incrementó en un 4,94 % en comparación con el bioplástico de almidón de papa, en el caso de retención de agua, el bioplástico con quitosano redujo su retención en un 27,59 % mientras que la cáscara de huevo lo redujo en un 10,95 %, para la prueba de biodegradabilidad realizada en 20 días, el bioplástico con quitosano perdió 7,9 % de su peso inicial y las cáscaras de huevo 21,06 %; concluyeron que las cáscaras de huevo como relleno se comportaron mucho mejor que el quitosano en el bioplástico a base de almidón de papa.

En la investigación de Dawam Abdullah y Sri Pudjiraharti, (2019) titulada “Fabricación y caracterización de bioplásticos a base de almidón de camote plastificados con glicerina”, tuvieron el propósito de investigar la utilización del camote como material base de bioplástico; en su metodología extrajeron almidón de batata y prepararon bioplásticos mezclándolo con glicerol a diferentes proporciones p/p de almidón: glicerina (2,5:1, 2,75:1, 3:1 y 3,5:1), evaluaron la densidad, la tensión y alargamiento a la rotura, biodegradabilidad; los resultados demostraron que la microestructura de los bioplásticos mostró la gelatinización incompleta con el aumento de la relación almidón: glicerol indicado por los gránulos no homogéneos visibles, el bioplástico con una relación de 3,5: 1 (almidón: glicerina) exhibía una tensión a la rotura más alta de 2,57 MPa con el alargamiento más bajo de 6,27 %, la degradación enzimática más rápida mostrada por el mayor crecimiento microbiano fue presentada por el bioplástico con una proporción de 3,5: 1 (almidón: glicerina), concluyeron que el bioplástico con la mayor proporción de almidón de camote: glicerina mostró las propiedades físicas, mecánicas y de biodegradabilidad más excelentes.

En la investigación de Espina, Cruz y Siche, (2016) titulado “Propiedades mecánicas de espumas termoprensadas elaboradas con almidón de especies vegetales nativas y fibras de residuos agroindustriales”, presento como objetivo

evaluar las propiedades mecánicas, densidad y gramaje de las espumas termoprensadas de almidón de arracacha, camote y oca, juntamente con fibras de residuos agroindustriales; en la metodología, elaboraron las espumas bajo termopresión a 60 bar de presión y a una temperatura de horneado de 145 °C durante 10 min a 15 min; los resultados demostraron que la espuma elaborada con fibra de peladilla de esparrago y almidón de oca presenta una densidad mayor de 0,67 g/cm³, un mayor gramaje de 0,16 g/cm² lo presentó la espuma elaborada de fibra de bagazo de caña de azúcar con almidón de camote, finalmente para el color observaron que las espumas fueron blancas, amarillas y purpuras cuando estuvieron elaboradas por almidón de camote, arracacha y oca respectivamente; concluyeron que el uso de materia prima renovable es una alternativa para la elaboración de empaque industriales.

En la investigación de Meza Ramos (2016) titulada “Elaboración de bioplásticos a partir de almidón residual y determinación de su biodegradabilidad”, tuvo como propósito evaluar la biodegradabilidad de los bioplásticos elaborados a partir de residuos de papa de variedad Yungay; en la metodología, mediante el método de decantación extrajeron el almidón de los residuos de papa, con el almidón obtenido elaboraron el bioplástico utilizando glicerol y ácido acético, el bioplástico se sometió a ensayos de tracción, elongación y biodegradabilidad utilizando compost maduro, los resultados mostraron que obtuvieron 25,19 g de almidón de los residuos de papa, además, el bioplástico mostro un mayor esfuerzo y una elongación máxima de máximo de 1,47 MPa y 19,99 % respectivamente, finalmente en 90 días el bioplástico se biodegradó al 64,21 %, concluyeron que los bioplásticos hechos de almidón de residuos de papa presentaron un alto nivel de biodegradabilidad.

La investigación de Charro Espinosa (2015) titulado “Obtención de plástico biodegradable a partir del almidón de papa”, tuvo como objetivo elaborar bioplásticos con almidón de papa como materia prima, en su metodología extrajeron el almidón de la papa, después lo mezclaron con agua destilada y ácido acético diluido, seguidamente añadieron glicerina (3 % y 6 %) y melanina (3 % y 9 %) la mezcla estuvo en baño María a 65 °C y después lo secaron en una estufa a 40 °C, para la caracterización de los bioplásticos aplicaron ensayos de espesor, humedad, solubilidad y biodegradabilidad por el método gravimétrico

en condiciones aeróbica y anaeróbicas, sus resultados demostraron que el espesor más delgado de los bioplásticos fue de 0,026 mm, la mayor humedad fue de 60,59 %, solubilidad del 40,49 %, en los ensayos de biodegradabilidad durante 20 días, el bioplástico presento una mayor biodegradabilidad de 91,13 % anaeróbicamente y 91,97 % aeróbicamente, concluyeron que las películas de bioplástico se degradan mayormente en condiciones aerobias y que la glicerina es una variable influyente obtener bioplásticos con mejores propiedades físicas.

En la investigación de Nurhajati, Pidhatika y Harjanto (2019) titulada “Plásticos biodegradables de polietileno y polisacárido de baja densidad: la influencia del polisacárido y el ácido acético”; tuvo como objetivo estudiar tres proporciones diferentes de polietileno lineal de baja densidad (LLDPE)/ almidón termoplástico a base de yuca (TPS); en su metodología usaron ácido acético para hidrolizar los polisacáridos, las propiedades de biodegradación determinaron observando el nivel de crecimiento microbiano en la superficie de la muestra y realizaron una prueba de enterramiento en un medio de compostaje húmedo y determinaron las propiedades físicas (tensión y alargamiento a la rotura); los resultados mostraron que el crecimiento microbiano aumenta al aumentar el contenido de TPS, la resistencia a la tracción aumento en los primeros 28 días del período de enterramiento, luego disminuyo y se estabilizó, mientras que el alargamiento en la rotura disminuyó con el aumento del período de enterramiento, además, las muestras que contenían ácido acético mostraron menos adherencia microbiana y menos biodegradación en comparación con las muestras que no contienen ácido acético, concluyeron que los bioplásticos preparados a partir de compuestos LLDPE/TPS necesita formulaciones.

La investigación de Vicente Flores (2018) titulada “Aprovechamiento de la cáscara residual de la *Musa balbisiana* para la obtención de bioplástico en el mercado APECOLIC – Comes -2018”, tuvo como objetivo producir plástico a partir de cáscara residual de plátano determinando su viabilidad; en la metodología extrajeron el almidón de las cáscaras y después de tamizarlo agregaron 50 mL de agua destilada, 5 mL y 10 mL de glicerol y 5 mL, 10 mL y 12 mL de ácido etanoico mezclando bien hasta formar una masa homogénea, misma que se dejó secar a 90 °C en placas Petri; en los resultados presentaron que se extrajo 4,798 % de almidón en relación al peso de la cáscara, los

bioplásticos elaborados con 10 mL de ácido etanoico y 5 mL de glicerol presentaron una fuerza de tracción de 33,22, elongación de 38,62 % y biodegradabilidad del 91,91 %; concluyeron que el uso de cáscara de plátanos para la obtención de bioplásticos es viable siendo un insumo potencial.

En la investigación de Shafqat et al. (2021) titulada “Síntesis y caracterización de bioplásticos a base de almidón utilizando diversos ingredientes de origen vegetal, plastificantes y rellenos naturales” tuvo como objetivo producir una variedad de muestras de bioplásticos a partir de (1) almidón de cáscara de plátano (BPP) y (2) un compuesto de almidón de cáscara de plátano, almidón de maíz y almidón de arroz (COM) con cantidades variables de polvo de cáscara de papa y madera, en su metodología utilizaron dos plastificantes, glicerol y sorbitol, por separado y en una combinación 1: 1, determinaron las características físicas y químicas (humedad, absorción de agua, solubilidad en agua y alcohol, biodegradación y resistencia a la tracción), los resultados demostraron que el bioplástico con BPP y 2,5 ml de glicerol y 2,5 g de sorbitol mostro mejores características físicas y químicas, concluyeron que las muestras producidas son una buena alternativa a los plásticos convencionales.

En la investigación de Sofiah et al. (2019) titulado “Propiedades mecánicas de productos bioplásticos de *Musa Paradisica Formatypica* concentrado con plastificantes variables”, el objetivo de la investigación fue determinar el efecto de la composición del plastificante sorbitol y glicerol sobre la obtención de plástico biodegradable; en la metodología mezclaron 100 mL de la esencia de *Musa paradisica*, 0,7 % de quitosano (% v / v), 0,5 % de ácido acético (% v / v), 5 gramos de maicena con plastificante (0 %, 1 %, 2 %, 3 %, 4 %, 5 % de sorbitol y 0 %, 1 %, 2 %, 3 %, 4 %, 5 % de glicerol) del volumen de esencia de cáscara de plátano, los resultados demostraron que los bioplásticos que contenían 3 % de glicerol (% v / v) presentaron una resistencia a la tracción de 46,42 Mpa y un porcentaje de elongación de 15,15 %, mientras que los que contenían sorbitol al 5 % (% v / v) presentaron una resistencia a la tracción 31,42 MPa y porcentaje de alargamiento 15,15 %.

En la investigación de Nurhajati, Pidhatika y Harjanto (2019) titulada “Plásticos biodegradables de polietileno y polisacárido de baja densidad linier: la influencia del polisacárido y el ácido acético”, tuvieron como objetivo combinar polietileno lineal de baja densidad (LLDPE) con almidón termoplástico a base de yuca (TPS) para preparar plásticos biodegradables, en el que se estudiaron tres proporciones diferentes de LLDPE/TPS, usaron ácido acético para hidrolizar; realizaron pruebas de degradación observando el nivel de crecimiento microbiano en la superficie de la muestra, realizaron pruebas de enterramiento en un medio de compostaje húmedo, los resultados mostraron que el crecimiento microbiano aumenta al aumentar el contenido de TPS, observaron cambios de masa negativos en todas las muestras que contienen TPS, la resistencia a la tracción tiende a aumentar en los primeros 28 días del período de enterramiento, luego disminuye y se estabiliza, mientras que el alargamiento en la rotura disminuye con el aumento del período de enterramiento, concluyeron que las muestras que contienen ácido acético mostraron menos adherencia microbiana y menos biodegradación.

Lestari et al. (2020) titulado “Bioplástico de semillas de yaca y arroz”, tuvo como objetivo determinar el efecto de la adición de alcohol polivinílico (PVA), glicerol, quitosano y sorbitol a las características óptimas del bioplástico, los parámetros del bioplástico a examinar incluyeron espesor, contenido de humedad, resistencia a la tracción y % de alargamiento; los resultados demostraron que el aumento de glicerol añadido al efecto del material plástico reduce la resistencia a la tracción del bioplástico y el alargamiento, reduce la resistencia al agua y se degrada más fácilmente, el aumento del PVA añadido al efecto del material plástico aumenta la resistencia a la tracción del bioplástico y la disminución del alargamiento del bioplástico, pero el aumento del efecto del sorbitol reduce la resistencia a la tracción y aumenta el alargamiento del bioplástico.

En la investigación de Ahimbisibwe et al. (2019) titulada “Influencia del clima y la pureza del plastificante en la degradación de los bioplásticos de almidón de yuca en condiciones ambientales naturales” tuvieron como objetivo evaluar la degradación de bioplástico en función de factores meteorológicos de lluvia, temperatura, humedad relativa, intensidad de luz solar y horas de luz solar, en

su metodología los bioplásticos se enterraron en agujeros en suelo franco arenoso y se recopilaron datos fotográficos semanales y peso para revelar el efecto de la degradación, los resultados demostraron que las enzimas hidrófilas descomponen el bioplástico, la degradación se vio reforzada por la invasión de organismos del suelo como gusanos, termitas y otros microbios del suelo. La lluvia ($r = 0,857$) y humedad relativa ($r = -0,04$) aumentaron la humedad en el suelo, lo que inicialmente aumentó el peso del bioplástico hasta un punto en el que las enzimas hidrófilas descompusieron el bioplástico; un aumento en la intensidad de la luz solar aumentó la actividad de los organismos del suelo, concluyeron que el aumento de la actividad microbiana aumentó la tasa de degradación de los bioplásticos enterrados, que tardó de cinco a diez semanas en descomponerse por completo (98,3%).

Sari et al. (2019) en su investigación titulada “El efecto de la temperatura de almacenamiento sobre las características plásticas biodegradables del tubérculo Suweg con adición de glicerol y CMC (carboximetilcelulosa)” tuvieron como objetivo determinar el efecto de la temperatura de agitación sobre las características de los plásticos biodegradables, en su metodología prepararon plásticos biodegradables a partir de la mezcla de almidón de tubérculo, glicerol y ácido acético, con variaciones de temperatura de agitación (80 °C, 85°C, 90°C, y 95 °C) y la adición de CMC; las variaciones de temperatura con la adición de glicerol y CMC dio como resultado un valor de resistencia a la tracción, alargamiento y espesor de temperatura de 80 °C a 18,68 Mpa; 12,22 %, 85 °C igual a 14,69 MPa; 9,16 %, 90 °C de 16,71 MPa; 14,72 %, 95 °C de 13,94 MPa; 14,166 %, el ensayo de biodegradación del plástico en el suelo, demostró que el plástico con una variación de temperatura de 95 °C se ha degradado después de 8 días, mientras que el plástico con la adición de CMC se degrada más rápido, durante 7 días.

A continuación, se desarrolló el enfoque conceptual y teórico, los cuales ayudaron al desarrollo de la investigación.

Los polímeros son macromoléculas que constan de un esqueleto de cadena larga de unidades repetidas más pequeñas (monómeros) y grupos laterales. Los polímeros pueden derivarse de materiales naturales (por ejemplo, polisacáridos,

proteínas) o producirse sintéticamente (haciendo reaccionar monómeros como ácido acrílico, vinilpirrolidona u óxido de etileno). Los materiales naturales generalmente necesitan ser modificados químicamente antes de que sean adecuados para su uso en formulaciones semisólidas (Kulkarni y Shaw 2016).

Los polímeros naturales se obtienen de un amplio espectro de plantas, animales y microbios. Se forman durante la vida del organismo como parte elemental y son biodegradables. Los polímeros naturales pueden tener sus estructuras fundamentales en forma de carbohidratos, proteínas y líquenes. Estos polímeros tienen muchas ventajas, incluidos sus bajos precios, amplia disponibilidad, naturaleza no tóxica y biodegradabilidad. Sin embargo, son pobres en cuanto a resistencias mecánicas o a la tracción y propiedades térmicas (Jain et al. 2021).

Los polímeros biodegradables se definen como polímeros susceptibles de degradación por actividad biológica, con la degradación acompañada de una disminución de su masa. Otras definiciones requieren que un material biodegradable se mineralice en dióxido de carbono, agua y biomasa durante la biodegradación (Haider et al. 2019).

La biodegradación, es el proceso donde se mineraliza las estructuras orgánicas causadas por microorganismos que, para obtener alimento, producen enzimas que reaccionan con polímeros sintéticos o naturales, alterando la estructura física y química de estos. Se generan dos formas de biodegradación, parcial y total, en el primero algunas propiedades físicas se pierden y la estructura química se altera, en el segundo se da la mineralización completa del material, generando agua, sales minerales, dióxido de carbono y metano si las condiciones son aeróbicas y anaeróbicas respectivamente (Labeaga Viteri 2018).

En general, el proceso de biodegradación de polímeros se puede dividir en cuatro pasos: i) biodeterioro, ii) despolimerización, iii) bioasimilación y iv) mineralización. En el primer paso, la formación de una biopelícula microbiana conduce a una degradación superficial, en la que el material polimérico se fragmenta en partículas más pequeñas. Los microorganismos de la biopelícula secretan enzimas extracelulares, que a su vez catalizan la despolimerización de

la cadena polimérica en oligómeros, dímeros o monómeros. La captación de las moléculas pequeñas producidas de esta manera en la célula microbiana y la siguiente producción de metabolitos primarios y secundarios es un proceso llamado asimilación. En el último paso, estos metabolitos se mineralizan y los productos finales como CO₂, CH₄, H₂O y N₂ se forman y liberan al medio ambiente (Labeaga Viteri 2018).

Los bioplásticos se fabrican total o parcialmente a partir de fuentes de biomasa renovables como la caña de azúcar y el maíz, o de microbios como la levadura. Algunos bioplásticos son biodegradables o incluso compostables, en las condiciones adecuadas. Los bioplásticos fabricados a partir de recursos renovables pueden reciclarse de forma natural mediante procesos biológicos, lo que limita el uso de combustibles fósiles y protege el medio ambiente (Ashter 2016).

La papa (*Solanum tuberosum L.*) pertenece a la familia: solanaceae, genero: Solanum, especie: S. Tuberosum, es el cultivo alimentario sin grano más importante a nivel mundial, se cultiva en alrededor de 150 países repartidos en regiones templadas, tropicales y en elevaciones desde el nivel del mar hasta 4000 m, se ha expandido constantemente a nivel mundial, con un aumento del 35 % en la producción total desde 1960, lo que indica su creciente importancia como fuente de alimentos básicos, nutricionalmente, las papas solo superan a la soja por la cantidad de proteína, siendo la principal proteína de almacenamiento la patatina, una de las proteínas vegetales más equilibradas nutricionalmente conocidas, un solo tubérculo de 150 g proporciona hasta el 45 % de la cantidad diaria recomendada (RDA) de vitamina C, 10 % de vitamina B6, 8 % de niacina, 6 % de ácido fólico, así como cantidades significativas de otros nutrientes minerales esenciales requeridos (Patil et al. 2016).

El almidón se considera el principal carbohidrato de almacenamiento de las plantas verdes. En el proceso de fotosíntesis, durante los períodos de luz, el almidón se produce en los cloroplastos y es utilizado como fuente de energía. Además, este polisacárido se almacena en otros orgánulos llamados amiloplastos durante mucho tiempo. Este almidón almacenado se puede utilizar durante el proceso de germinación de las semillas. Por otro lado, puede ser

aislado y utilizado como materia prima en diferentes aplicaciones, por ejemplo, alimentos y productos farmacéuticos, plásticos, fermentación, adhesivos, pinturas, cartones, etc. Los almidones comerciales se obtienen principalmente a partir de maíz, papa, trigo, arroz y mandioca. El uso de almidón en estos productos se debe a sus propiedades fisicoquímicas y funcionales como retención de agua, viscosidad, formación de gel, etc. (Bello Perez y Agama-Acevedo 2017).

La plastificación se refiere a la modificación de las propiedades térmicas y mecánicas de un polímero dado. Los plastificantes son sustancias de bajo peso molecular que se agregan a una solución de polímero para promover su plasticidad y flexibilidad. Se supone que la función del plastificante es que sus moléculas están incrustadas entre las cadenas de polímeros individuales y desintegran las interacciones polímero-polímero (Foroughi-Dahr et al. 2017). Entre los plastificantes más utilizados están: el agua destilada, que desestructura el almidón para convertirlo en termoplástico; glicerol, utilizado para la producción de polímeros termoplásticos, brindando una forma homogénea, además, facilita que las cadenas poliméricas tengan movilidad según Asianov (2019). El ácido acético es usado comúnmente para producir termoplásticos de celulosa, ataca la parte amorfa (amilopectina) que recubre la parte cristalina (amilosa) y luego ataca tanto a la amilopectina como a la amilosa, lo que lleva a la formación de cadenas poliméricas más cortas (moléculas más pequeñas). También facilita la formación de cadenas poliméricas lineales y una mayor formación de bioplástico (Wang y Copeland 2015).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo, diseño y nivel de la investigación

Lozada (2014), la investigación de tipo aplicada el cual proviene de la investigación básica permite generar una transformación del conocimiento teórico. En esta investigación recurriremos a teorías ya existentes para elaborar los bioplásticos para así obtener nuevos conocimientos para estudios posteriores.

La calidad de la investigación estuvo relacionada entre el enfoque y el grado en que apliquemos el diseño de la investigación, por lo tanto, el enfoque cuantitativo que se aplicó, según Hernández (2014) es riguroso, secuencial y demostrativo, además de usar la estadística.

El diseño de la investigación fue el experimental, donde se manipuló la realidad para percibir sus efectos bajo ciertas condiciones controladas de acuerdo a Sanca Tinta (2011), esta investigación consistió en manipular ciertas variables, con el fin de describir lo que causa en una determinada situación (Rodríguez Alfaro 2013).

El diseño que se usó en esta investigación es el de bloques completamente aleatorizado (DCA) de 2 x 3, se trabajó con 2 factores (dosis del plastificante y dosis del ácido acético), la dosis del plastificante tuvo dos niveles de prueba y el ácido acético tuvo 3 niveles de prueba, en total se tuvieron 6 pruebas experimentales.

El nivel de investigación fue el explicativo, ya que respondió al porque sucedió un hecho, describiendo las causas de las características, propiedades o cualidades de ciertos fenómenos, dando a conocer en este nivel el investigador, las causas, lo que provoco o condiciono la existencia o la naturaleza del fenómeno investigado (Rodríguez Alfaro 2013).

Para Hernández, Fernández y Baptista (2014), el nivel de investigación explicativa posee como objetivo probar la hipótesis, es decir explican las causas de los hechos.

3.2. Variables y Operacionalización

.....En la **Tabla 1**, se mencionan las variables de investigación y en el anexo 2, la matriz de operacionalización de variables.

Tabla 1. Variables de investigación

Variables de investigación	
Dosis de plastificante	INDEPENDIENTE
Dosis de ácido acético	
Película plastificada	DEPENDIENTE

3.3. Población, muestra, muestreo y unidad de análisis

La población estuvo constituida por la merma de *Solanum tuberosum* (papa Yungay) que genera el giro de verduras del mercado Apromec, Ate.

El tamaño de muestra es de 24 kg de Merma de *Solanum tuberosum* (papa Yungay) que genera el giro de verduras del mercado Apromec, Ate.

En el muestreo se recopiló la merma de *Solanum tuberosum* (papa Yungay), estos fueron recolectados de forma aleatoria simple en el giro de verduras del mercado Apromec, Ate, se procuró que la merma se encuentre en buen estado.

La unidad muestral o unidad de análisis fue de 10 g de almidón de papa Yungay, que se utilizó para la elaboración de películas plastificadas.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La principal técnica aplicada para la investigación fue la observación, que permitió recopilar datos de la obtención de almidón, elaboración de películas plastificadas y ensayos de biodegradabilidad.

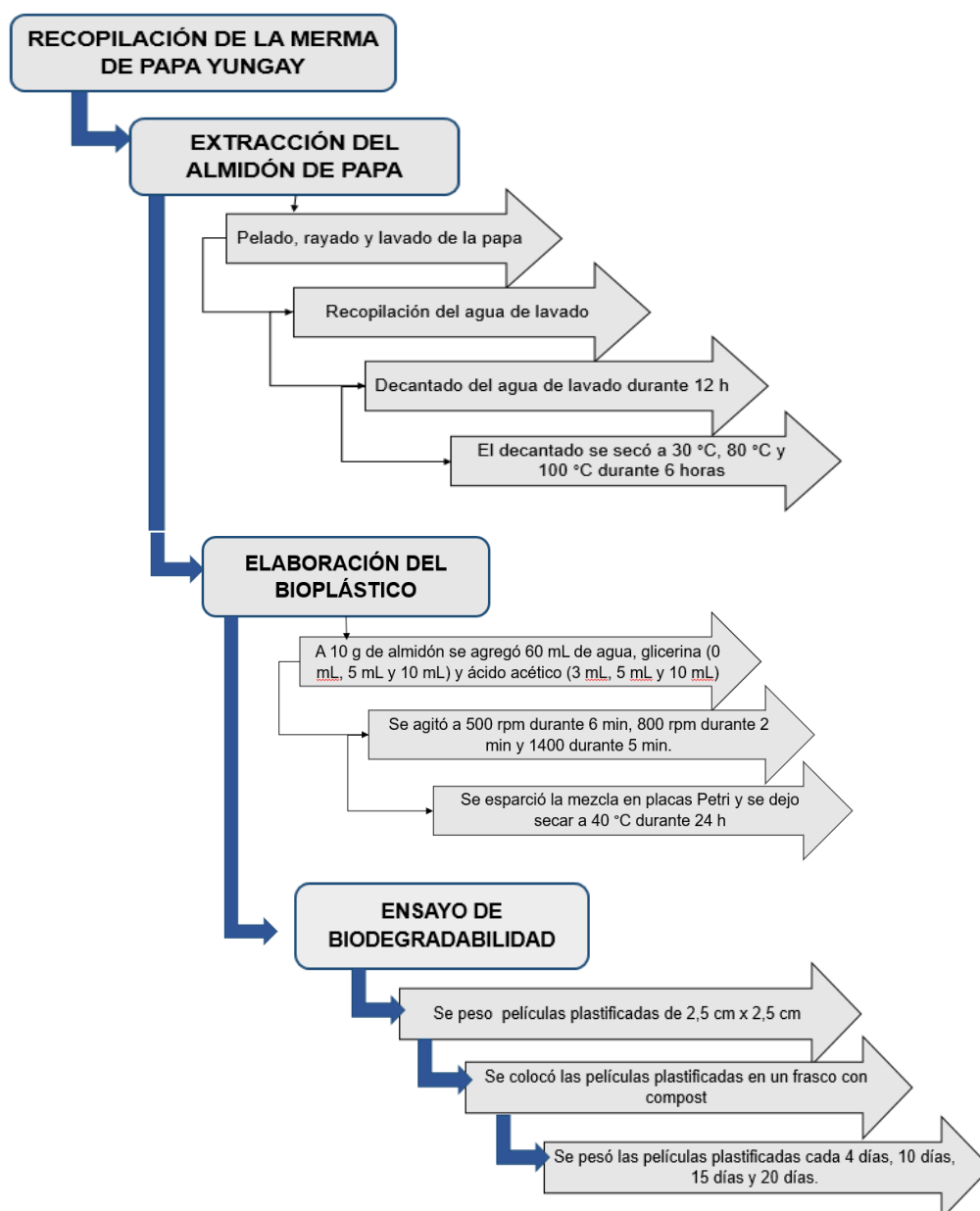
Se emplearon como instrumentos 3 fichas de recolección de datos, las cuales están detalladas en el anexo 3 y se resumen en la **Tabla 2**:

Tabla 2. Fichas de recolección de datos

Ficha 1	Control del proceso de obtención de almidón de papa
Ficha 2	Control del proceso de elaboración de películas plastificadas
Ficha 3	Control del proceso de biodegradabilidad

3.5. Procedimiento

El procedimiento del desarrollo experimental se realizó según los descrito en la **Figura 1**.



Fuente: Elaboración propia

Figura 1. Pasos de la parte experimental

A. Extracción del almidón de papa

Para la realización de la extracción de almidón de la papa Yungay se siguió los pasos descritos basado en la investigación realizada por (Charro Espinosa 2015).

- Se seleccionó la papa Yungay, del cual se sacó el almidón para obtener las películas plastificadas
- Se lavó la papa para retirar la tierra presente con ayuda de una esponja y agua.
- Luego se peló y pesó las papas peladas hasta obtener 1 kilogramo, después se ralló cada una de las papas y se colocó en una tina con agua para evitar la oxidación.
- La papa rallada se colocó en una tela filtrante, luego se realizó varias lavadas con agua hasta observar que el agua de lavado sea lo más transparente posible, el agua de lavado se recolectó en una tina plástica, luego se dejó decantar por 12 horas y finalmente se eliminó el agua.
- Se recogió el precipitado (almidón) en bandejas de vidrio resistentes al calor, luego se puso a la estufa a 30 °C luego a 80 °C y finalmente de a 100 °C, por un tiempo de 6 horas a cada temperatura.

B. Elaboración de las películas plastificadas

Los insumos a utilizarse fueron: almidón de papa, ácido acético y glicerina en diferentes cantidades, las cantidades de ácido acético y glicerina se tomó como referencia la metodología de Meza, Quipuzco, y Meza, (2019) y se presentan en la **Tabla 3**.

Tabla 3. Datos para la elaboración de películas plastificadas

Descripción	Factor	Prueba
Parámetros	Ác. Acético (mL)	3, 5 y 10
	Glicerina (mL)	5 y 10
Datos constantes	Almidón (g)	10
	Agua (mL)	60
	Temperatura (°C)	150

Fuente: (Meza, Quipuzco y Meza 2019).

- Primero se engrasaron las placas de vidrio de 15 mm x 20 mm con aceite vegetal, el cual fue utilizado como molde de las películas plastificadas.
- Después se midió las cantidades propuestas de glicerina, ácido acético, almidón y agua indicadas en la **Tabla 3**.
- En un vaso de precipitación se mezcló primero el almidón y el agua destilada, luego se agregó la glicerina, finalmente se agregó el ácido acético y se continuó mezclando hasta que la solución fue homogénea tal como se muestra en la **Figura 2**.



Fuente: Elaboración propia
Figura 2. Mezcla de almidón, agua destilada y glicerina

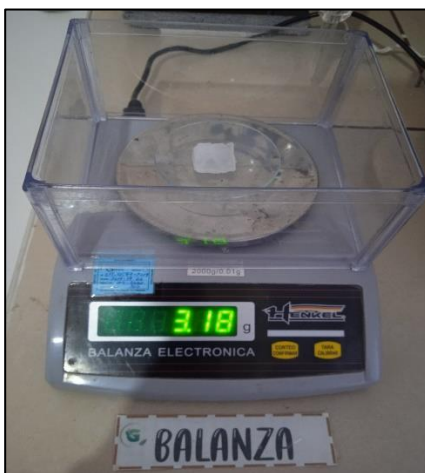
- Después se colocó el vaso de precipitación sobre el agitador magnético a 500 rpm durante 6 minutos, luego se subió a 800 rpm durante 2 minutos y finalmente se agitó a 1400 rpm un aproximado de 5 minutos hasta que la mezcla presento una consistencia gomosa.
- Se esparció la mezcla obtenida en las placas de vidrio hasta obtener una capa uniforme, luego se colocó las placas en la estufa durante 24 horas a 40 °C, tal como se observa en la **Figura 3**.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3. Películas plastificadas en las cajas Petri

- Finalmente, las películas plastificadas se cortaron en dimensiones de 2,5 cm x 2,5 cm y se pesaron tal como se observa en la **Figura 4**.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4. Peso de las películas plastificadas

C. Ensayos de biodegradabilidad

La biodegradabilidad se evaluó por el método gravimétrico tomando como guía la investigación realizada por (Charro Espinosa 2015).

- Se utilizó compost para realizar esta prueba, se trabajó en recipientes herméticos para que las condiciones del compost se mantengan constante durante toda la experimentación.
- Las películas plastificadas cortadas en dimensiones de 2,5 cm x 2,5 cm, fueron distribuidas en frascos con 2 cm de profundidad del compost, como en la **Figura 5**.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5. Disposición de las películas plastificadas en los frascos con compost

- Se tomaron pesos de las películas bajo condiciones de biodegradabilidad en los días cuatro, diez, quince y veinte, se calculó la pérdida de peso aplicando la formula (1).

$$\% \text{ Perdida de peso} = \left[\frac{\text{peso inicial seco} - \text{peso final seco}}{\text{peso inicial seco}} \right] * 100 \quad (1)$$

3.6. Método de análisis de datos

En la presente investigación, los datos generados durante la experimentación fueron tratadas mediante la hoja de cálculo Excel del Microsoft office y el software estadístico Minitab BV 18.0.

3.7. Aspectos éticos

El proyecto de investigación respetó la propiedad intelectual, citando a los autores y la ética en investigación de la universidad, RCU N° 0126-2017/UCV. Además, se ajustó a la Resolución Rectoral N° 0089 -2019/UCV, Reglamento de investigación de la Universidad César Vallejo y mediante Disposición N° 7.4 de la Resolución de Vicerrectorado de Investigación N° 008-2017-VI/UCV: la cual se verificó mediante el turnitin la evidencia de no copia del proyecto de investigación.

IV. RESULTADOS

4.1. Películas plastificadas elaboradas con almidón de papa

Las películas plastificadas elaborados con almidón de papa se pesaron tal como se observa en la **Tabla 4**.

Tabla 4. Pesos de las películas plastificadas obtenidas a partir del almidón de papa

RÉPLICA	ALMIDÓN (g)	ÁCIDO ACÉTICO (mL)	GLICERINA (mL)	PESO INICIAL (g)
I	10	3	5	5,80
I	10	3	10	3,61
I	10	5	5	5,24
I	10	5	10	5,34
I	10	10	5	4,42
I	10	10	10	3,18
II	10	3	5	5,76
II	10	3	10	3,59
II	10	5	5	3,22
II	10	5	10	5,13
II	10	10	5	4,64
II	10	10	10	3,27
III	10	3	5	5,81
III	10	3	10	3,65
III	10	5	5	3,27
III	10	5	10	5,29
III	10	10	5	4,5
III	10	10	10	3,2

Fuente: Elaboración Propia

En la **Tabla 4** se observa que las películas plastificadas elaboradas con almidón de papa, ácido acético y 5 mL de glicerina presentaron un peso máximo de 5,81 g en la réplica III, sin embargo, al aplicar 10 mL de glicerina el peso de las películas plastificadas disminuyó levemente a 5,34 g.

Tal como se observa en la **Tabla 4** los pesos de las películas plastificadas registrados en cada réplica fueron próximos, por ende, se halló un promedio de las tres réplicas tal como se observa en la **Tabla 5**.

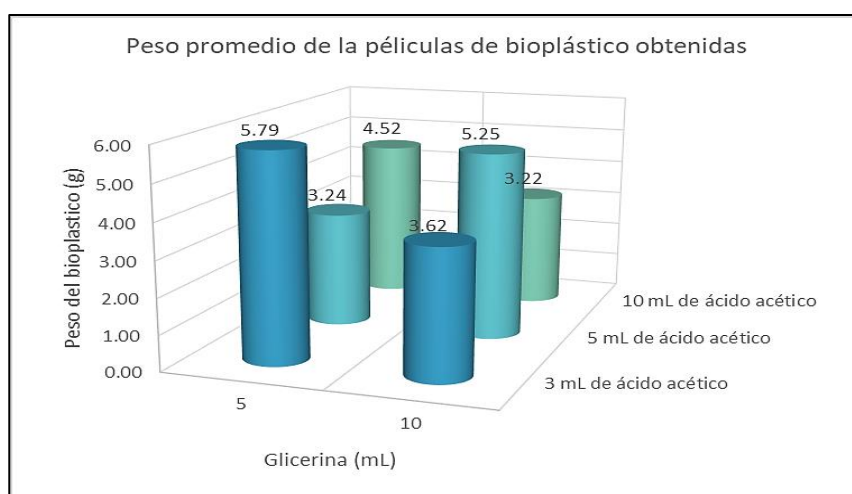
Tabla 5. Pesos promedio de las películas plastificadas obtenidas a partir del almidón de papa

Película plastificada	ALMIDÓN (g)	ÁCIDO ACÉTICO (mL)	GLICERINA (mL)	PESO PROMEDIO INICIAL (g)
M1	10	3	5	5,79
M2	10	3	10	3,62
M3	10	5	5	3,24
M4	10	5	10	5,25
M5	10	10	5	4,52
M6	10	10	10	3,22

Fuente: Elaboración Propia

En la **Tabla 5** se observa que, al utilizar 3 mL de ácido acético y 5 mL de glicerina el peso promedio de las películas plastificadas fue de 5,79 g mismo que disminuyó hasta 3,24 g cuando se utilizó 5 mL de ácido acético, sin embargo al utilizar 10 mL de ácido acético el peso de las películas plastificadas volvió a incrementarse hasta 4,52 g; al utilizar 10 mL de glicerina se observó que el mayor peso de las películas plastificadas fue de 5,25 g al utilizar 5 mL de ácido acético, mientras que este peso disminuyó hasta 3,62 g y 3,22 g cuando se utilizó 3 mL de ácido acético y 10 mL de ácido acético respectivamente.

Para observa mejor el efecto de la glicerina y el ácido acético utilizado se realizó una gráfica de barras que se presenta en la **Figura 6**.



Fuente: Elaboración propia





Figura 6. Peso promedio de las películas plastificadas obtenidas a partir de almidón de papa

En la **Figura 6** se advierte que las películas plastificadas más livianas fueron los que se elaboraron con una misma cantidad de glicerina y ácido acético, mientras que las películas plastificadas con un mayor peso se obtuvieron al aplicar una mayor cantidad de glicerina que de ácido acético.

4.2. Películas plastificadas de almidón de papa elaboradas con diferentes dosis de plastificante

El plastificante utilizado fue la glicerina, las películas plastificadas se elaboraron con 5 mL y 10 mL de plastificante, con diferentes dosis de ácido acético, en la **Tabla 6** se presentan las películas plastificadas elaboradas en la primera réplica.

Tabla 6. Películas plastificadas elaboradas con diferentes dosis de plastificante

	5 mL de glicerina	10 mL de glicerina
3 mL de ácido acético	 <ul style="list-style-type: none"> • Peso de 5,80 g • Grosor 0,3 mm <ul style="list-style-type: none"> • Blanco • Fácil moldeo 	 <ul style="list-style-type: none"> • Peso 3,61 g • Grosos 0,2 mm • Mínima parte de la superficie transparente <ul style="list-style-type: none"> • Fácil moldeo
5 mL de ácido acético	 <ul style="list-style-type: none"> • Peso 3,24 g • Grosos 0,15 mm • Algunas partes transparentes • Fácil moldeo 	 <ul style="list-style-type: none"> • Peso de 5,34 g • Grosor 0,34 mm <ul style="list-style-type: none"> • Blanco • Fácil moldeo

**10 mL de
ácido
acético**



- Peso de 4,42 g
- Grosor 0,29 mm
 - Blanco
- Fácil moldeo



- Peso 3,18 g
- Grosos 0,12 mm
- Algunas partes transparentes
- Fácil moldeo

Fuente: Elaboración propia

En la **Tabla 6** se observa que, al utilizar la dosis mínima y máxima de ácido acético, las películas plastificadas presentaron un menor peso y grosor cuando se incrementó la dosis de plastificante de 5 mL a 10 mL además las películas plastificadas con menor peso presentaron partes transparentes; en el caso de aplicar 5 mL de ácido acético se observó lo contrario ya que, las películas plastificadas incrementaron su peso y grosor al incrementarse la dosis de plastificante.

4.3. Películas plastificadas de almidón de papa elaboradas con diferentes dosis de ácido acético

Se elaboraron películas plastificadas con diferentes dosis de ácido acético de 3 mL, 5 mL y 10 mL, en la **Tabla 6** se observa que al utilizar la dosis mínima de plastificante, el peso de las películas plastificantes disminuyeron su peso de 5,80 g a 3,24 g cuando se incrementó la dosis de ácido acético de 3 mL a 5 mL, sin embargo, al incrementar la dosis del ácido acético hasta 10 mL el peso de la película plastificada se incrementó hasta 4,42 g; mientras que al utilizar la dosis máxima de plastificante se observa que el peso de las películas plastificantes incrementaron su peso de 3,61 g a 5,34 g cuando se incrementó la dosis de ácido acético de 3 mL a 5 mL, sin embargo, al incrementar la dosis del ácido acético hasta 10 mL el peso de la película plastificada disminuyó hasta 3,18 g.

4.4. Resultados de la biodegradabilidad de las películas plastificadas

Se pesaron las películas plastificadas los 4 días, 10 días, 15 días y 20 días después de iniciado el ensayo de biodegradabilidad, los pesos registrados se muestran en la **Tabla 7**.

Tabla 7. Pesos de las películas plastificadas durante el ensayo de biodegradabilidad

RÉPLICA	ÁCIDO ACÉTICO (mL)	GLICERINA (mL)	PESO DÍA 4 (g)	PESO DÍA 10 (g)	PESO DÍA 15 (g)	PESO DÍA 20 (g)
I	3	5	3,49	2,76	2,01	1,84
I	3	10	2,15	1,90	1,08	0,71
I	5	5	1,84	1,67	1,08	0,79
I	5	10	3,48	3,03	1,83	1,21
I	10	5	2,89	2,40	2,03	1,30
I	10	10	1,88	1,49	1,20	0,87
II	3	5	3,53	2,80	2,03	1,85
II	3	10	2,14	1,89	1,06	0,70
II	5	5	1,81	1,63	1,05	0,77
II	5	10	3,35	2,92	1,78	1,21
II	10	5	3,02	2,51	2,12	1,34
II	10	10	1,95	1,55	1,25	0,90
III	3	5	3,53	2,82	2,04	1,87
III	3	10	2,18	1,90	1,07	0,71
III	5	5	1,86	1,68	1,09	0,80
III	5	10	3,47	3,05	1,81	1,23
III	10	5	2,96	2,48	2,09	1,32
III	10	10	1,89	1,50	1,21	0,88

Fuente: Elaboración propia

En la **Tabla 7** se observa que el menor peso de las películas plastificadas se registró a los 20 días del ensayo de biodegradación registrando un peso de 0,70 g en la segunda réplica donde se aplicó 3 mL de ácido acético y 10 mL de glicerina, mientras que la muestra que presento un mayor peso después del ensayo de biodegradación fue la película plastificada elaborada con 3 mL de ácido acético y 5 mL de glicerina.

Los resultados registrados en las tres réplicas fueron próximos entre sí por lo cual se halló un promedio de los pesos de las películas

plastificadas medidos en el ensayo de biodegradación tal como se observa en la **Tabla 8**.

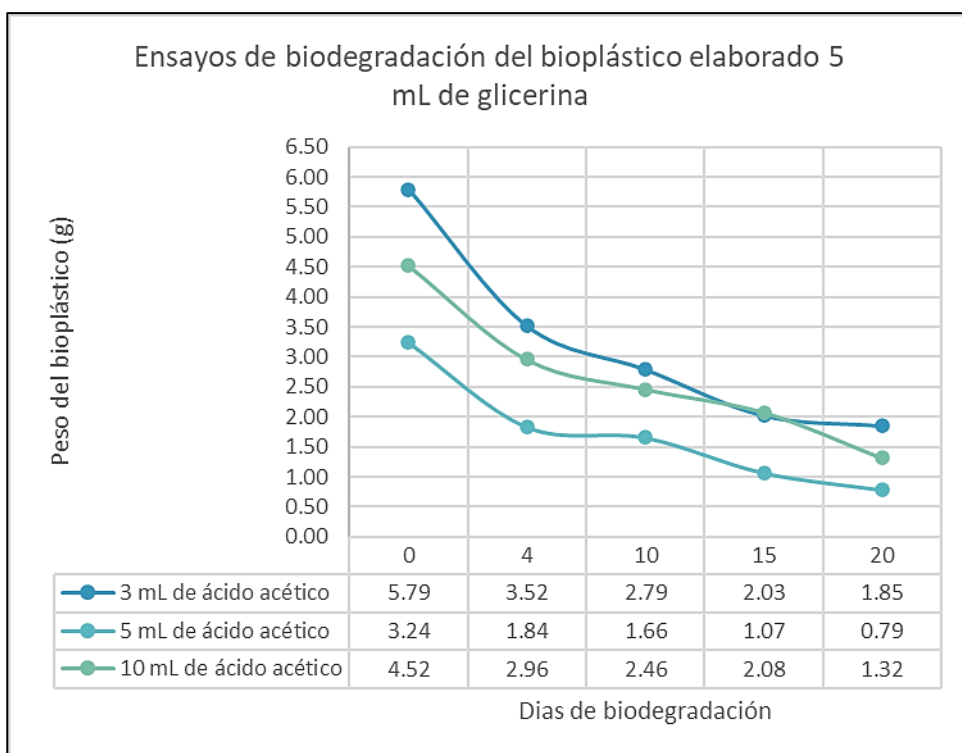
Tabla 8. Pesos promedios de las películas plastificadas durante el ensayo de biodegradabilidad

PELÍCULA PLASTIFICADA	ÁCIDO ACÉTICO (mL)	GLICERINA (mL)	PESO DÍA 4 (g)	PESO DÍA 10 (g)	PESO DÍA 15 (g)	PESO DÍA 20 (g)
M1	3	5	3,52	2,79	2,03	1,85
M2	3	10	2,16	1,90	1,07	0,71
M3	5	5	1,84	1,66	1,07	0,79
M4	5	10	3,43	3,00	1,81	1,22
M5	10	5	2,96	2,46	2,08	1,32
M6	10	10	1,91	1,51	1,22	0,88

Fuente: Elaboración propia

En la **Tabla 8** se observan los pesos promedios medidos a los 4 días del ensayo de biodegradabilidad el menor peso registrado fue el de 1,91 g de las películas plastificadas elaboradas con 10 mL de ácido acético y 10 mL de glicerina, mientras que el mayor peso registrado es de 3,52 g de las películas plastificadas elaboradas con 3 mL de ácido acético y 5 mL de glicerina, a los 20 días de ensayo se observa que el menor peso registrado fue de 0,71 g de las películas plastificadas elaboradas con 3 mL de ácido acético y 10 mL de glicerina mientras que el mayor peso registrado fue de 1,85 g de las películas plastificadas elaboradas con 3 mL de ácido acético y 5 mL de glicerina.

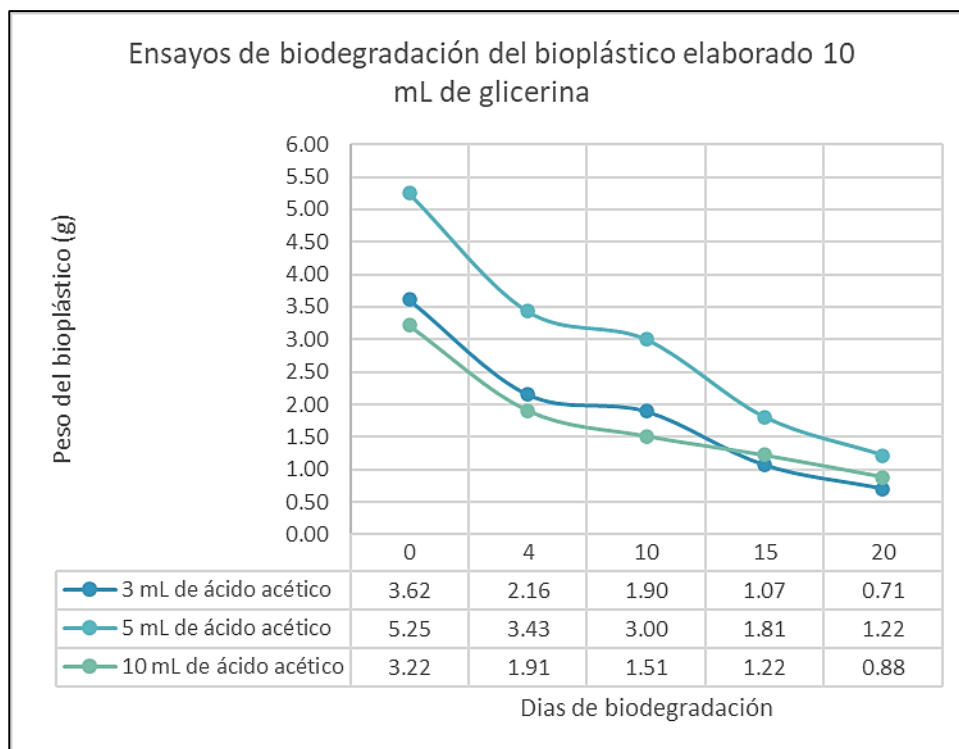
Para analizar la pérdida del peso de las películas plastificadas se realizaron graficas de dispersión que se muestran a continuación:



Fuente: Elaboración propia

Figura 7. Pesos de las películas plastificadas elaboradas solo con 3 mL de glicerina y ácido acético sometidos el ensayo de biodegradación

En la **Figura 7** se observa que la película plastificada elaborada con 3 mL de glicerina y 5 mL de ácido acético presento pesos menores en comparación a las películas plastificadas elaboradas con 3 mL y 10 mL de ácido acético, disminuyendo su peso inicial desde 3,24 g hasta 0,79 g en el día 20 del ensayo de biodegradación.



Fuente: Elaboración propia

Figura 8. Pesos de las películas plastificadas elaboradas solo con 3 mL de glicerina y ácido acético sometidos el ensayo de biodegradación

En la **Figura 8** se observa que la película plastificada elaborada con 10 mL de glicerina y 3 mL de ácido acético que en los primeros días presento pesos menores a la película plastificada elaborada con 5 mL de ácido acético pero pesos mayores a la películas plastificada elaborada con 10 mL de ácido acético, sin embargo, a partir del día 15 del ensayo de biodegradación la película plastificada elaborada con 3 mL de ácido acético presento un mínimo peso de 1,07 g mismo peso que disminuyó hasta 0,71 g en el día del 20 del ensayo de biodegradación.

4.5. Porcentaje de pérdida de peso de las películas plastificadas

Para determinar el porcentaje de pérdida de peso de las películas plastificadas se aplicó la formula (1) con los datos presentados en la **Tabla 4 y 7**, los resultados obtenidos se detallan en la **Tabla 9**.

Tabla 9. Porcentaje de pérdida de peso de las películas plastificadas

RÉPLICA	ÁCIDO ACÉTICO (mL)	GLICERINA (mL)	PORCENTAJE DE PÉRDIDA DE PESO (%)			
			DÍA 4	DÍA 10	DÍA 15	DÍA 20
I	3	5	39,83	52,41	65,34	68,28
I	3	10	40,44	47,37	70,08	80,33
I	5	5	43,21	48,46	66,67	75,62
I	5	10	34,83	43,26	65,73	77,34
I	10	5	34,62	45,70	54,07	70,59
I	10	10	40,88	53,14	62,26	72,64
II	3	5	38,72	51,39	64,76	67,88
II	3	10	40,39	47,35	70,47	80,50
II	5	5	43,79	49,38	67,39	76,09
II	5	10	34,70	43,08	65,30	76,41
II	10	5	34,91	45,91	54,31	71,12
II	10	10	40,37	52,60	61,77	72,48
III	3	5	39,24	51,46	64,89	67,81
III	3	10	40,27	47,95	70,68	80,55
III	5	5	43,12	48,62	66,67	75,54
III	5	10	34,40	42,34	65,78	76,75
III	10	5	34,22	44,89	53,56	70,67
III	10	10	40,94	53,13	62,19	72,50

Fuente: Elaboración propia

En la **Tabla 9** se observa que en el día 4 del ensayo de biodegradación el mayor porcentaje de pérdida de peso que se alcanzó fue de 40,94 % cuando se aplicó 10 mL de ácido acético y glicerina en la réplica III, esta misma película plastificada presentó el mayor porcentaje de pérdida de peso de 53,14 % en el transcurso de 10 días del ensayo de biodegradación en la réplica I, en el transcurso de 15 días del ensayo de biodegradación, la película plastificada elaborada con 3 mL de ácido acético y 10 mL de glicerina alcanzó un mayor porcentaje de pérdida de peso de 70,68 % en la réplica III, esta misma película plastificada alcanzó una mayor pérdida de peso de 80,55 % a los 20 días del ensayo de biodegradación en la réplica III.

Tal como se observa en la **Tabla 9** los porcentajes de pérdidas de peso de las películas plastificadas elaboradas con almidón de papa en las tres réplicas fueron cercanos, por ende, se halló un promedio de los porcentajes de pérdida de peso detallado en la **Tabla 10**.

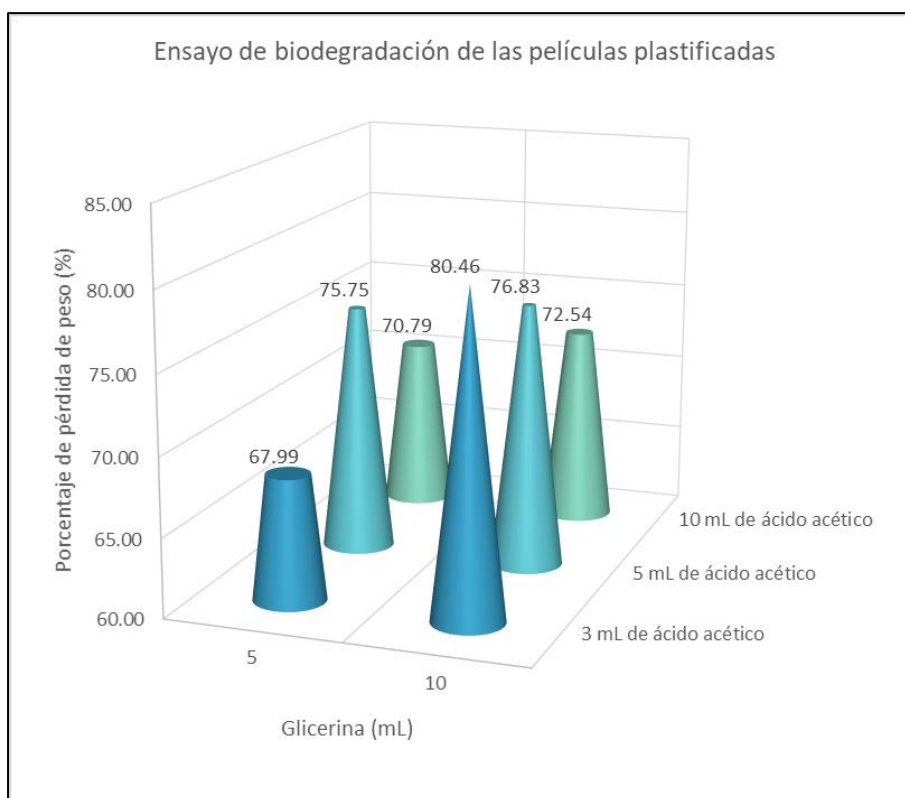
Tabla 10. Porcentaje promedio de pérdida de peso de las películas plastificadas

PELÍCULA PLASTIFICADA	ÁCIDO ACÉTICO (mL)	GLICERINA (mL)	PORCENTAJE DE PÉRDIDA DE PESO (%)			
			DÍA 4	DÍA 10	DÍA 15	DÍA 20
M1	3	5	39,26	51,76	65,00	67,99
M2	3	10	40,37	47,56	70,41	80,46
M3	5	5	43,37	48,82	66,91	75,75
M4	5	10	34,64	42,89	65,61	76,83
M5	10	5	34,58	45,50	53,98	70,79
M6	10	10	40,73	52,96	62,08	72,54

Fuente: Elaboración propia

En la **Tabla 10** se observa que en el día 4 del ensayo de biodegradación la película plastificada elaborada con 5 mL de ácido acético y 5 mL de glicerina alcanzó un mayor porcentaje de pérdida de peso de 43,37 %; en el día 10 del ensayo de biodegradación se observa que la película plastificada elaborada con 3 mL de ácido acético alcanzó un mayor porcentaje de pérdida de peso de 59,87 %, a los 15 días del ensayo de biodegradación se observa que la película plastificada elaborada con 5 mL de ácido acético alcanzó un mayor porcentaje de pérdida de peso de 83,18 %; esta misma película plastificada alcanzo un máximo porcentaje de pérdida de peso de 92,12 % a los 20 días de ensayo de biodegradación.

Para observar que película plastificada alcanzó un mayor porcentaje de perdida de peso durante el ensayo de biodegradación se realizó una gráfica de barras.



Fuente: Elaboración propia

Figura 9. Gráfica del porcentaje de pérdida de peso en las películas plastificadas sometidas al ensayo de biodegradación durante 20 días

En la **Figura 9** se observa que al utilizar 10 mL de glicerina el mayor porcentaje de pérdida de peso alcanzada fue de 80,46 % cuando la dosis de ácido acético fue de 3 mL, notando que al incrementar la dosis de ácido acético el porcentaje de pérdida de peso disminuyó hasta 72,54 %, al utilizar 5 mL de glicerina, se observa que el mayor porcentaje de pérdida de peso fue de 75,75 % cuando se aplicó 5 mL de ácido acético, mientras que al aplicar una dosis de 3 mL de ácido acético el porcentaje de pérdida de peso fue de 67,99 %.

4.6. Análisis estadístico

Para determinar el efecto de la dosis de glicerina y de ácido acético en el porcentaje de pérdida de peso durante el ensayo de biodegradabilidad durante 20 días, se realizó un análisis de varianza con los porcentajes de pérdida de peso registrados en el día 20 del ensayo de biodegradabilidad presentados en la **Tabla 9**.

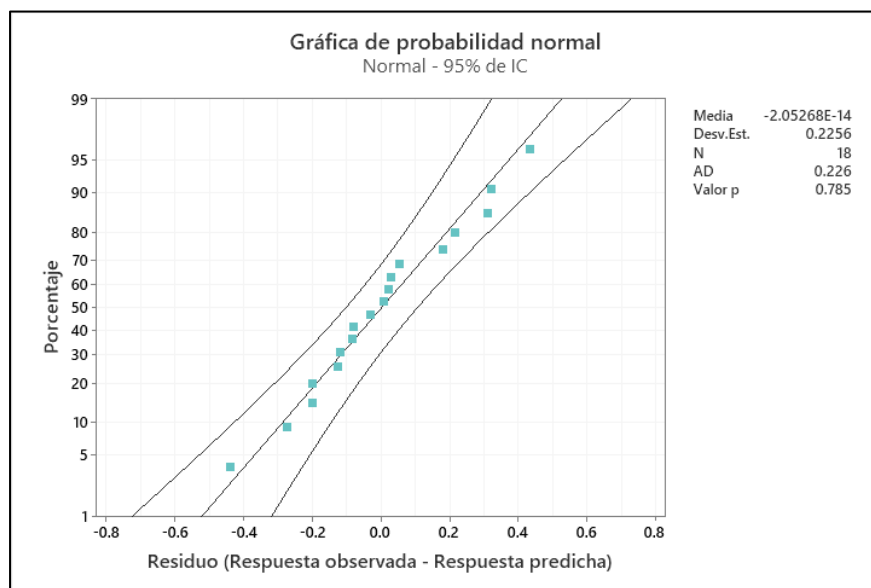
Para iniciar el análisis estadístico en primer lugar se realizó una prueba de normalidad que es un análisis gráfico para si los datos siguen una distribución en específico y que se resuelve con la aceptación o rechazó de las siguientes hipótesis.

H0: Los datos provienen de una distribución normal

H1: Los datos no provienen de una distribución normal

Todos los análisis estadísticos se realizaron con un 95 % de confianza siendo por ende 5 % el nivel de significancia ($\alpha = 0,05$), considerando que si el valor de p es mayor al nivel de significancia se acepta la hipótesis nula caso contrario se acepta la hipótesis alterna.

La grafica de probabilidad hallada mediante el software estadístico Minitab se muestra en la **Figura 10**.



Fuente: Elaboración propia

Figura 10. Gráfica de probabilidad normal

En la **Figura 10** se observa que los residuos se distribuyen alrededor de la línea de distribución normal ajustada sin salir del espacio delimitado por las líneas de distribución ajustada, esta distribución corresponde a una distribución normal, respaldada por el valor de p que al ser de 0,785; valor mayor al nivel de significancia

(0,785 > 0,05) se acepta la hipótesis nula que afirma que los datos provienen de una distribución normal.

Después del análisis de normalidad se realizó el análisis de varianza presentando los resultados obtenidos en la **Tabla 11**.

Tabla 11. Análisis de varianza para los porcentajes de pérdida de peso de las películas plastificadas

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	10	304,097	43,442	501,92	0,000
Bloques	2	0,084	0,042	0,49	0,629
Lineal	4	181,534	60,511	699,12	0,000
Ácido acético	2	64,407	32,204	372,07	0,000
Glicerina	2	117,127	117,127	1353,23	0,000
Interacciones de 2 términos	4	122,479	61,239	707,53	0,000
Ácido acético*Glicerina	4	122,479	61,239	707,53	0,000
Error	16	0,866	0,087		
Total	26	304,963			

Fuente: Elaboración propia

En la **Tabla 11** se observa que el valor de p para los bloques es mayor al nivel de significancia ($0,629 > 0,05$) por ende se infiere que los bloques no presentaron diferencias significativas es decir los resultados obtenidos en las tres réplicas a las mismas condiciones presentaron varianzas mínimas. El valor de p para la dosis de ácido acético es menor al nivel de significancia ($0,000 < 0,05$) al igual que el valor de p de la glicerina ($0,000 < 0,05$) lo que demuestra que tanto la dosis de glicerina y ácido acético influyeron en el porcentaje de pérdida de peso de las películas plastificadas durante el ensayo de biodegradabilidad.

4.6.1. Contrastación de la primera hipótesis específica

La primera hipótesis específica es:

H0: Con la mayor dosis del plastificante se logra obtener mejor película plastificada de almidón de papa.

H1: Con la menor dosis del plastificante se logra obtener mejor película plastificada de almidón de papa.

El análisis de la primera hipótesis se realizó tomando en cuenta el porcentaje de pérdida de pesos en el ensayo de biodegradación.

Para aceptar o rechaza la hipótesis alterna propuestas en la investigación se realizó el estadístico de comparaciones múltiples de Tukey, presentando los resultados en la **Tabla 12**.

Tabla 12. Análisis de los niveles de dosis de plastificante con el método de Tukey

Glicerina (mL)	N	Media de porcentaje de pérdida de peso (%)	Agrupación
10	9	76,6114	A
5	9	71,5097	B

Fuente: Elaboración propia

En la **Tabla 12** se observa que los dos niveles de la dosis de plastificante presentan diferencias estadísticamente diferentes entre sí (diferentes letras de agrupación), observando que un mayor porcentaje de pérdida de peso en el ensayo de biodegradación se logró cuando las películas plastificadas presentaron 10 mL de glicerina.

Según los resultados presentados en la **Tabla 12** se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna que afirma que con la mayor dosis del plastificante se logra obtener mejor película plastificada de almidón de papa.

4.6.2. Contrastación de la segunda hipótesis específica

La segunda hipótesis específica es:

H0: Con una mayor dosis de ácido acético se logra obtener mejor película plastificada de almidón de papa.

H1: Con la menor dosis de ácido acético se logra obtener mejor película plastificada de almidón de papa.

El análisis de la segunda hipótesis se realizó tomando en cuenta el porcentaje de pérdida de pesos en el ensayo de biodegradación.

Al igual que en el análisis anterior para aceptar o rechaza la hipótesis alterna propuestas en la investigación se realizó el estadístico de comparaciones múltiples de Tukey, presentando los resultados en la **Tabla 13**.

Tabla 13. Análisis de los niveles de dosis de ácido acético con el método de Tukey

Ácido acético (mL)	N	Media de porcentaje de pérdida de peso (%)	Agrupación	
5	9	76,2903	A	
3	9	74,2256	A	B
10	9	71,6657	B	

Fuente: Elaboración propia

En la **Tabla 13** se observa que los porcentajes de pérdida de peso de las películas plastificadas obtenidos al aplicar 3 mL y 5 mL de ácido acético no presentaron diferencias estadísticamente significativas (misma letra de agrupación), del mismo modo las películas plastificadas obtenidas al aplicar 3 mL y 10 mL de ácido acético no presentaron diferencias estadísticamente significativas; sin embargo, al comparar los porcentajes de pérdida de peso de las películas plastificadas obtenidos al aplicar 5 mL y 10 mL de ácido acético se observa que si existió diferencias estadísticamente significativas (diferentes letras de agrupación). Además, se observa que el mayor porcentaje de pérdida de pesos en las películas plastificadas se logró cuando se aplico una dosis de ácido acético de 5 mL.

Según los resultados presentados en la **Tabla 13** se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula que afirma que con una mayor dosis de ácido acético se logra obtener mejor película plastificada de almidón de papa.

4.6.3. Contrastación de la tercera hipótesis específica

H0: El porcentaje de biodegradabilidad que presentan las películas plastificadas de almidón de papa es menor o igual al 60 %.

H1: El porcentaje de biodegradabilidad que presentan las películas plastificadas de almidón de papa es mayor al 60 %.

Para aceptar o rechazar la tercera hipótesis específica se realizó una prueba de t de Student, donde se comparó los porcentajes de pérdida de peso de las películas plastificadas con 60 %.

Tabla 14. Prueba de t de Student para la tercera hipótesis específica

	Media de porcentaje N de pérdida de pesos (%)	Desv. Est.	Error estándar de la media	Límite inferior de 95 % para μ	Valor de T	Valor p
18	74,061	4,235	0,998	72,324	73,59	0,000

Fuente: Elaboración propia

En la **Tabla 14** se observa que el valor de p para la media de los porcentajes de pérdida de pesos de las películas plastificadas es menor al nivel de significancia ($0,000 < 0,05$) por ende se acepta la hipótesis alterna que afirma que el porcentaje de biodegradabilidad que presentan las películas plastificadas de almidón de papa es mayor al 60 %.

V. DISCUSIÓN

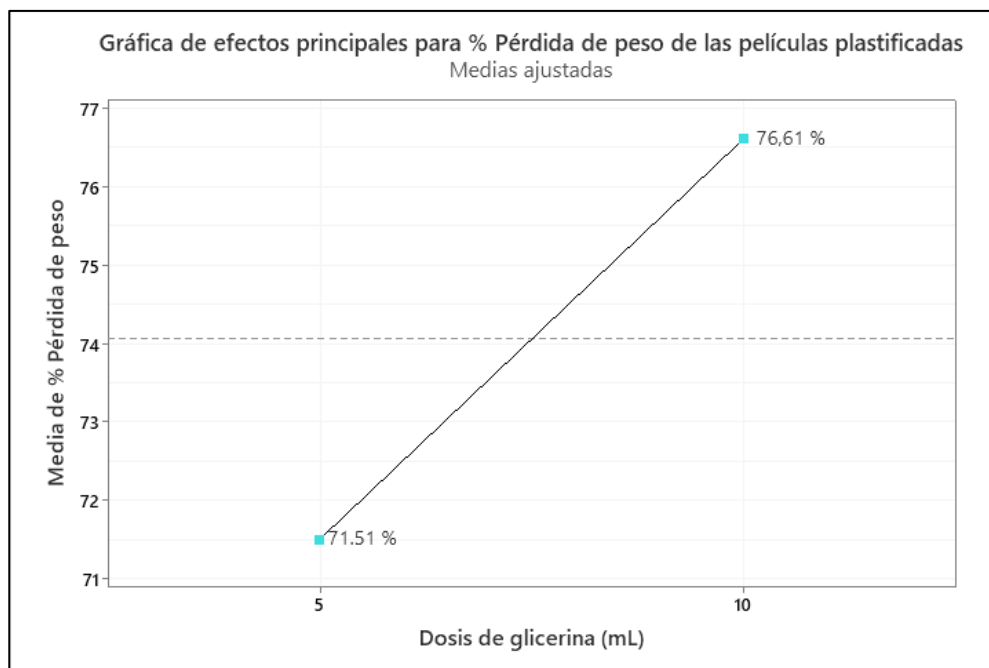
5.1. Películas plastificadas de almidón de papa con diferentes dosis de plastificante.

La elaboración de las películas plastificadas a partir del almidón de papa y glicerina, se da inicialmente por la polimerización entre los micrones de almidón y glicerina, agregándolo el tratamiento térmico, la interacción continúa hasta la formación del enlace glicerina-almidón (Nandiyanto et al. 2020).

En la **Tabla 6** se observa que cuanto más glicerina se aplica en la elaboración de películas plastificadas, el peso de dichas películas fue menor, esto se debe a que el papel insignificante del glicerol en la ruptura de la unión intermolecular entre las cadenas de polímero reorganizaría la estructura del polímero en una disposición más

comprimida con un volumen reducido (Razavi, Mohammad Amini y Zahedi 2016).

Para determinar el efecto del plastificante en la elaboración de películas plastificadas se elaboro una gráfica de efectos principales en la **Figura 11**.



Fuente: Elaboración propia

Figura 11. Gráfica de efectos de la dosis de plastificante en la elaboración de películas plastificadas

En la grafica de efectos del plastificante presentado en la **Figura 11** se construyó en base a los resultados obtenidos en el ensayo de biodegradación, relacionándolo con el porcentaje de pérdida de peso, se observa que las películas plastificadas que presentaron un mayor porcentaje de pérdida de peso de 76,61 % en el ensayo de biodegradación fueron los que contenían una dosis de 10 mL de plastificante (glicerina) el porcentaje de pérdida de peso de la película plastificada disminuyó hasta 71,51 % cuando se utilizó una dosis de glicerina de 5 mL.

Resultados parecidos se encuentran en la investigación de Dawam Abdullah y Sri Pudjiraharti (2019) quienes elaboraron bioplásticos con una proporción de almidón: glicerina de 2,5: 1 y 2,75: 1 mostraron una

degradación de casi una cuarta parte. Por otro lado, la proporción de almidón: glicerina de 3: 1 mostró una degradación media. La degradación fue más perceptible a la alta relación almidón: glicerol.

En la investigación de Charro Espinosa (2015) quienes elaboraron almidón a partir de almidón de papa, observaron que a 20 días de biodegradación aeróbica la aplicación de una proporción de glicerina de 3 % generó un porcentaje de pérdida de peso de 67,19 % mientras que al aplicar una dosis de glicerina de 6 % el porcentaje de pérdida de peso se incrementó hasta 81,60 %. Además, en la investigación de Vicente Flores (2018) quienes elaboraron bioplástico a partir de cáscara de plátanos utilizando 5 mL y 10 mL de glicerina, los bioplásticos elaborados con 5 mL de glicerina presentaron una media de biodegradabilidad de 85,14 % mientras que al utilizar 10 mL de glicerina el investigador observó una mayor media de biodegradación de 90,15 %.

Tal como en las investigaciones mencionadas en la presente investigación la pérdida de peso en los ensayos de biodegradación ocurrió de manera efectiva al utilizar mayor cantidad de glicerina ya que el elevado número de fuentes de carbono aumentaría la tasa de biodegradación debido al aumento de la hidrólisis de la escisión aleatoria de la cadena de polímeros, lo que provocó una rápida reducción del peso molecular. Las moléculas resultantes más pequeñas serían más susceptibles al ataque enzimático, lo que resultaría en una degradación más rápida.

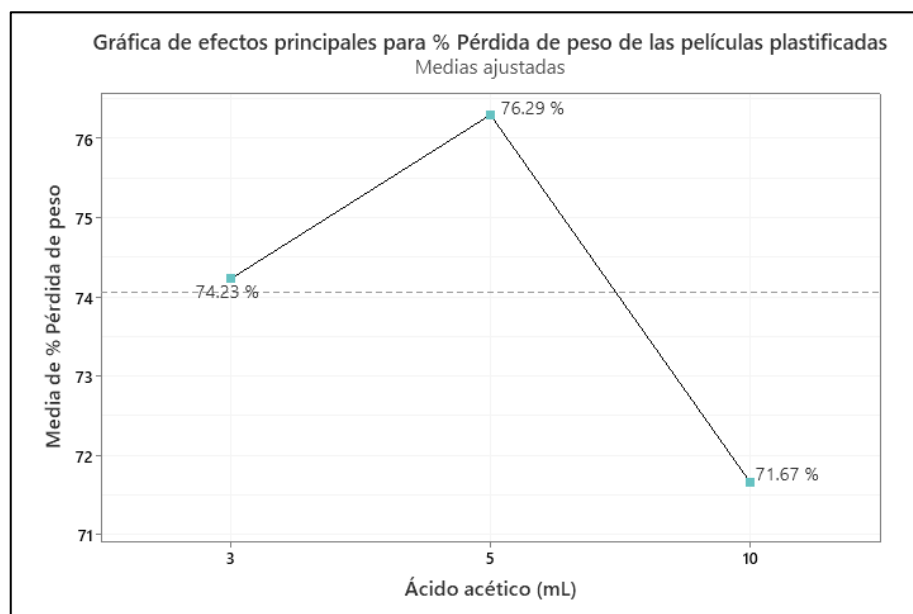
En la investigación de Shafqat et al. (2021) produjeron bioplástico de cáscara de plátano con 2,5 mL y 5 mL de glicerina, observando que al aplicar 2,5 mL de glicerina el porcentaje de biodegradación solo fue de 69,96 %, valor que se incrementó hasta 81,41 % cuando se aplicó 5 mL de plastificante. La adición de plastificante que mejora la biodegradación de las muestras puede atribuirse a una mejor capacidad de absorción de agua de las muestras debido a la afinidad del plastificantes (glicerol) hacia el agua.

Por lo tanto, una dosis más alta de glicerina en los bioplásticos provoca que estos absorban grandes cantidades de agua, gracias a sus propiedades hidrofílicas que aceleran la tasa de absorción de agua, lo que facilita que las bacterias descompongan aún más las muestras de plástico, incrementando el porcentaje de pérdida de peso en el ensayo de biodegradabilidad (Syaubari, Safwani y Riza 2018).

5.2. Películas plastificadas de almidón de papa con diferentes dosis de ácido acético

El ácido acético tiene el papel de catalizador generando que el almidón y la glicerina interactúen más rápido hasta la formación del enlace glicerol-almidón (liberando el grupo OH) (Nandiyanto et al. 2020).

En la **Tabla 6** se observa que al incrementar la dosis de ácido acético de 3 mL a 10 mL el peso del bioplástico disminuye, esto se debe a que, con 3 mL de ácido acético, se aumentará la interacción física que permite la formación de enlaces de hidrógeno en más cadenas de almidón, sin embargo al incrementar la dosis, el ácido acético aflojará los enlaces entre las moléculas de la película, reduciendo la rigidez de su estructura reduciendo su peso (Nasution et al. 2018).



Fuente: Elaboración propia

Figura 12. Gráfica de efectos de la dosis de plastificante en la elaboración de películas plastificadas

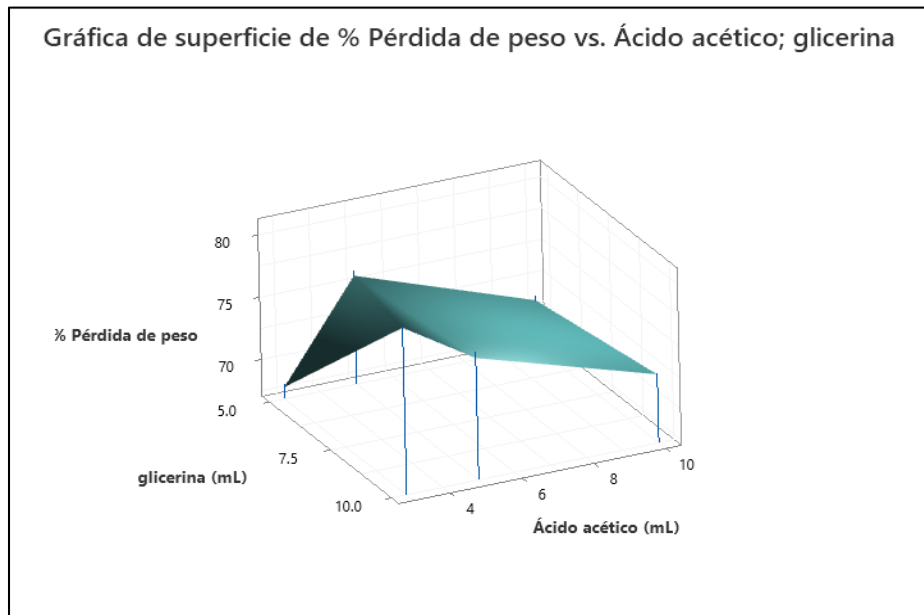
En la **Figura 12** se observa que, al utilizar 3 mL de ácido acético en la elaboración de películas plastificadas, estas alcanzaron un porcentaje de pérdida de peso de 74,23 % en el ensayo de biodegradación, sin embargo, este porcentaje de pérdida de peso se incrementa hasta 76,29 % en las películas plastificadas elaboradas con 5 mL de ácido acético; finalmente, este porcentaje de pérdida de peso cae hasta 71,67 % en las películas plastificadas elaboradas con 10 mL de ácido acético.

El comportamiento del porcentaje de pérdida de peso en función a la dosis de ácido acético se observó también en la investigación de Vicente Flores (2018) quienes produjeron bioplásticos con cáscara de plátanos y 5 mL de ácido acético, mismos que presentaron una biodegradabilidad de 86,46 %, este porcentaje se incrementó hasta 91,91 % al utilizar 10 mL de ácido acético, sin embargo al incrementar la dosis de ácido acético hasta 12 mL el porcentaje de biodegradabilidad de bioplástico disminuyó hasta 83,54 %.

En la investigación de Nurhajati, Pidhatika y Harjanto (2019) los plásticos biodegradables que contenían ácido acético presentaron baja biodegradabilidad a comparación de los plásticos que no lo contenían.

En la **Figura 12** se observa que al incrementar la dosis de ácido acético de 3 mL a 5 mL el porcentaje de pérdida de peso se incrementa, esto puede ser causado por que el papel del ácido acético es el agente hidrolizante de las cadenas de polisacáridos lo que favorece a la biodegradabilidad según Nurhajati, Pidhatika y Harjanto (2019), sin embargo, se observa que al incrementar la dosis de ácido acético de 5 mL a 10 mL el porcentaje de pérdida de peso disminuye, esto puede deberse a la actividad antimicrobiana del ácido acético, por lo que inhibe el crecimiento microbiano presente en el compost, inhibiendo de esta manera la biodegradación (Al-Rousan et al. 2018).

5.3. Biodegradabilidad de las películas plastificadas de almidón de papa



Fuente: Elaboración propia

Figura 13. Gráfica de superficie para la biodegradabilidad de las películas plastificadas de almidón de papa

En la **Figura 13** se observa que al utilizar 5 mL de glicerina y 3 mL de ácido acético, el porcentaje de pérdida de peso en el ensayo de biodegradación fue próximo a 50 %, mismo que se incrementó hasta 75 % cuando se utilizó 5 mL de ácido acético, sin embargo, este porcentaje de pérdida de peso disminuyó hasta 70 % cuando se incrementó la dosis de ácido acético hasta 10 mL, resultados próximos se obtiene en la investigación de Kasmuri y Zait (2018) quienes obtuvieron un porcentaje de biodegradación de 86,49 % de los bioplásticos de almidón de papa con 5 mL de glicerina y de ácido acético. En la **Figura 13** también se observa que al utilizar 10 mL de glicerina con una dosis de 3 mL de ácido acético el porcentaje de pérdida de peso fue mayor a un 75 %, valor que disminuyó cuando se incrementó la dosis de ácido acético. Resultados similares se encontraron en la investigación Bezirhan Arikan y Duygu Bilgen (2019) quienes alcanzaron un porcentaje de pérdida de peso de 71 % del

bioplástico de cáscara de papa elaborado con 16,2 mL de vinagre y 10,8 mL de glicerina.

En la investigación de Ahimbisibwe et al. (2019) se observa que los bioplásticos elaborados con 15 mL de ácido acético y 10 mL de glicerina presentaron una pérdida de peso de 8,03 g a 5,34 g después de 5 semana del ensayo de biodegradación, indicando un porcentaje de pérdida de peso de 33,50 %. Asimismo, en la investigación de Lestari et al. (2020) alcanzaron una porcentaje de biodegradabilidad próximo a 70 % al aplicar como plastificante la glicerina y como catalizador el ácido acético. Por último, Sari et al. (2019) en su investigación obtuvieron bioplásticos a partir de almidón de tubérculo, glicerol y ácido acético el mismo que presentó un porcentaje de biodegradación del 90 %.

VI. CONCLUSIONES

- Se evaluó la biodegradabilidad de las películas plastificadas elaboradas a partir de almidón de papa a diferentes dosis de plastificante y ácido acético, observándose que el mayor porcentaje de pérdida de peso alcanzado fue de 86,49 % en las películas plastificadas elaboradas con 10 mL de glicerina y 3 mL de ácido acético, mientras que el menor porcentaje de pérdida de peso fue de 50,0 % en las películas plastificadas elaboradas con 5 mL de glicerina y 3 mL de ácido acético.
- Se elaboraron películas plastificadas de almidón de papa a dosis de plastificante de 5 mL y 10 mL mismos que presentaron pesos de 5,80 g y 3,61 g, además de grosor de 0,3 mm y 0,2 mm respectivamente, durante el ensayo de biodegradabilidad, el porcentaje de pérdida de peso de las películas plastificadas elaboradas con 5 mL de plastificante fue de 71,51 % mientras que las películas plastificadas elaboradas con 10 mL de plastificante alcanzaron un porcentaje de pérdida de peso de 76,61 %.
- Se elaboraron películas plastificadas de almidón de papa a dosis de ácido acético de 3 mL, 5 mL y 10 mL, mismos que presentaron pesos de 3,61 g, 5,34 g y 3,18 g respectivamente, el grosor que presentaron fue de 0,2 mm, 0,34 mm y 0,12 mm respectivamente, durante el ensayo de biodegradabilidad, las películas plastificadas elaboradas con 3 mL de ácido acético presentaron un porcentaje de pérdida de peso de 74,23 % mientras que las películas plastificadas elaboradas con 5 mL de ácido acético presentaron un porcentaje de pérdida de peso de 76,29 %, valor que disminuyó hasta 71,67 % en las películas plastificadas elaboradas con 10 mL de ácido acético.
- Se halló la biodegradabilidad de las películas plastificadas obtenidas de almidón de papa observándose que la película plastificada elaborada con 5 mL de glicerina y 3 mL de ácido acético presentó un porcentaje de pérdida de peso de 67,99 %, la película plastificada elaborada con 5 mL de glicerina y 5 mL de ácido acético presentó un porcentaje de pérdida de peso de 75,75 %, la película plastificada elaborada con 5 mL de glicerina y 10 mL de ácido acético presentó un

porcentaje de pérdida de peso de 70,79 %, la película plastificada elaborada con 10 mL de glicerina y 3 mL de ácido acético presento un porcentaje de pérdida de peso de 80,46 %, la película plastificada elaborada con 10 mL de glicerina y 5 mL de ácido acético presento un porcentaje de pérdida de peso de 76,83 % y finalmente la película plastificada elaborada con 10 mL de glicerina y 10 mL de ácido acético presento un porcentaje de pérdida de peso de 72,54 %.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda estudiar el efecto de otros plastificantes como el sorbitol, muy utilizado para la elaboración de bioplásticos.
- Los ensayos de biodegradabilidad pueden desarrollarse en ambientes aeróbicos y anaeróbicos, para futuras investigaciones se recomienda evaluar en qué condiciones la degradación de las películas plastificadas es más rápida y efectiva.
- Estudiar el efecto de las condiciones climáticas que alterarían la biodegradación de las películas plastificadas al estar expuestas en el ambiente.
- Evaluar el efecto del almidón de diferentes residuos agrícolas en la elaboración de películas plastificadas.

REFERENCIAS

- AHIMBISIBWE, M., BANADDA, N., SEAY, J., NABUUMA, B., ATWIJUKIRE, E., WEMBABAZI, E. y NUWAMANYA, E., 2019. Influence of Weather and Purity of Plasticizer on Degradation of Cassava Starch Bioplastics in Natural Environmental Conditions. *Journal of Agricultural Chemistry and Environment*, vol. 08, no. 04, pp. 237-250. ISSN 2325-7458. DOI 10.4236/jacen.2019.84018.
- AL-ROUSAN, W.M., OLAIMAT, A.N., OSAILI, T.M., AL-NABULSI, A.A., AJO, R.Y. y HOLLEY, R.A., 2018. Use of acetic and citric acids to inhibit *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella Typhimurium* and *Staphylococcus aureus* in tabbouleh salad. *Food Microbiology*, vol. 73, pp. 61-66. ISSN 10959998. DOI 10.1016/j.fm.2018.01.001.
- ALANIA, Y. y PÉREZ, S., 2017. *Efecto de la temperatura en el crecimiento de dos cepas ATCC de Pseudomonas sp. expuestas a polipropileno*. S.l.: s.n.
- ASHTER, S.A., 2016. New Developments in Bioplastics Engineering. *Introduction to Bioplastics Engineering* [en línea], pp. 251-274. DOI 10.1016/B978-0-323-39396-6.00010-5. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780323393966000105>.
- ASIANOV, Y., 2019. Optimum Volume Ratio of Sorbitol and Glycerol As Plasticizer on Bioplastic From Tapioca Starch. ,
- BELLO PEREZ, L.A. y AGAMA-ACEVEDO, E., 2017. *Starch* [en línea]. S.l.: Elsevier Inc. ISBN 9780128122570. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-809439-6.00001-7>.
- BEZIRHAN ARIKAN, E. y DUYGU BILGEN, H., 2019. Production of bioplastic from potato peel waste and investigation of its biodegradability. *International Advanced Researches and Engineering Journal*, vol. 03, no. 02, pp. 93-97. DOI 10.35860/iarej.420633.
- CHARRO ESPINOSA, M.M., 2015. Obtención de plástico biodegradable a partir de almidón de patata. , pp. 2-4.

- CORREO, 2019. Basura: un problema que huele mal en Huancayo. [en línea]. Huancayo, 2019. Disponible en: <https://diariocorreo.pe/edicion/huancayo/basura-un-problema-que-huele-mal-en-huancayo-867858/?ref=dcr>.
- CORTÉS CORTÉS, M.E. y IGLESIAS LEÓN, M., 2004. *Diseño y Desarrollo del Proceso de Investigación* [en línea]. Primera. Mexico: s.n. Disponible en: http://www.unacar.mx/contenido/gaceta/ediciones/metodologia_investigacion.pdf.
- DAWAM ABDULLAH, A.H. y SRI PUDJIRAHARTI, M.K., 2019. Fabrication and Characterization of Sweet Potato Starch-based Bioplastics Plasticized with Glycerol. *Journal of Biological Sciences*, vol. 19, no. 1, pp. 57-64. ISSN 17273048. DOI 10.3923/jbs.2019.57.64.
- ECOEMBES, 2019. Impacto del abandono del plástico en la naturaleza. , pp. 24.
- ESPINA, M., CRUZ, J.P. y SICHE, R., 2016. Mechanical properties of trays based on starch of native plant species and fiber of agroindustrial wastes. *Scientia Agropecuaria*, vol. 07, no. 02, pp. 133-143. ISSN 20779917. DOI 10.17268/sci.agropecu.2016.02.06.
- FOROUGHI-DAHR, M., MOSTOUFI, N., SOTUDEH-GHAREBAGH, R. y CHAOUKI, J., 2017. *Particle Coating in Fluidized Beds* [en línea]. S.I.: Elsevier Inc. ISBN 9780124095472. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-409547-2.12206-1>.
- HAIDER, T.P., VÖLKER, C., KRAMM, J., LANDFESTER, K. y WURM, F.R., 2019. Plastics of the Future? The Impact of Biodegradable Polymers on the Environment and on Society. *Angewandte Chemie - International Edition*, vol. 58, no. 1, pp. 50-62. ISSN 15213773. DOI 10.1002/anie.201805766.
- HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, P., 2014. *Metodología de la investigación*. sexta. Mexico: s.n. ISBN 9781456223960.
- JAIN, A., TRIPATHI, M., PRAJAPATI, S.K. y RAICHUR, A.M., 2021. Biopolymer Matrix Composite for Drug Delivery Applications in Cancer. *Reference Module in Materials Science and Materials Engineering* [en línea], Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128197240000288>.

- KASMURI, N. y ZAIT, M.S.A., 2018. Enhancement of bio-plastic using eggshells and chitosan on potato starch based. *International Journal of Engineering and Technology(UAE)*, vol. 7, no. 3, pp. 110-115. ISSN 2227524X. DOI 10.14419/ijet.v7i3.32.18408.
- KULKARNI, V.S. y SHAW, C., 2016. Use of Polymers and Thickeners in Semisolid and Liquid Formulations. *Essential Chemistry for Formulators of Semisolid and Liquid Dosages*, pp. 43-69. DOI 10.1016/b978-0-12-801024-2.00005-4.
- LABEAGA VITERI, A., 2018. Polímeros biodegradables, importancia y potenciales aplicaciones. ,
- LESTARI, R.A.S., KASMIYATUN, M., DERMAWAN, K., AINI, A.N., RIYATI, N. y PUTRI, F.R., 2020. Bioplastic from Jackfruit Seeds and Rice. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 835, no. 1. ISSN 1757899X. DOI 10.1088/1757-899X/835/1/012035.
- MARTINEZ BEJARANO, N.L., 2018. Estudio De Las Propiedades Mecanicas De Un Biopolimero a Partir Del Contenido De Almidon De Cascara De Platano. , pp. 102.
- MEZA, P., QUIPUZCO, L. y MEZA, V., 2019. Elaboración de bioplásticos y determinación de su biodegradabilidad - Proyecto de laboratorio Elaboration. *Rev. del Instituto de Investigación FIGMMG-UNMSM* [en línea], vol. 22, pp. 67-80. Disponible en: file:///C:/Users/user/Downloads/16691-Texto del artículo-58242-1-10-20190911 (3).pdf.
- MINAM, 2018. *Decreto Supremo que aprueba la reducción del plástico de un solo uso y promueve el consumo responsable del plástico en las entidades del Poder Ejecutivo*. 2018. S.l.: s.n.
- NANDIYANTO, A.B.D., FIANDINI, M., RAGADHITA, R., SUKMAFITRI, A., SALAM, H. y TRIAWAN, F., 2020. Mechanical and biodegradation properties of cornstarch-based bioplastic material. *Materials Physics and Mechanics*, vol. 44, no. 3, pp. 380-391. ISSN 16058119. DOI 10.18720/MPM.4432020_9.

- NASUTION, H., HARAHAHAP, H., AL FATH, M.T. y AFANDY, Y., 2018. Physical properties of sago starch biocomposite filled with Nanocrystalline Cellulose (NCC) from rattan biomass: The effect of filler loading and co-plasticizer addition. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 309, no. 1. ISSN 1757899X. DOI 10.1088/1757-899X/309/1/012033.
- NURHAJATI, D.W., PIDHATIKA, B. y HARJANTO, S., 2019. Biodegradable plastics from linier low-density polyethylene and polysaccharide: The influence of polysaccharide and acetic acid. *Majalah Kulit, Karet, dan Plastik*, vol. 35, no. 1, pp. 33. ISSN 1829-6971. DOI 10.20543/mkkp.v35i1.4874.
- PATIL, V., SIDDAPPA, S., KAWAR, P. y BHARDWAJ, V., 2016. Biology of *Solanum tuberosum* (Potato), Series of Crop Specific Biology Document. , no. December.
- PATRUT, C., UDREA, E.C. y BILDEA, C.S., 2019. *Application of cyclic operation to acetic / water separation* [en línea]. S.l.: Elsevier Masson SAS. ISBN 9780128186343. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818634-3.50226-5>.
- RAZAVI, S.M.A., MOHAMMAD AMINI, A. y ZAHEDI, Y., 2016. Characterisation of a new biodegradable edible film based on sage seed gum: Influence of plasticiser type and concentration. *Food Hydrocolloids* [en línea], vol. 43, pp. 290-298. ISSN 0268005X. DOI 10.1016/j.foodhyd.2014.05.028. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.05.028>.
- RODRÍGUEZ ALFARO, C.H., 2013. Metodología de Investigación Científica Aplicado a la Ingeniería. *Instituto De Investigación De La Facultad De Ingeniería Eléctrica Y Electrónica* [en línea], vol. 53, no. 9, pp. 1689-1699. ISSN 1098-6596. DOI 10.1017/CBO9781107415324.004. Disponible en: http://www.unac.edu.pe/documentos/organizacion/vri/cdcitra/Informes_Finales_Investigacion/IF_ABRIL_2012/IF_ALFARO RODRIGUEZ_FIEE.pdf.
- SANCA TINTA, M.D., 2011. Tipos de investigación científica. , pp. 621-624.
- SARI, L., SEDYADI, E., NUGRAHA, I. y KRISDIYANTO, D., 2019. The Effect of Stocking Temperature on Biodegradable Plastic Characteristics of Suweg Tuber (*Amorphophallus campanulatus*) with Addition of Glycerol and CMC

(Carboxy Methyl Cellulose). *Proceeding International Conference on Science and Engineering*, vol. 2, pp. 207-212. ISSN 2597-5250. DOI 10.14421/icse.v2.87.

SHAFQAT, A., AL-ZAQRI, N., TAHIR, A. y ALSALME, A., 2021. Synthesis and characterization of starch based bioplastics using varying plant-based ingredients, plasticizers and natural fillers. *Saudi Journal of Biological Sciences* [en línea], vol. 28, no. 3, pp. 1739-1749. ISSN 1319562X. DOI 10.1016/j.sjbs.2020.12.015. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.12.015>.

SOFIAH, YUNIAR, AZNURY, M. y MELIANTI, 2019. Mechanical Properties of Bioplastics Product from *Musa Paradisica* Formatypica Concentrate with Plasticizer Variables. *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1167, no. 1. ISSN 17426596. DOI 10.1088/1742-6596/1167/1/012048.

SYAUBARI, SAFWANI, S. y RIZA, M., 2018. Synthesis of biodegradable plastic from tapioca with N-Isopropylacrylamid and chitosan using glycerol as plasticizer. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 345, no. 1. ISSN 1757899X. DOI 10.1088/1757-899X/345/1/012049.

VICENTE FLORES, R., 2018. "Aprovechamiento de la cáscara residual de la *Musa balbisiana* para la obtención de bioplástico en el Mercado APECOLIC - Comas - 2018". *Universidad César Vallejo*,

WANG, S. y COPELAND, L., 2015. Effect of Acid Hydrolysis on Starch Structure and Functionality: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, vol. 55, no. 8, pp. 1081-1097. ISSN 15497852. DOI 10.1080/10408398.2012.684551.

ZÚÑIGA, T. y NASVITH, Y., 2019. Educación ambiental y la reducción del uso de bolsas plásticas en la institución educativa Coronel Pedro Portillo Silva de Huaura. , pp. 97.

Anexos ANEXO N° 1. Matriz de operacionalización de variables

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES		DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA/ UNIDAD DE MEDICIÓN
GENERAL	GENERAL	GENERAL	DEPENDIENTE	Biodegradabilidad de los bioplásticos	La biodegradación, es el proceso donde se mineraliza las estructuras orgánicas causadas por microorganismos que, para obtener alimento, producen enzimas que reaccionan con polímeros sintéticos o naturales, alterando la estructura física y química de estos. (Labeaga Viteri 2018)	Degradación de bioplásticos causada por la actividad biológica, más en particular la actividad enzimática, microbiana y fúngica.	Característica de las películas de bioplásticos biodegradados	Peso	g
¿Cuál será el nivel de biodegradación que presentan las películas plastificadas elaborados a partir de almidón de papa a diferentes dosis de plastificante y ácido acético?	Evaluar la biodegradabilidad de películas plastificadas elaborados a partir de almidón de papa a diferentes dosis del plastificante y ácido acético	las películas plastificadas elaborados a partir de almidón de papa a diferentes dosis de plastificante y ácido acético presentan un alto nivel de biodegradación						Grosor	mm
								Aspectos visuales	
ESPECÍFICOS	ESPECÍFICOS	ESPECÍFICOS	INDEPENDIENTE	Dosis de plastificante	Los plastificantes son sustancias de bajo peso molecular que se agregan a una solución de polímero para promover su plasticidad y flexibilidad. Se supone que la función del plastificante es que sus moléculas están incrustadas entre las cadenas de polímeros individuales y desintegran	Cantidad de material que se incorpora para facilitar el proceso de flexibilidad.	Dosis de glicerina	volumen	mL
¿Qué dosis del plastificante permitirá obtener mejor película plastificada de almidón de papa?	Elaborar películas plastificadas de almidón de papa a diferentes dosis del plastificante	Con la menor dosis del plastificante se logró obtener mejor película plastificada						pH de la mezcla	Ácido/base

		de almidón de papa			las interacciones polímero-polímero (Foroughi-Dahr et al. 2017)				
¿Cuál será la dosis de ácido acético que permitirá obtener mejor película plastificada de almidón de papa?	Elaborar películas plastificadas de almidón de papa a diferente dosis de ácido acético	Con la menor dosis de ácido acético se logró obtener mejor película plastificada de almidón de papa						Temperatura de la mezcla	°C
¿Cuál será el porcentaje de biodegradabilidad que presentan las películas plastificadas de almidón de papa?	Determinar la biodegradabilidad de las películas plastificadas de almidón de papa.	El porcentaje de biodegradabilidad que presentan las películas plastificadas de almidón de papa son mayor al 60 %.						Volumen	mL
			Dosis de ácido acético	El ácido acético es una sustancia química importante, producida por la carbonilación del metanol, la oxidación del acetaldehído y la oxidación de fracciones de butano y / o nafta. Todos estos procesos contienen un paso para separar el ácido acético del agua (Patrut, Udrea y Bildea 2019)	Cantidad en mL que ayuda a homogenizar la mezcla del almidón y el agua destilada	Dosis de ácido acético	pH de la mezcla	Ácido/base	

Anexo N° 2. Instrumentos de recolección de datos

1. Control del proceso de obtención de almidón de papa	
TÍTULO	Evaluación de la Biodegradabilidad de Películas Plastificadas Elaborado a partir de Almidón de <i>Solanumtuberosum</i>
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
FACULTAD	Ingeniería y Arquitectura
REALIZADO POR	1. Hormaza Gonzalo, Jose Luis (ORCID 0000-0001-8189-7849) 2. Salazar Segura, Yuliza Rofina (ORCID 0000-0001-9837-1077)
ASESOR	Mgtr. Reyna Mandujano Samuel Carlos (ORCID 0000-0002-0750-2877)

Peso de la merma de papa yungay	Peso de la papa rayada	Volumen de agua de lavado	Tiempo de decantación	Temperatura de horneado	Tiempo de horneado
kg	kg	mL	h	°C	h

2. Control del proceso de elaboración de bioplásticos	
TÍTULO	Evaluación de la Biodegradabilidad de Películas Plastificadas Elaborado a partir de Almidón de <i>Solanumtuberosum</i>
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
FACULTAD	Ingeniería y Arquitectura
REALIZADO POR	3. Hormaza Gonzalo, Jose Luis (ORCID 0000-0001-8189-7849) 4. Salazar Segura, Yuliza Rofina (ORCID 0000-0001-9837-1077)
ASESOR	Mgtr. Reyna Mandujano Samuel Carlos (ORCID 0000-0002-0750-2877)

Factores	Unidad	Muestra 1	Muestra 2		
Volumen de ácido acético	mL				
Volumen de glicerina	mL				
Masa de almidón	g				
Volumen de agua	mL				
Temperatura de mezcla	°C				
Velocidad de agitación	rpm				
Tiempo de agitación	min				
Temperatura de secado	°C				
pH de la mezcla					

3. Control del proceso de biodegradabilidad	
TÍTULO	Evaluación de la Biodegradabilidad de Películas Plastificadas Elaborado a partir de Almidón de <i>Solanumtuberosum</i>
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
FACULTAD	Ingeniería y Arquitectura
REALIZADO POR	1. Hormaza Gonzalo, Jose Luis (ORCID 0000-0001-8189-7849) 2. Salazar Segura, Yuliza Rofina (ORCID 0000-0001-9837-1077)
ASESOR	Mgtr. Reyna Mandujano Samuel Carlos (ORCID 0000-0002-0750-2877)

Factor	Unidad	Muestra 1	Muestra 2		
Dimensión del bioplástico	mm				
Peso del bioplástico antes del ensayo	g				
Tiempo de biodegradabilidad	días				
Peso del bioplástico después del ensayo	g				
Aspectos visuales					

Anexo N° 3. Determinación del tamaño de muestra

El muestreo es probabilístico, de tipo aleatorio simple, ya que cada elemento tiene la probabilidad de ser incluido en la muestra, para hallar la muestra con la que se trabajara se utilizara la siguiente formula al 95 % de confianza:

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 \times P \times Q}{\varepsilon^2}$$

Dónde:

n = tamaño de muestra aproximada

Z_{σ} = valores correspondientes al valor de significancia

ε = error de estimación = 2 %

P = Porcentaje de la población que tiene el atributo deseado = 0,5

Q = Porcentaje de la población que no tiene el atributo deseado = 0,5

- Cuando no hay indicación de la población que posee o no el atributo a P y Q se asume que es 50 % para cada uno.

para utilizar la ecuación primero se hallara z_{α} para el nivel de confianza del 95 % con la tabla de distribución normal.

Primero se halla α

$$\alpha = 1 - 95 \%$$

$$\alpha = 0,05$$

Después se halla el valor de la distribución normal

$$V_N = \left(1 - \frac{\alpha}{2}\right)$$

$$V_N = 0,975$$

Luego buscar el valor de la distribución normal en la imagen.

z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06
0.0	.5000	.5040	.5080	.5120	.5160	.5199	.5239
0.1	.5398	.5438	.5478	.5517	.5557	.5596	.5636
0.2	.5793	.5832	.5871	.5910	.5948	.5987	.6026
0.3	.6179	.6217	.6255	.6293	.6331	.6368	.6406
0.4	.6554	.6591	.6628	.6664	.6700	.6736	.6772
0.5	.6915	.6950	.6985	.7019	.7054	.7088	.7123
0.6	.7257	.7291	.7324	.7357	.7389	.7422	.7454
0.7	.7580	.7611	.7642	.7673	.7704	.7734	.7764
0.8	.7881	.7910	.7939	.7967	.7995	.8023	.8051
0.9	.8159	.8186	.8212	.8238	.8264	.8289	.8315
1.0	.8413	.8438	.8461	.8485	.8508	.8531	.8554
1.1	.8643	.8665	.8686	.8708	.8729	.8749	.8770
1.2	.8849	.8869	.8888	.8907	.8925	.8944	.8962
1.3	.9032	.9049	.9066	.9082	.9099	.9115	.9131
1.4	.9192	.9207	.9222	.9236	.9251	.9265	.9279
1.5	.9332	.9345	.9357	.9370	.9382	.9394	.9406
1.6	.9452	.9463	.9474	.9484	.9495	.9505	.9515
1.7	.9554	.9564	.9573	.9582	.9591	.9599	.9608
1.8	.9641	.9649	.9656	.9664	.9671	.9678	.9686
1.9	.9713	.9719	.9726	.9732	.9738	.9744	.9750

Se observa que para 0,975 el valor en la fila es 1,9 y el valor en la columna es 0,06 entonces $z_{\alpha} = 1,96$

Una vez obtenidos los valores se reemplaza en la ecuación de tamaño de muestra

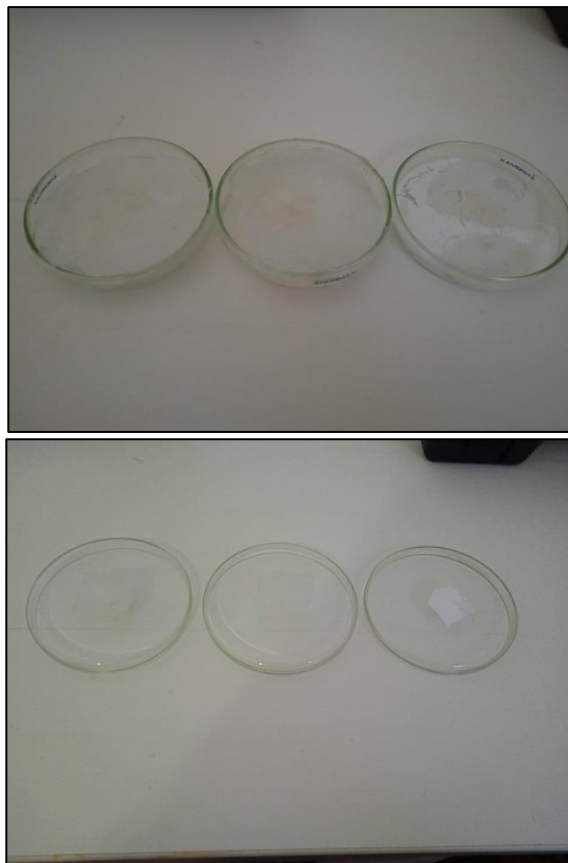
$n =$ se tiene un tamaño de muestra de 24,01 kg redondeando 24 kg.

Anexo N° 4. Registro fotográfico

Anexo N° 4.1: Mezclado del almidón de papa, glicerina y ácido acético en la elaboración de películas plastificadas.



Anexo N° 4.2: Películas plastificadas en cajas Petri para su secado



Anexo N° 4.3: Cortado de las películas plastificadas en las dimensiones de 2,5 cm x 2,5 cm



Anexo N° 4.4: Pesado de las películas plastificadas en las dimensiones de 2,5 cm x 2,5 cm



Anexo N° 4.5: Acondicionamiento del compost y películas plastificadas en el ensayo de biodegradabilidad



Anexo N° 4.6: Monitoreo del ensayo de biodegradabilidad



Anexo N° 4.7: Pesado de las películas plastificadas a 4 días de iniciado el ensayo de biodegradabilidad



Anexo N° 4.8: Películas plastificadas después del ensayo de biodegradación

