

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



TESIS

**“ELABORACIÓN DE ENVASES BIODEGRADABLES A PARTIR DE
TRES FUENTES DE ALMIDÓN, TACNA, 2021”**

PARA OPTAR:

TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL

PRESENTADO POR:

Bach. ANGÉLICA GLORIA ESTEFANY CÁCERES QUISPE

TACNA – PERÚ

2023

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

TESIS

**“ELABORACIÓN DE ENVASES BIODEGRADABLES A PARTIR DE
TRES FUENTES DE ALMIDÓN, TACNA 2021”**

Tesis sustentada y aprobada el 28 de diciembre de 2021; estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTA : MSc. MARISOL MENDOZA AQUINO

SECRETARIA : Ing. CARMEN ROSA ROMÁN ARCE

VOCAL : Dr. RICHARD SABINO LAZO RAMOS

ASESOR : Mtra. CLAUDIA VANESSA CLAVIJO KOC

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, Angélica Gloria Estefany Cáceres Quispe, egresada de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificada con DNI 71396402, así como Claudia Vanessa Clavijo Koc con DNI 40126690; declaramos en calidad de autor y asesor que:


1. Somos autores de la tesis titulada: *“Elaboración de envases biodegradables a partir de tres fuentes de almidón, Tacna, 2021”*, la cual presentamos para optar el Título Profesional de *Ingeniero Ambiental*.
2. La tesis es completamente original y no ha sido objeto de plagio, total ni parcialmente, habiéndose respetado las rigurosamente las normas de citación y referencias para todas las fuentes consultadas.
3. Los datos presentados en los resultados son auténticos y no han sido objeto de manipulación, duplicación ni copia.

En virtud de lo expuesto, asumimos frente a *La Universidad* toda responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos asociados a la obra.

En consecuencia, nos comprometemos ante a *La Universidad* y terceros a asumir cualquier perjuicio que pueda surgir como resultado del incumplimiento de lo aquí declarado, o que pudiera ser atribuido al contenido de la tesis, incluyendo cualquier obligación económica que debería ser satisfecha a favor de terceros debido a acciones legales, reclamos o disputas resultantes del incumplimiento de esta declaración.

En caso de descubrirse fraude, piratería, plagio, falsificación o la existencia de una publicación previa de la obra, aceptamos todas las consecuencias y sanciones que puedan derivarse de nuestras acciones, acatando plenamente la normativa vigente.

Tacna, 28 de diciembre de 2022


Angélica Gloria Estefany Cáceres Quispe
DNI: 71396402


Claudia Vanessa Clavijo Koc
DNI: 40126690

DEDICATORIA

A mi padre que está en el cielo, porque siempre me ha dado apoyo en mi carrera universitaria y por estar para mí cuando lo necesitaba, enseñándome los principales valores de un profesional y la constante superación personal.

A mi mamá que siempre está en las buenas y malas apoyándome impulsándome a seguir adelante dándome su entera confianza, queriendo siempre lo mejor para mí y darme consejos cuando lo necesito.

A mi familia y amigos que me han dado enseñanzas a lo largo de mi vida con el ejemplo.

Angélica Gloria Estefany Cáceres Quispe

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a mi familia, mis padres y hermanos quienes son los que me ayudan dándome consejos y ayudándome cuando hay problemas.

A mi asesora de tesis Bióloga Claudia Clavijo, por brindarme sus valiosos conocimientos, apoyo y orientación para la elaboración de la presente tesis ya que fueron de vital importancia.

A los docentes de la Escuela de Ingeniería Ambiental, por todos los conocimientos impartidos en toda mi época universitaria que fueron de ayuda para mi realización profesional.

Angélica Gloria Estefany Cáceres Quispe

INDICE GENERAL

PÁGINA DE JURADOS.....	iii
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA	2
1.1 Descripción de Problema	3
1.2 Formulación del Problema	2
1.2.1 Problema General	2
1.2.2 Problemas Específicos	2
1.3 Justificación e Importancia.....	2
1.4 Objetivos.....	3
1.4.1 Objetivo General.....	3
1.4.2 Objetivos Específicos.....	3
1.5 Hipótesis	4
1.5.1 Hipótesis General	4
1.5.2 Hipótesis Específicas	4
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	5
2.1 Antecedentes del Estudio	5
2.1.1 Internacional.....	5
2.1.2 Nacional	5
2.2 Bases Teóricas	6
2.2.1 Los Plásticos	6
2.2.2 Los Bioplásticos.....	7
2.2.3 Biodegradación	9
2.2.4 Almidón	9
2.2.5 Fuentes de Almidón	12

2.2.6	Mercado de Bioplásticos	14
2.3	Definición de Términos.....	15
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO		18
3.1	Diseño de la investigación	18
3.2	Acciones y actividades	18
3.3	Materiales y instrumentos	21
3.4	Población y Muestra de Estudio.....	22
3.5	Operacionalización de Variables	22
3.6	Procesamiento y análisis de datos	23
CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....		25
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN		40
CONCLUSIONES.....		43
RECOMENDACIONES		44
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		45
ANEXOS.....		¡Error! Marcador no definido.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tiempo y condiciones de degradación de productos biodegradables	10
Tabla 2. Porcentaje de amilosa y amilopectina	13
Tabla 3. Operacionalización de variables	22
Tabla 4. Formulaciones de almidón a utilizar	25
Tabla 5. Pesado de las cascaras de plátano	25
Tabla 6. Formulaciones de envases de bioplástico	26
Tabla 7. Resultados del pesaje de los envases bioplásticos	27
Tabla 8. Espesor de los envases biodegradables	29
Tabla 9. Tabla ANOVA – Comparación del espesor	29
Tabla 10: Resultados a la prueba de resistencia a la tracción	30
Tabla 11: Tabla ANOVA – Comparación en Resistencia a la Tracción	31
Tabla 12: Resultados de pruebas con penetrómetro	32
Tabla 13: Tabla ANOVA – Comparación de dureza con penetrómetro	32
Tabla 14. Aspectos de los envases bioplásticos	33
Tabla 15. Características del bioplástico expuesto al calor	34
Tabla 16. Materiales para la elaboración de la Formulación 1	36
Tabla 17. Materiales para la elaboración de la Formulación 2	37
Tabla 18. Materiales para la elaboración de la Formulación 3	37
Tabla 19. Materiales para la elaboración de la Formulación 4	38
Tabla 20. Análisis de costos para la elaboración de envases bioplásticos	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación de los bioplásticos	9
Figura 2. Porcentaje de utilización de materias primas para elaborar bioplásticos.	9
Figura 3. Estructura de amilosa y amilopectina	11
Figura 4. Etapas para extraer almidón de la papa	14
Figura 5. Diagrama de flujo de la elaboración de envases bioplásticos	24
Figura 6. Tiempo de gelatinización de cada formulación	24
Figura 7. Tiempo de fabricación de los envases bioplásticos	28
Figura 8. Espesor de las formulaciones	30
Figura 9: Resistencia a la tracción de los envases bioplásticos	31
Figura 10. Presión ejercida a las formulaciones de envases biodegradables	33
Figura 11. Puntuación de las características visuales de los envases bioplásticos	34
Figura 12. Porcentaje de degradación del bioplástico en 30 días	35

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia	49
Anexo 2. Diagrama del proceso de elaboración	50
Anexo 3. Proceso de obtención del almidón de la cascara de plátano	51
Anexo 4. Gelatinización durante la cocción	52
Anexo 5. Moldeo y obtención del material bioplástico	53
Anexo 6. Equipos utilizados para medir características del bioplástico	54
Anexo 7. Prueba de degradación del bioplástico	55

RESUMEN

El presente informe de tesis cuyo título se denomina ““Elaboración de envases biodegradables a partir de tres fuentes de almidón, Tacna, 2021” tiene como objetivo obtener una fórmula para elaborar bioplásticos utilizando almidón proveniente de papa, maíz y plátano. Este último material se obtuvo a partir de residuos que se generan en actividades económicas en mercados de abastos. En la investigación se utilizaron métodos para la extracción del almidón de la cascara de plátano a nivel de laboratorio. Para la elaboración de los envases bioplásticos, se procedió a determinar las proporciones de almidón de cada fuente que se va a utilizar, se realizaron 4 formulaciones de 3 repeticiones. El moldeo fue difícil debido a la falta de un equipo que pueda distribuir la mezcla de manera homogénea. El secado se hizo de manera natural a temperatura ambiente. Se realizó anotaciones de las características físicas de los envases obtenidos como: observación de las características visuales, resistencia a la tracción, permeabilidad, resistencia al fuego y dureza, utilizando en esta última prueba un penetrómetro para medir la dureza de los envases midiendo la presión ejercida. Los resultados mostraron que se pudo obtener bioplásticos de con una biodegradabilidad entre 35 a 45 %, con una buena permeabilidad en el transcurso de 2 horas y buena flexibilidad, 3 muestras de textura áspera con grumos y poco resistentes. La formulación que utiliza almidón de papa y maíz demostró tener mejores características de envase tipo plato.

Palabras clave: Bioplásticos; envases; almidón; papa; maíz; plátano.

ABSTRACT

The present thesis report whose title is called "Manufacture of biodegradable packaging from three sources of starch, Tacna, 2021" aims to obtain a formula to produce bioplastics using starch from potato, corn and banana. This last material was obtained from waste generated in economic activities in food markets. The research used methods for the extraction of starch from banana peel at the laboratory level. For the elaboration of the bioplastic containers, the proportions of starch of each source to be used were determined, 4 formulations of 3 repetitions were made. Molding was difficult due to the lack of equipment that can distribute the mix evenly. Drying was done naturally at ambient temperature. Annotations were made of the physical characteristics of the containers obtained, such as: observation of the visual characteristics, resistance to traction, permeability, resistance to fire and hardness, using in this last test a penetrometer to measure the hardness of the containers by measuring the pressure exerted. The results showed that it was possible to obtain bioplastics with a biodegradability between 35 to 45 %, with good permeability in the course of 2 hours and good flexibility, 3 samples of rough texture with lumps and little resistance. The formulation that uses potato and corn starch proved to have better characteristics of a plate-type container.

Keywords: Bioplastics, packaging, starch, potato, corn, banana.

INTRODUCCIÓN

Los avances tecnológicos han traído progreso a la humanidad, pero también ha traído efectos negativos como daños irreversibles a la naturaleza, afectando flora, fauna y al mismo hombre. Hay bastantes noticias donde muestran los efectos negativos de diversas actividades económicas, ahora con la ayuda de las redes sociales estos problemas pueden ser expuestos para lograr concientizar a la gente y buscar soluciones a estos.

Uno de estos problemas es la acumulación de residuos sólidos, siendo desechado en muchos ecosistemas, compuesto principalmente por plásticos que son materiales que tienen un tiempo de vida prolongado, con una degeneración bastante lenta afectando también a animales como aves y mamíferos de tierra y agua.

La problemática es la elevada producción de plásticos debido a la alta demanda y acumulación de estos productos en el medio ambiente, además el incremento de nuestra exportación agroindustrial genera también miles de toneladas de desechos al año. Por ejemplo, en el Perú la actividad agrícola genera una gran cantidad de residuos, y esto está aumentando, lo que genera que se incremente los residuos, los cuales en su mayoría son quemados, o se arrojan al mar o ríos, lo que genera una gran contaminación al ambiente (Llerena y Monzón, 2017). Las actividades de comercialización de alimentos generan desechos plásticos de un solo uso y como estos son productos que son utilizados por la mayor parte de la población, su cantidad es abundante.

Desarrollar el proyecto tiene una gran importancia para la sociedad, pues presenta una alternativa ecológica en el uso de envases descartables. Es importante el uso adecuado y racional de los envases desechables, por lo que depende de la población mundial crear un lugar donde habiten las nuevas generaciones que sea verde y biodiverso (García et al., 2019).

Es importante buscar alternativas amigables con el ambiente ya que sería de gran ayuda para la ciudad, además promover el manejo de estos materiales para generar empleo en la fabricación de bioplásticos ayudaría a disminuir los problemas que trae la contaminación. Se podría utilizar este tipo de materiales como el almidón así su aplicación podría ser reforzada y más explorada en nuestra ciudad y país.

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Descripción de Problema

El incremento de la preocupación de cada país está haciéndose más notorio debido al incremento de los problemas ambientales que ocurren en sus territorios ya que ha hecho que vayan tomando medidas preventivas, correctivas, mitigación y/o corrección en las actividades que realizan. Como parte de su política; gobiernos, empresas, instituciones públicas y privadas consideran estos temas para que puedan ser entidades ambientalmente responsables y reconocidas ante diferentes problemas que ocurren en su entorno que afectan directa o indirectamente al agua, aire, suelo, flora y fauna y a nosotros.

La utilización del plástico en la vida cotidiana es de mucha importancia, se utiliza para múltiples actividades, pero esto tiene un impacto negativo porque con el paso del tiempo se puede observar que, al ser desechado, su larga permanencia en el ambiente impacta de manera negativa. Por ejemplo, alrededor del 60 % - 80 % de la basura en los mares es plástico. Se creía que los plásticos no contaminaban el ambiente porque eran estables e inertes, materiales que no reaccionaban con nada (Gregory & Ryan, 1997).

El petróleo es la fuente principal de elaboración del plástico, productos sintéticos que para su fabricación se le añaden químicos que potencian sus propiedades, los plásticos son baratos y livianos con gran resistencia, es ahí donde se presenta el problema por su difícil degradación (Thompson et al., 2009). La practicidad del plástico le ha permitido incorporarse a la sociedad utilizándolo de diferentes formas, envolviendo cualquier producto, reemplazando la madera para fabricar sillas, como aislante, en la ropa entre otros (Elías, 2015). Sin embargo, tienen un largo tiempo de vida y perduran en la naturaleza generando grandes cantidades de residuos tóxicos, ante esto los productos plásticos biodegradables tienen la ventaja en su biodegradabilidad (García, 2015).

Actualmente, se vienen desarrollando materiales como plástico biodegradable en el mundo derivado de productos agrícolas, definidos como plásticos de la nueva generación que reducen el impacto ambiental (Bilo et al., 2018). La ventaja de los plásticos biodegradables ante los plásticos convencionales es que se degradan en compuestos como agua, CO₂ y humus (Agustín et al., 2014).

Uno de los materiales que se utilizan para la elaboración de bioplástico es el almidón. Diferentes estudios demuestran que se puede obtener plásticos biodegradables utilizando almidón de yuca, maíz, papa, plátano entre otros polímeros (Riera & Palma, 2018). Bajo este contexto, los plásticos comunes podrían ser reemplazados por unos biodegradables si se elabora una fórmula adecuada usando almidón para fabricar nuevos envases.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Es posible obtener una fórmula para elaborar envases biodegradables en base a tres fuentes de almidón?

1.2.2 Problemas específicos

- a. ¿Existen diferencias significativas en las características de físicas entre los envases de bioplástico?
- b. ¿Cuál es el porcentaje de degradación de los envases biodegradables elaborados con diferentes fuentes de almidón?
- c. ¿Cuál es el costo de elaboración de los envases biodegradables elaborados con diferentes fuentes de almidón?

1.3 Justificación e importancia

De acuerdo a la normativa peruana, indica que todos sus habitantes deben vivir en un lugar sano como un derecho. Lo cual no se cumple porque aún se utilizan productos que tienen una vida útil muy larga, entre ellos los plásticos. Existe desinformación y poca educación sobre el correcto desecho de los residuos sólidos, por ello, una alternativa es la utilización de materiales biodegradables ya que estos permanecen poco tiempo y no logran acumularse para ocasionar impactos negativos en el entorno.

La utilización de bioplásticos se está volviendo popular en esta generación, ya que la conciencia ambiental ha ido aumentando con los años. Por ello, últimamente se han ido publicando información sobre nuevos métodos de producción para la elaboración de plástico obtenidos de la biomasa, siendo uno de estos el almidón. En la actualidad, se viene

trabajando con energías limpias que son aquellas que no dependen de combustibles fósiles como el petróleo, se busca encontrar fuentes biodegradables para la fabricación de bioplástico (Meza, 2016).

La diferencia entre el plástico común y el elaborado con almidón es que, además de ser biodegradable, es un material no tóxico que puede usarse en el compostaje ya que es de material vegetal. Estos materiales no solo se pueden usar para fabricar materiales de un solo uso, sino que también se puede utilizar en áreas de la medicina, juguetes, alimentación, etc. Este producto biodegradable forma parte del desarrollo sostenible, ya que se reducirían las emisiones de CO₂ en la fabricación del plástico común a comparación de los bioplásticos (Castillo et al., 2015).

En este trabajo se pretende elaborar una fórmula utilizando almidón de diferentes productos donde sea posible observar si sus características cualitativas y físicas son favorables, además de conocer cuánto podría costar en el mercado. Además, este trabajo podría servir como base para futuros proyectos de investigación y ejecutarlos a gran escala en nuestra región.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Obtener una fórmula para elaborar envases biodegradables a partir de tres fuentes de almidón.

1.4.2 Objetivos específicos

- a. Comparar las características físicas de los envases de bioplástico elaborados con tres fuentes de almidón.
- b. Determinar el porcentaje de degradación de los envases biodegradables elaborados a partir de tres fuentes de almidón.
- c. Determinar el costo de elaboración de los envases biodegradables con las tres fuentes de almidón.

1.5 Hipótesis

1.5.1 Hipótesis general

Se obtiene un envase tipo plato cuya formula logra ser adecuada para la elaboración de bioplásticos a partir de diferentes fuentes de almidón.

1.5.2 Hipótesis específicas

- a. Existen diferencias significativas de las características físicas entre los envases biodegradables elaborados a partir de tres fuentes de almidón.
- b. El porcentaje de degradación de los envases biodegradables elaborados a partir de tres fuentes de almidón es alrededor del 50 %.
- c. Se obtiene un envase biodegradable más económico a partir de las fuentes de almidón según el análisis de costos de las formulaciones.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del estudio

2.1.1 Internacional

En la investigación titulada “Elaboración de utensilios de Bioplástico a base de la cáscara de plátano”, sugiere como opción la implementación de utensilios elaborados a partir de la cáscara de plátano, por ser de origen orgánico hace que sea más sencillo fabricarlo. Además, menciona que en la actualidad las empresas buscan mejorar su productividad con el menor impacto al ambiente reduciendo su producción de desechos y la utilización de sus residuos. El plátano es de fácil acceso y el estudio resulta económico porque se utiliza un material que todos desechan y no tiene valor. El bioplástico que resulta de la cáscara del plátano, encaja para sustituir al plástico común por ser un material moldeable (Mendoza et al., 2020).

En el trabajo de investigación de título “Obtención de Bioplástico a partir de Almidón de maíz (*Zea mays L.*)”, se obtuvo un bajo rendimiento en la extracción del almidón del maíz esto es posiblemente debido a que se utilizó una especie diferente de grano, a las condiciones del clima o alguna variación en el proceso. Se comprueba que el almidón es un gran componente junto a la glicerina para darle elasticidad y estabilidad al bioplástico, también presenta alto grado de biodegradación con un 89,40 % en 42 días que va de acuerdo con las normas internacionales (Riera, 2020).

2.1.2 Nacional

En la investigación titulada “Elaboración de bioplásticos a partir de Almidón Residual obtenido de peladoras de papa y determinación de su biodegradabilidad a nivel de laboratorio”, se logró elaborar bioplásticos a partir de residuos de papa “Yungay” y también evaluaron su biodegradabilidad. En su metodología se trabajó a temperatura ambiente y 3 % de concentración p/v de MB con eficiencia de 35,06 % de extracción del almidón. Para elaborar un bioplástico resistente se usó 5 ml de glicerina, 3 ml de ácido acético, 10 g de almidón, 60 ml de agua destilada a una temperatura de 150 °C. Sobre la biodegradabilidad aeróbica indica que 92 días alcanza su nivel de biodegradación, se recomienda que se evalúe por un periodo mayor a 3 meses. Se recomienda realizar un análisis de costos para

evaluar si el proyecto es viable y rentable para la empresa donde se realizó este trabajo (Meza, 2016).

En el trabajo de investigación titulado como “Elaboración de Bioplástico a partir de paja y residuos de granos de arroz”, concluye en que utilizaron dos metodologías una para obtener celulosa y la otra para obtener el almidón, donde se obtuvieron porcentajes de recuperación de $42,06 \pm 3,21$ % para la celulosa y de $47,44 \pm 7,09$ % para el almidón. En este trabajo se concluye que las proporciones que dio mejores resultados son almidón 20 %, celulosa 4 %, glicerina 10 %, ácido acético al 5 % y agua en 61 %. Recomiendan que las futuras investigaciones realicen pruebas de elasticidad, resistencia, dureza y densidad para la caracterización además de un estudio de biodegradabilidad (Ortega, 2019).

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Los plásticos

Los plásticos pueden definirse de la siguiente manera: “son sustancias químicas sintéticas denominadas polímeros, de estructura macromolecular que puede ser moldeada mediante calor o presión y cuyo componente principal es el carbono. Estos polímeros son grandes agrupaciones de monómeros unidos mediante un proceso químico llamado polimerización. Los plásticos proporcionan el balance necesario de propiedades que no pueden lograrse con otros materiales, por ejemplo: color, poco peso, tacto agradable y resistencia a la degradación ambiental y biológica” (Bolaños & Vargas, 2014).

También se puede decir lo siguiente: “Entre las diversas aplicaciones del petróleo, la fabricación del plástico es la tercera que se usa más en el mundo, se consume 300 millones de toneladas por año y esto termina en más producción de toneladas de dióxido de carbono. Al desechar estos productos plásticos, inconscientemente aumentamos los impactos negativos al planeta” (Castillo et al., 2015).

Cada año la industria del plástico supera los 160 millones de toneladas que han ido en aumento. Hay demasiada variedad de productos que son fabricados con plástico y esto significa que también se usa enormes cantidades de petróleo. Como tardan muchos años en descomponerse en su totalidad, su acumulación va en aumento cada año contaminando el ambiente (Ortega, 2019).

Utilizar envases descartables de plástico es algo muy común en la actualidad. Este tipo de plásticos de un solo uso tardan cientos de años por su composición química además que se desechan cantidades industriales en el ambiente continúa acumulándose con el pasar de los años. Los casos sobre áreas contaminadas por plástico han hecho que lo biodegradable tengan mayor investigación (García et al., 2019).

2.2.2 Los bioplásticos

Los bioplásticos son productos que desarrollan una descomposición por acción de microorganismos bajo condiciones naturales del ambiente. Se degradan por acción enzimática por bacterias, hongos o algas (CIT, 2009).

Estos materiales son una alternativa sostenible que va en crecimiento, esto es debido a que su importancia también esta destacado la importancia de la reducción de la huella de carbono y la reducción del petróleo, esa es su mayor ventaja disminuyendo el problema de la acumulación de residuos plásticos en el ambiente (Vargas & Fernández, 2015).

Para cubrir la demanda de plásticos es importante informar sobre los beneficios de los bioplásticos por encima de su desventaja económica, si este material tiene una mayor cantidad de aplicaciones tendrán una rápida expansivos (Pizá et al., 2018).

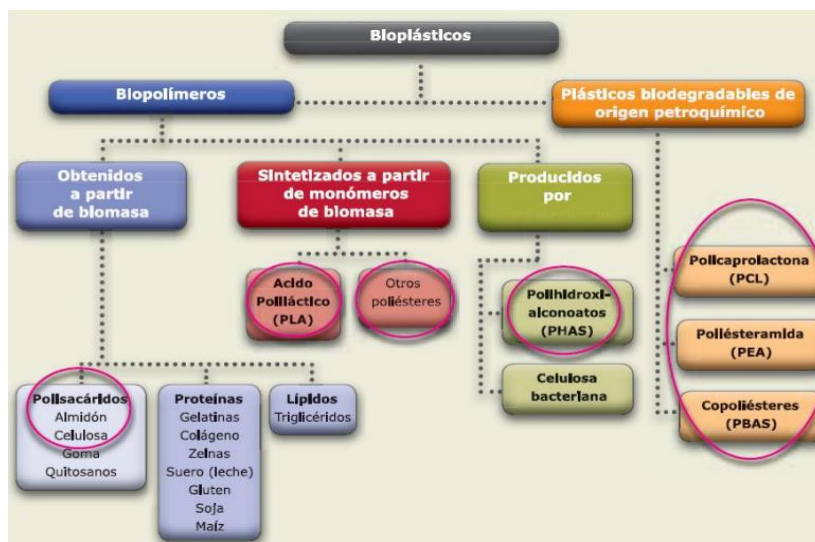
2.2.2.1. Clasificación de los bioplásticos

Los bioplásticos pueden clasificarse de la siguiente manera (Figura 1).

Además, La Figura 2 muestra que existen distintas materias primas con las que se puede elaborar bioplásticos, se presenta a continuación:

Figura 1

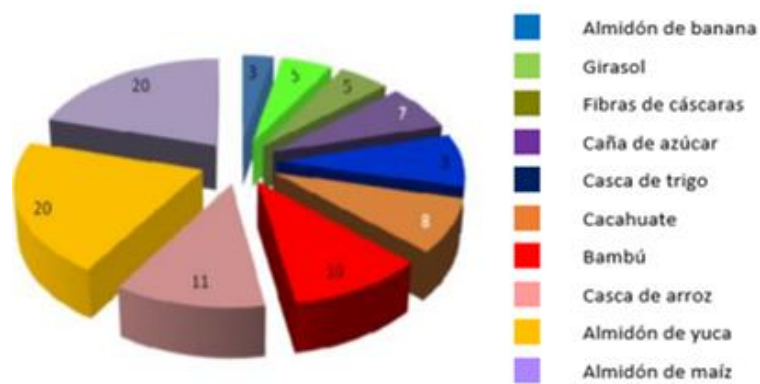
Clasificación de los bioplásticos



Nota. El almidón dentro del grupo de los polisacáridos para la elaboración de bioplásticos. Adaptado de Meza (2016).

Figura 2

Porcentaje de utilización de materias primas para elaborar bioplásticos



Nota. El almidón de yuca y maíz son los biopolímeros más utilizados para elaborar bioplásticos. Adaptado de García et al. (2019).

2.2.3 Biodegradación

Es un proceso de degradación biológica química relacionada por acción microbiana debido a la producción de enzimas que reaccionan con polímeros naturales y sintéticos. Se considera esto como resultado que parte de la susceptibilidad de los microorganismos de manera aerobia o anaerobia cuando consumen material orgánico transformándolo en CO₂, el hidrogeno en moléculas de agua formando parte de la biomasa (Hernández, 2013).

Tabla 1

Tiempo y condiciones de degradación de productos biodegradables

Producto	Tiempo de degradación	Condiciones
Plato, caña de azúcar	90 días	Ambiente
Vaso, fécula de maíz	180 días	Composta
Bolsa, fécula de maíz	180 días	Composta
Cubiertos, maíz y caña de azúcar	180 días	Composta
Oxobiodegradable	42 días a 2 años	Ambiente

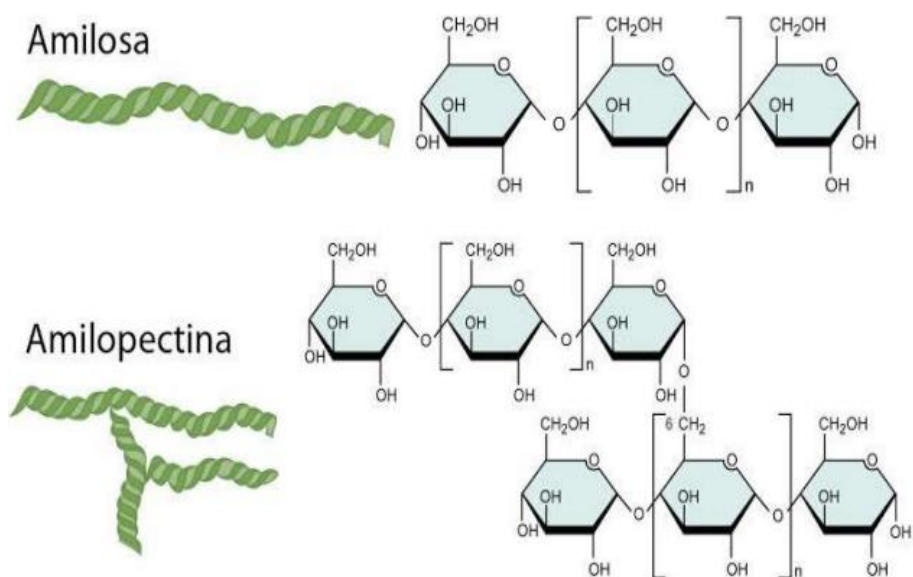
Nota. El producto biodegradable elaborado con fécula de maíz tiene un tiempo de 180 días de degradación. Adaptado de Hernández (2013).

La diferencia entre un envase biodegradable de un envase compostable es el tiempo de degradación, como se observa en la Tabla 1. Los envases biodegradables de deshacen al contacto con el ambiente sin intervención del hombre en unos pocos años, en cambio los envases compostables tienen un periodo de vida más breve como hasta unas 12 semanas, se convierten en abono (García et al., 2019).

2.2.4 Almidón

Es un biopolímero que se localiza en varias partes de la planta conformado por amilosa y amilopectina formados por unidades de glucosa, como se muestra en la figura 3.

Las metodologías que se encontraron para fabricar varían según el tipo de bioplástico que se quiere elaborar a nivel de laboratorio (Meza, 2016). “El almidón es un polisacárido digerible, del grupo de los lucanos. Es un compuesto esencial por su rápida degradación en contacto con el suelo” (Mendoza et al., 2020).

Figura 3*Estructura de amilosa y amilopectina**Nota. Adaptado de Ortega (2019).***2.2.4.1 Propiedades del almidón:**

Según en el trabajo de Holguín en el 2019:

- pH: es una propiedad muy importante para los procesos de caracterizado del almidón ya que esta propiedad le da una predisposición de ceder o aceptar hidrogeniones, los pH generalmente desviados de la media (pH: 7 – 7,5), son los más usados para procesos de modificación.
- Solubilidad: Los almidones según su porcentaje de amilosa y amilopectina poseen cierta capacidad de disolverse en agua cuando están por encima de la temperatura de gelatinización.
- Absorción de agua: Es la capacidad del gránulo de almidón de absorber y retener agua y está ligado directamente con la temperatura de gelatinización ya que entre más aumenta la temperatura su capacidad de retención de agua es mayor.

- Poder de hinchamiento: Es la propiedad irreversible de los gránulos de almidón ya que estos absorben agua debido al incremento de la temperatura de gelatinización.
- Sinéresis: Es la propiedad del almidón de liberar agua que está directamente dentro del gránulo del almidón, esta liberación ocasiona un reagrupamiento interno en las moléculas de amilosa y amilopectina la cual es producto de la retrogradación.
- Viscosidad: Es la resistencia de las moléculas de un fluido a deformarse, esta oposición es debido a las fuerzas de adherencia que tienen un fluido, esta propiedad pertenece a los fluidos en movimiento la cual se no ve reflejada en líquidos estáticos puesto que sus moléculas están en estado estacionario. El almidón se comporta como un fluido no newtoniano y su comportamiento se describe como pseudoplástico puesto que al momento de fluir su viscosidad disminuye al aumentar su velocidad de desplazamiento.
- Gelatinización: Es el proceso en el que los gránulos de almidón que son mezclados con agua fría absorben y se hinchan entre un 10 – 20 %, sin embargo, cuando a esta mezcla se le aplica temperatura se forma una pasta (gelatinización). Este proceso es irreversible puesto que los gránulos se reorganizan estructuralmente al entrar en contacto con agua caliente.
- Retrogradación: es el proceso siguiente a la gelatinización del almidón, en este proceso se libera agua presente dentro del gránulo de almidón mientras este se enfría, en este proceso las moléculas de amilosa y amilopectina se asocian entre sí, reteniendo agua en los intersticios que se forman entre los gránulos de almidón.
- Tamaño de partícula: esta propiedad es fundamental ya que influye en la compatibilidad, teniendo en cuenta que cuando el tamaño de partícula disminuye se incrementa el ángulo de reposo, el coeficiente de fricción interparticular.
- Forma de partícula: es importante ya que al aumentar el tamaño de partícula aumenta la angularidad de los gránulos de almidón y su ángulo de reposo, por lo que se disminuye la velocidad de fluencia.

2.2.5 Fuentes de Almidón

Son importantes fuentes de almidón el maíz, trigo, papa, yuca y otros. El contenido varía según la fuente de origen comprendido en un 17 a 35 % del peso. En su composición puede cambiar por las condiciones en que se encuentren (Meza, 2016).

Se puede apreciar en el cuadro de la tabla 2:

Tabla 2

Porcentaje de amilosa y amilopectina

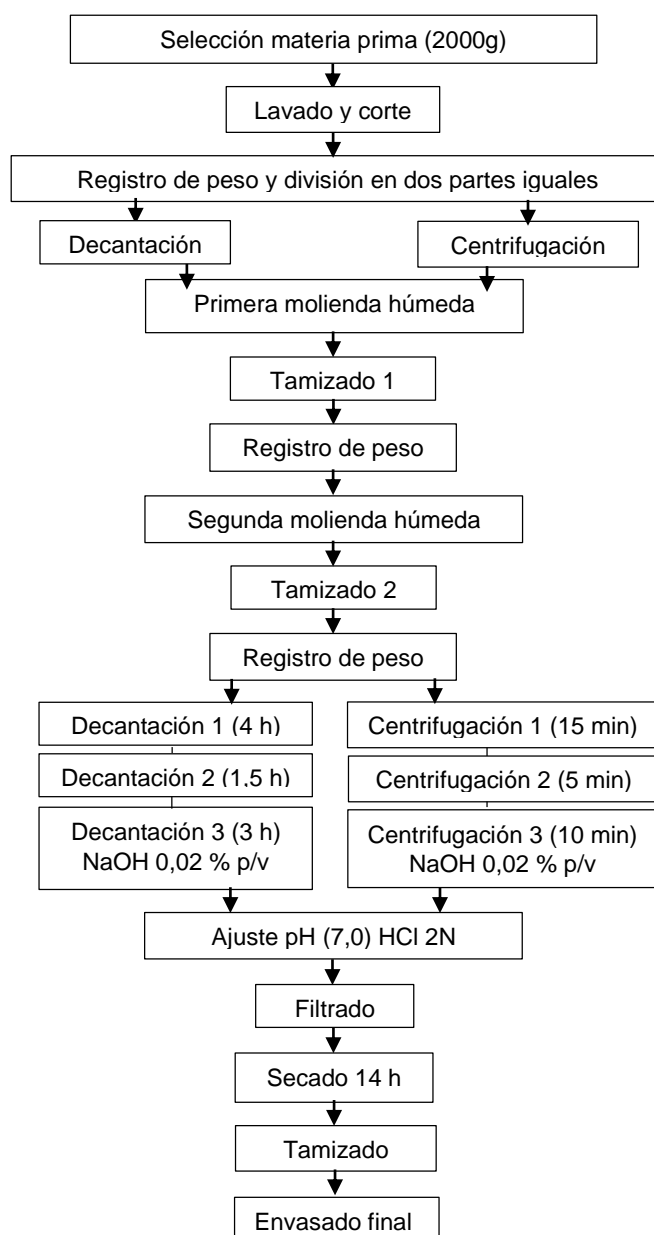
Fuente	% Amilosa	% Amilopectina
Trigo	26	74
Cebada	22	78
Maíz	28	72
Amilomaiz	51-65	49-35
Maíz céreo	1	99
Avena	27	73
Arroz	18	82
Arroz céreo	1	99
Mijo	25	75
Mijo céreo	1	99
Patata	23	77

Nota. Adaptado de Meza (2016).

2.2.5.1 Papa

El Perú es el país con la más grande diversidad de papa en el mundo, cuenta con más de 3000 variedades. Forma parte de los alimentos más consumidos, se puede consumir de diferentes maneras, incluido algún tipo de proceso extra (Meza, 2016).

El almidón de papa se le conoce también como harina de chuño o solo chuño, para su producción se requiere bastante materia seca las papas Mariva, Yungay y las amargas tienen alto contenido de almidón (Meza, 2016). La obtención del almidón puede observarse en la figura 4

Figura 4*Etapas para extraer almidón de la papa*

Nota. Adaptado de Meza (2016).

2.2.5.2 Fécula de Maíz

En el mundo, el maíz supera en volumen de producción a cereales como el trigo y el arroz, por sus diversos usos nutricionales tanto para humanos como animales. Se puede obtener

diferentes subproductos como la fécula de maíz o harina de maíz que ingrediente de muchas recetas (García et al., 2019).

Para extraer almidón de maíz se realizar etapas como: maceración, molienda húmeda, filtración que separa la fracción fibra-germen, sedimentación, lavado y secado (Riera, 2020).

Para la gelificación del almidón de la fécula de maíz se produce al enfriarse, aquí presenta 27 % de amilosa a 88 - 90 °C de viscosidad media (García et al., 2019).

2.2.5.3 Cáscara de plátano

En el Perú, la producción de plátano orgánico aumento en un 94 % entre los años 2010 y 2015. Estos se exportan a países importantes como: Estados Unidos, Alemania, Corea del Sur, Japón siendo estos sus destinos más importantes. Con esto se puede decir que se cuenta con la materia necesaria para el proceso de fabricación de bioplástico (Pizá et al., 2018)

El plátano es relevante en la canasta familiar peruana. La mayor parte del plátano es consumido y cultivado en la selva, con un 22 % se cuenta con la variedad Bellaco, el Inguiri en un 42 % y el Palillo con 4 %, estas variedades son las mayores producidas en toneladas. En la costa, en la región de Piura se exporta el banano orgánico del Perú (Pizá et al., 2018).

La cáscara de plátano es un residuo sin valor que es una fuente de almidón. En el fruto puede contener hasta 80 % de almidón, en cáscara puede llegar a tener hasta 50 %. A medida que va madurando, el almidón se convierte en azúcares, por ello es importante utilizar el plátano verde. El almidón del plátano estará comprendido por 15 – 30 % de amilosa y 70 – 85 % de amilopeptina, siendo el primero que le dará capacidad de gelatinización y el segundo le dará características adhesivas. Es importante que se utilice este tipo de productos en la industria de los polímeros para elaborar bioplásticos (Pizá et al., 2018).

2.2.6 Mercado de Bioplásticos

Los plásticos comunes (como polietileno y el poliestireno) son predominantes ante las alternativas ecológicas debido a que tienen bajo costo de producción, la mayoría es impermeable, buenos aislantes térmicos, ligeros, flexibles y de fácil moldeado. Los

bioplásticos no formaban parte del mercado hasta que se conoció que los plásticos comunes demoraban en descomponerse y se convirtió en un problema ambiental del país. La información sobre la participación de este mercado en el Perú es insuficiente, se conoce que su PBI es del 40 %, con esto se podría estimar el posible crecimiento del mercado de envases biodegradables (García et al., 2019).

2.3 Definición de Términos

En el trabajo de investigación, se definen los términos de la siguiente manera:

2.3.1. Almidón

Sustancia inodora, blanca e insípida, cuya partícula es de diferentes tamaño y forma. Abundante en cereales, frutas, entre otros (Holguín, 2019).

2.3.2. Almidones céreos

Almidones de los cereales conocidos como “céreos” presentan una gran estabilidad frente a los procesos de congelación-descongelación. Por ello se emplean para elaborar postres congelados y aquellas comidas congeladas que llevan salsas (Bello, 2000).

2.3.3. Bioplástico

Término para referirse a materiales que derivan de sustancias naturales. Es un polímero que se fabrica a partir de materias primas naturales y renovables que son degradadas por organismos vivos (Mollinedo, 2017).

2.3.4. Degradación:

Es cuando un material pierde sus características de modo progresivo. Un proceso natural donde el material se descompone hasta como era en el origen por acción de diferentes factores, microorganismos, temperatura, etc. (Mollinedo, 2017).

2.3.5. Endocarpio de plátano

Finas y delgadas películas de la capa interior entre la cáscara y la pulpa del plátano, en las que se concentra el almidón que caracteriza esta fruta (Piza et al., 2017).

2.3.6. Envase

Material que sirve para contener, conservar y transportar cualquier producto, protegiéndolo del exterior y permitiendo que conserve sus características y propiedades (Piza et al., 2017).

2.3.7. Gelatinización

Colapso o interrupción del orden molecular del gránulo de almidón que se manifiesta por cambios irreversibles como la hinchazón granular, la fusión de la zona cristalina nativa, la pérdida de birrefringencia y la solubilización del almidón y es responsable del espesamiento de los sistemas alimenticios (Wani et al., 2012).

2.3.8. Oxidación

Es un proceso químico natural, destructivo para la estructura de la comida. Cuando se corta un vegetal o una fruta las enzimas se liberan y se exponen al oxígeno, lo que crea un cambio en su composición química (Piza et al., 2017).

2.3.9. Permeabilidad de los plásticos

Los films de plástico se emplean extensamente como barreras de vapor, como capas superpuestas en una gran variedad de estratificados y para otras muchas aplicaciones similares (Iguardia, 2013).

2.3.10. Plástico

Amplia gama de materiales sintéticos o que son semisintéticos. Propiedad de los materiales a los que se les puede dar la forma que se desee, a partir del uso de temperatura y esfuerzo mecánico para moldearlos (Mollinedo, 2017).

2.3.11. Polímero

Macromoléculas formadas por la unión de monómeros, con alto peso molecular y características propias (Mollinedo, 2017).

2.3.12. Polimerización

Ocurre cuando los monómeros se agrupan en un proceso químico entre si formando un polímero (Holguín, 2019).

2.3.13. Polisacáridos

Biomoléculas que se forman de la unión de monosacáridos por enlaces de hidrogeno, de peso molecular elevado (Holguín, 2019).

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1 Diseño de la investigación

El tipo de investigación es exploratoria ya que el problema no ha sido lo suficientemente estudiado utilizando diferentes fuentes de almidón. El nivel de investigación de este trabajo es una investigación experimental porque se puede manipular las variables de estudio cuyo objetivo es usar residuos y otros como fuentes de almidón para obtener el envase bioplástico.

3.2 Acciones y actividades

Para esta tesis es necesario la recopilación de datos directos, por ello se detalla las acciones y actividades a continuación:

3.2.1 Ensayos Preliminares

La investigación se realizó a nivel de laboratorio, donde se elaboró un diseño experimental para manipular las variables en distintas proporciones.

De los trabajos de investigación revisados (García et al., 2019), se considera como mejor opción utilizar 24 g de almidón para la elaboración de un envase bioplásticos tipo plato mediano parecidos a los envases convencionales.

3.2.2 Obtención del Almidón de la Cascara de Plátano

- Se elaboró nuestro propio almidón de cascara de plátano para realizar las formulaciones propuestas. La cascara del plátano, al ser un material desechado, se utilizó en mayor cantidad para las formulaciones para combinarse con el almidón de maíz (maicena) y el almidón de papa (chuño). Se optó por la utilizar maicena y chuño ya comercializado.
- Se extrajo el endocarpio de la cáscara, cortándolo finamente en delgadas tiras. Se tuvo que pesar todo el endocarpio obtenido, para conocer el peso exacto se pesa la masa de cada plátano bellaco, se pesó cada cáscara del plátano y luego se pesó la cáscara sin el endocarpio.
- Se utilizó ácido cítrico (jugo de limón) para que repose unos minutos aproximadamente para evitar su oxidación.

- Se dejó secar las tiras de almidón durante 24 horas a temperatura ambiente (21 °C aproximadamente), para obtener almidón seco.
- Para la molienda del material, primero se utilizó una licuadora, y luego para que sea más fino se utilizó un mortero.
- El almidón en polvo pasó por un tamiz, se almacenó el material obtenido y lo restante volvió a ser molido o picado con un cuchillo.

3.2.3 Elaboración del Bioplástico

- Para la elaboración del bioplástico, se utilizó tres diferentes fuentes de almidón: de la cascara del plátano, chuño (almidón de papa) y maicena (almidón de maíz).
- Al ser la cascara de plátano un material desechado, se utilizó en igual proporción para todas las muestras. Para las muestras, se realizaron variaciones del chuño y de la maicena para evaluar sus características en diferentes proporciones. Se siguió el diseño experimental establecido.
- En un recipiente se agregó el almidón de cada una de las formulaciones. Se agregó la glicerina y el agua para ser mezclados, luego se agregó el ácido acético. Esto fue mezclado hasta tener una solución homogénea. se colocó el recipiente en una hornilla pequeña a fuego lento hasta que gelatinice y forme una masa espesa y homogénea.
- Se realizó el moldeo del material una vez este haya bajado un poco su temperatura colocándolo en papel film para ser moldeado de manera uniforme con un rodillo.
- Luego se procedió a realizar el secado a temperatura ambiente aprovechando la temperatura de la mañana que varía entre 21 °C a 22 °C, colocando a todas las formulaciones del material en papel film. Al pasar aproximadamente 2 horas, se procedió a voltear los materiales para que sean secados del otro lado. Como algunos seguían estando húmedos, se esperó hasta el día siguiente para que sequen por completo.
- Para la elaboración del envase bioplástico tipo plato, se realizó cortes en las esquinas al molde para ser unidas. Se optó por hacerlo de esta forma ya que no se cuenta con un equipo que pueda darle el molde de un envase

convencional tipo plato. Se procedió a realizar el pesado a los envases resultantes.

- También se anotó el tiempo de producción, desde la mezcla hasta el secado, para controlar los tiempos.

3.2.4 Evaluación de Características Físicas del Bioplástico

- Se anotó todas las características cualitativas que se puedan percibir, por ejemplo: apariencia, color, Olor, tamaño, textura, etc. Este análisis sensorial nos permitió evaluar las características de los materiales bioplásticos. Esta valoración será de la siguiente manera

Características:

Opaco – Traslúcido: 1 - 5

Áspera – lisa: 1 - 5

Poco flexible-Flexible: 1 - 5

Débil – Fuerte: 1 - 5

Grumoso - Poco grumoso 1 - 5

- Prueba de resistencia: Se pudo utilizar el Penetrómetro para conocer la dureza de los envases. Para determinar la dureza del bioplástico se procedió a recortar láminas de 5 cm x 5 cm. El penetrómetro es un equipo utilizado para medir la firmeza o dureza en todo tipo de frutas, el equipo ejerce presión en un punto determinado anotando los datos de las lecturas que marca el equipo.
- Para determinar la resistencia a la tracción, se utilizó láminas de 50 mm x 10 mm para realizar esta prueba de esfuerzo que soporto el material al ser estirado antes de romperse. Los plásticos de mejor calidad tienden a ser más flexibles, los valores que se obtienen son la fuerza en que es sometido el material, su deformación y la tensión que resistió. Al no contar con un instrumento en el laboratorio para poder medir la resistencia, se utilizó una escala manual utilizada por que consiste en: Fuerza baja, media y alta, midiendo también el tiempo de resistencia antes de que la bandeja se rompa (García et al., 2019). Y también se utilizó una balanza romana uniéndolo a la punta de la muestra del material, se anotó los kilogramos que soporta el material hasta romperse.

- Permeabilidad; para comprobar su capacidad de absorber líquidos, el material bioplástico fue colocado en agua y se realizó observaciones cada cierto tiempo, para medir su capacidad de ser atravesado por el agua.
- Resistencia al calor, se probó la resistencia a cambios de temperatura, se utilizó un microondas u horno para probarlo en altas temperaturas, y comprobar como sufre deformaciones a cada cierto tiempo.

3.2.5 Porcentaje de Degradación

Para conocer la Biodegradabilidad del material, se colocó el material bioplástico en tierra agrícola conservando su propia microflora ya que estos poseen alto contenido de materia orgánica. (Guamán, 2019) Donde se utilizó la siguiente ecuación: % Pérdida de peso = $\frac{(P_i - P_f)}{P_i} \times 100\%$, Donde: P_i = peso inicial de la lámina de bioplástico. P_f = peso final de la lámina de bioplástico.

Para esta prueba se centró en la pérdida de masa y la apariencia de las muestras, evaluándose por un periodo de 30 días. Se retiró de la tierra, se limpió con cuidado para luego ser pesados y estos datos fueron transferidos a tablas.

3.3 Materiales y instrumentos

3.3.1 Materiales

- Vasos precipitados
- Probetas de volumen de 10 ml y 100 ml
- Tamiz de 250 μm
- Termómetro
- Cronometro
- Mortero de cerámica
- Cuchillos, espátulas y cucharas
- Almidón de Papa (chuño)
- Glicerina
- Ácido acético 3 % (vinagre)
- Ácido cítrico

- Aceite vegetal
- Papel filtro
- Equipo de protección
- Libreta de campo
- Lapiceros

3.3.2 Equipos/Instrumentos

- Equipos necesarios: Texturometro
- Estufa y recipiente (olla) para elaborar el bioplástico,
- Molino de Maíz o licuadora
- Balanza digital
- Cámara fotográfica
- Laptop

3.4 Población y/o Muestra de Estudio

La muestra de estudio es la cantidad de residuos de cáscara de plátano verde donde se procesó aproximadamente 3 kg para la obtención de su almidón, se utilizó 1/2 kg de almidón de papa (chuño) y 1/2 kg de almidón de maíz (maicena), siendo estos productos que ya se encuentran procesados industrialmente.

3.5 Operacionalización de Variables

Tabla 3*Operacionalización de Variables*

Variable	Definición Conceptual	Dimensión	Indicador	Escala	Técnicas o métodos
Envases biodegradables	Productos fabricados con materias naturales cuyos residuos se degradan y nutren al entrar en contacto con el ambiente	- Envases tipo bandeja - Envases elásticos - Envases de un solo uso - Envases tipo caja	- Resistencia a la tracción - Dureza - Permeabilidad - Resistencia al calor - Porcentaje de degradación	- Kg/cm ² -	Métodos analíticos
Variable	Definición Conceptual	Dimensión	Indicador	Escala	Técnicas o métodos
Fuentes de almidón	Polisacáridos vegetales compuestos por amilosa y amilopectina	- Granos - Vegetales - Menestras secas	- Almidón de papa (%) - Almidón de maíz (%) - Almidón de plátano	-%	Método de volumen

3.6 Procesamiento y análisis de datos

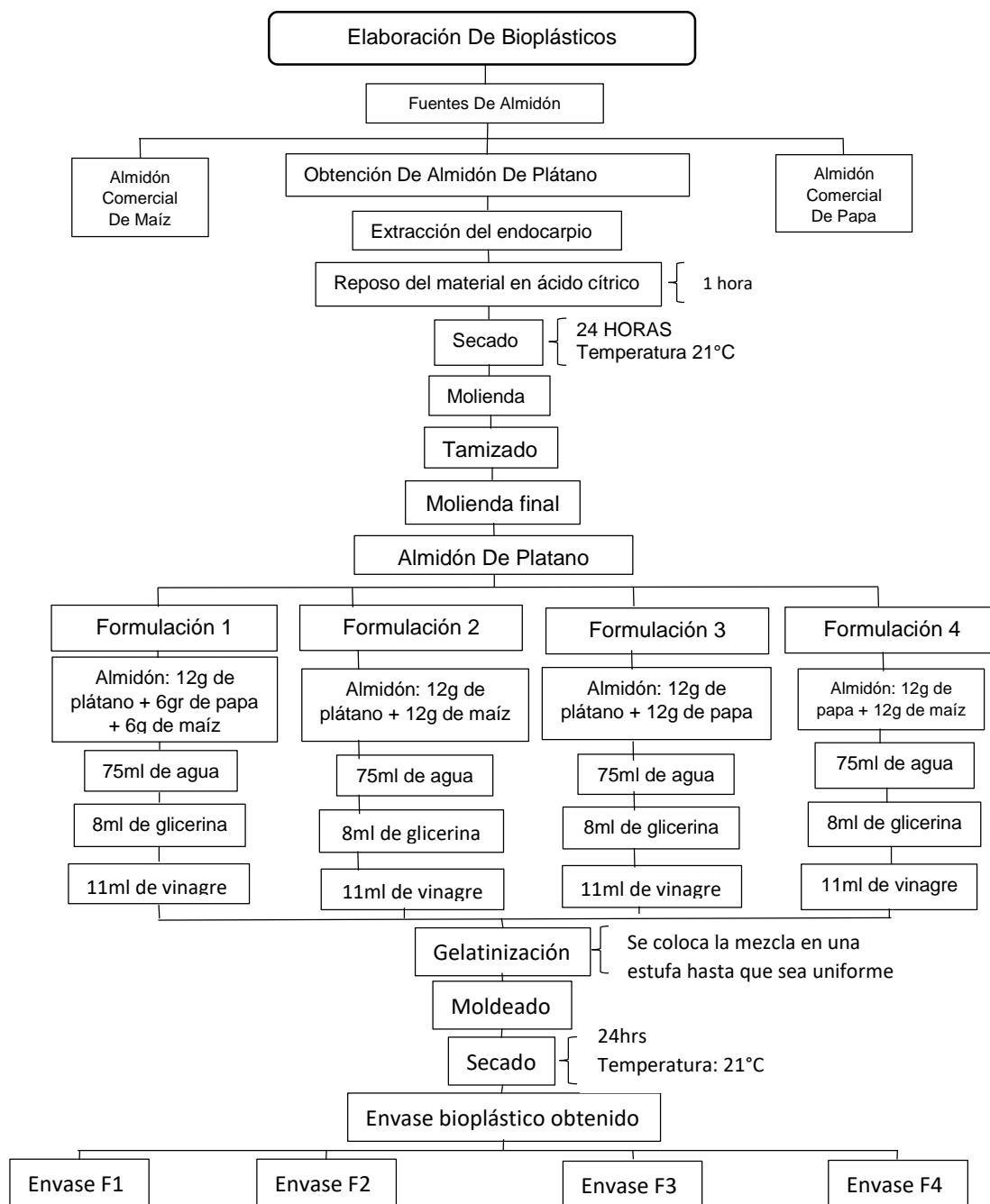
Una vez recogido los datos obtenidos en cada etapa de caracterización del material bioplástico, se procedió a insertarlos en tablas Excel para una adecuada evaluación, donde serán representados gráficamente.

Además, se realizó un análisis de costos para ver la forma en que este trabajo pueda ser aplicado de manera industrial, haciendo comparaciones entre el precio de elaboración con todas sus características sensoriales y cualitativas y así determinar cuál de los envases es el más indicado para realizar en nuevos proyectos.

A continuación, se elaboró el siguiente diagrama de flujo de la elaboración de los envases bioplásticos para esta investigación:

Figura 5

Diagrama de flujo de la elaboración de envases bioplásticos



En el Anexo 2 se muestra un diagrama grafico del proceso de elaboración de los envases bioplásticos.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

Para la obtención de los envases bioplásticos, se realizaron varios prototipos de las formulaciones propuestas para este trabajo de investigación, siendo las siguientes:

Tabla 4

Formulaciones de almidón a utilizar

N°	Almidón de plátano (%)	Almidón de maíz (%)	Almidón de papa (%)
1	50	25	25
2	50	50	0
3	50	0	50
4	0	50	50

Nota. En esta tabla se puede observar el porcentaje de almidón que se va a utilizar para cada formulación.

Para la elaboración de los envases de almidón, se planeó utilizar un total de 24 g para cada formulación propuesta en este trabajo de investigación.

4.1 Obtención del almidón de la cascara de plátano

Para el proceso de obtención del almidón en las cascara de plátano, se realizó la anotación de datos sobre el peso de las cascara de plátano que serán utilizadas en el estudio.

Tabla 5

Pesado de las cascara de plátano

Peso de las cascara del plátano	Peso de la cascara sin endocarpio	Peso del endocarpio obtenido	Almidón obtenido
3,300 kg	2,900 kg	400 g	120 g

Nota. En esta tabla, se puede observar la cantidad de almidón obtenido a partir de 3,300 kg de cascara de plátano. En el Anexo 3 se muestra el proceso de obtención del almidón de la cascara de plátano.

4.2 Elaboración del bioplástico

Siguiendo las formulaciones propuestas donde se realizaron diferentes combinaciones, se obtuvo un total de 12 envases de material bioplástico, según se muestran en las formulaciones de la tabla 6.

Tabla 6

Formulaciones de envases de bioplástico

N°	Almidón 24 g			Glicerina (ml)	Vinagre (ml)	Agua destilada (ml)
	Almidón de plátano (%)	Almidón de maíz (%)	Almidón de papa (%)			
1	50	25	25	8	11	75
2	50	50	0	8	11	75
3	50	0	50	8	11	75
4	0	50	50	8	11	75

***Se realizó 3 repeticiones de cada formulación**

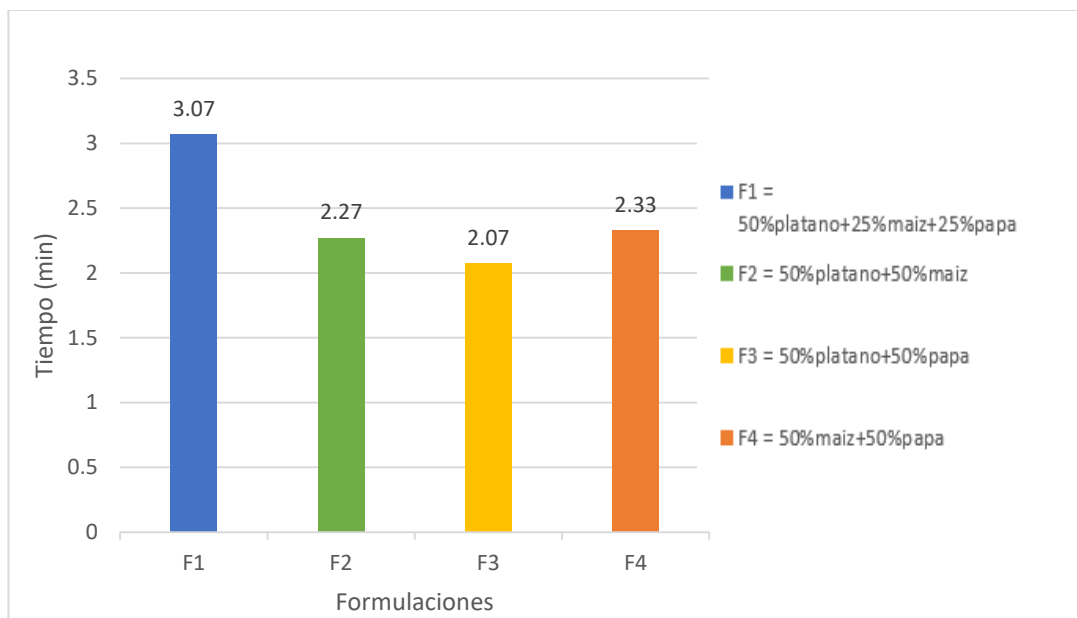
Nota. Se muestra en la tabla, las cantidades que se utilizarán en las formulaciones para la elaboración de bioplásticos.

Además, se realizaron anotaciones del tiempo en que tarde en gelatinizarse después de ser expuestas al calor para ser mezcladas antes de pasar al moldeado. Esto se muestra en la Figura 5, en los gráficos presentados de las muestras, se nota una ligera diferencia de la gelatinización de los productos para ser moldeados.

Teniendo en cuenta que se utilizaron diferentes cantidades de diferentes tipos de almidón, es necesario que se hayan realizado apuntes del producto resultante de las combinaciones para que estos puedan ser evaluados y comparados al finalizar el estudio.

Figura 6

Tiempo de gelatinización de cada formulación



Nota. En la figura, se observa el tiempo de gelatinización de todas las formulaciones, siendo la formulación 3 quien tiene un tiempo menor de gelatinización y la formulación 1 es la que presenta un mayor tiempo de gelatinización.

Como parte de la obtención de características de los productos elaborados, se realizó anotaciones del peso de cada envase del bioplástico elabora, como se muestra en la tabla 7.

Tabla 7

Resultados del pesaje de los envases bioplásticos

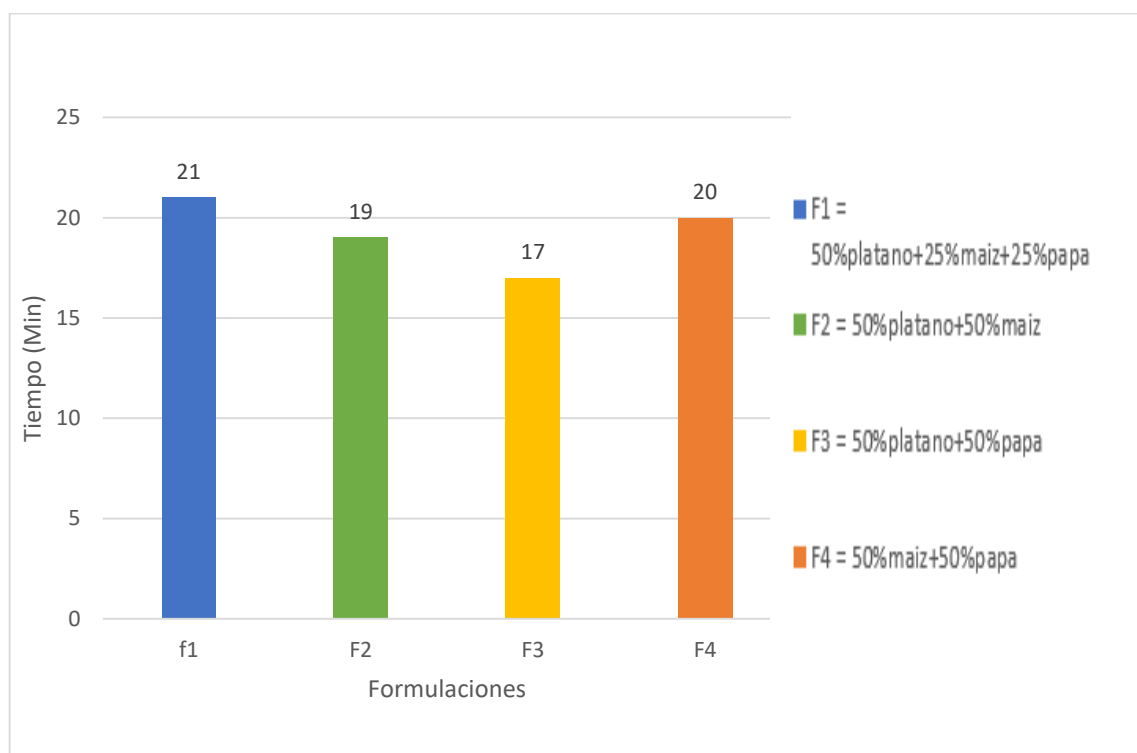
Repeticiones	Formulaciones			
	Plátano 50% + Maíz 25% + papa 25%	Plátano 50% + papa 50%	Plátano + Maíz 50%	Papa 50% + maíz 50%
1	27,59 g	33,64	33,18	34,17
2	26 g	32,14	30,2	34,87
3	27,2g	32,73	31,4	33

Nota. En esta tabla, se muestra los resultados del pesaje de todas las repeticiones por formulación realizada.

Se observa el tiempo de elaboración que tomó realizar cada envase de las formulaciones, siendo la fórmula 3 la que presenta ligeramente un menor tiempo de elaboración del producto. Los datos muestran que tienen un tiempo similar de elaboración, siendo los envases de formulación 2 y 3 quienes se pueden fabricar ligeramente más rápido que las demás por su facilidad en el manejo de la mezcla. En el Anexo 5 se muestra el moldeo y obtención del material bioplástico.

Figura 7

Tiempo de elaboración de bioplásticos de cada formulación



Nota. En la figura se observa que la formulación 1 y 4 son las más rápidas para elaborar por su fácil manejo.

4.3 Evaluación de las características físicas del bioplástico

4.3.1 Prueba de Dureza y Resistencia a la Tracción

Para esta prueba, inicialmente se tomó como datos el espesor de cada formulación del material biodegradable elaborado para compararlo y evaluar la resistencia de estos materiales (tabla 8). Para la comparación de la varianza, se utilizó el programa StatGraphics Centurion para mostrar datos del estudio de espesor (tabla 9).

Tabla 8*Espesor de los Envases Bioplásticos (mm)*

Formulaciones	Repeticiones		
	1	2	3
1	1,32 mm	1,28 mm	1,35 mm
2	1,23 mm	1,24 mm	1,22 mm
3	1,19 mm	1,21 mm	1,20 mm
4	1,23 mm	1,22 mm	1,16 mm

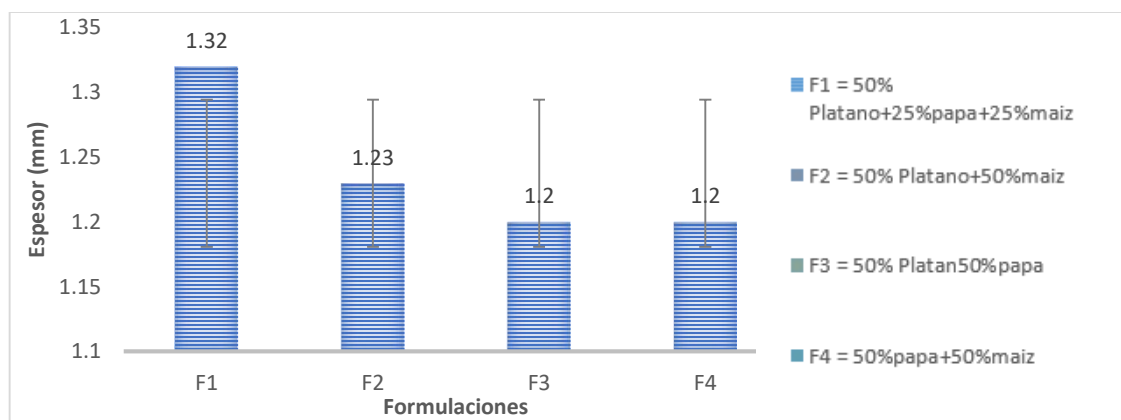
Nota. En la siguiente tabla, se detalla el espesor de los envases bioplásticos de cada formulación. Para cada envase elaborado se utilizó un equipo medidor de espesor (Ver Anexo 6), que nos sirvió para la elaboración de esta tabla.

Tabla 9*Tabla ANOVA - Comparación de Espesor*

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,0266917	3	0,00889722	12,41	0,0022
Intra grupos	0,00573333	8	0,000716667		
Total (Corr.)	0,032425	11			

Nota. Esta tabla obtenida del programa Statgraphics Centurion, para comparar las varianzas del espesor entre las formulaciones.

En la figura 7, se puede visualizar el espesor de los envases de bioplástico donde se observa que varía considerablemente dependiendo la formulación específica. Es importante tener en cuenta estos datos para la evaluación de los productos.

Figura 8*Espesor de las formulaciones*

Nota. En esta figura se puede observar que la formulación 1 presenta un mayor espesor a comparación de las demás formulaciones.

Para la comparación de resistencia a la tracción, se tuvo que utilizar muestras de material biodegradable para comprobar cuanto esfuerzo puede soportar al ser estirado antes de romperse, siendo los más flexibles aquel material que tiene mayor calidad (tabla 10). Además, también se muestra la comparación de medias de las formulaciones para esta prueba (tabla 11).

Tabla 10*Resultados a la prueba de resistencia a la tracción*

Formulaciones	Resistencia del material	Resistencia promedio (kg)
	kg	
1-1	0,850	0,823
1-2	0,790	
1-3	0,830	
2-1	0,650	0,600
2-2	0,550	
2-3	0,610	
3-1	1,060	0,980
3-2	0,980	
3-3	0,900	

Tabla 10. Continuación/1

4-1	1,400	
4-2	1,380	1,389
4-3	1,387	

Nota. En esta tabla se detalla la resistencia de cada repetición por formulación de los envases bioplásticos elaborados.

Tabla 11

Tabla ANOVA - Comparación en resistencia a la tracción

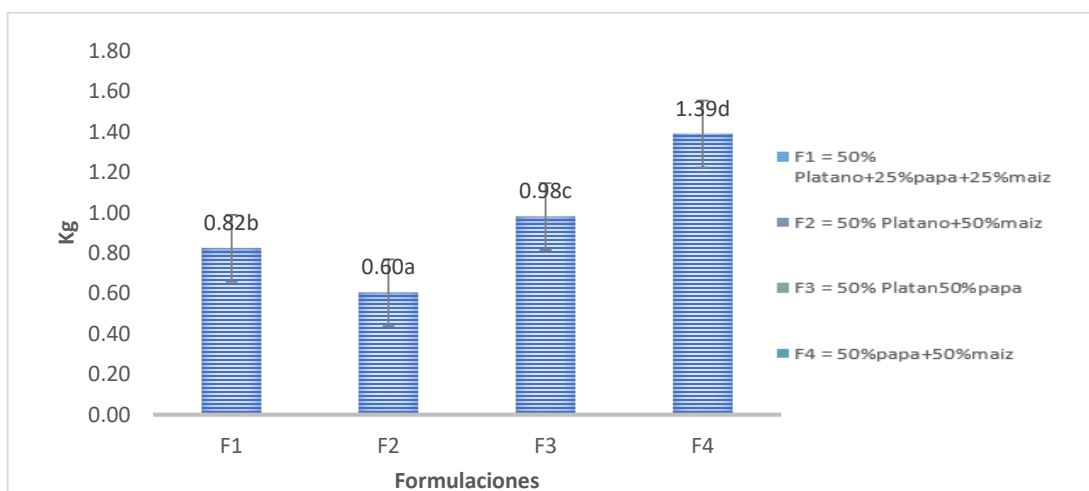
Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,989516	3	0,329839	132,34	0
Intra grupos	0,0199393	8	0,00249242		
Total (Corre,)	1,00945	11			

Nota. Esta tabla obtenida del programa Statgraphics Centurion, para comparar las varianzas de la resistencia a la tracción entre las formulaciones.

La resistencia de la formulación 4 que está formado por 50 % de almidón de papa y 50 % de almidón de maíz muestra tener una mayor flexibilidad al demostrar mayor resistencia al ser estirado.

Figura 9

Comparación de la resistencia a la tracción de los envases de bioplásticos



En la figura 9 se observa que la formulación 4 presenta una mayor resistencia a la Tracción a comparación de las demás y la formulación 2 es quien resiste menos.

La comparación de Prueba de Dureza se realizó unas 3 repeticiones en cada envase elaborado de cada formulación, con el fin de identificar que tan resistente puede ser cada envase utilizando un penetrómetro para obtener los valores, donde la formulación 4 presenta mayor resistencia (tabla 12). También se muestra la comparación de medias de las formulaciones para esta prueba (tabla 13) donde se muestra las diferencias significativas del estudio.

Tabla 12

Resultados de pruebas de dureza con penetrómetro

Formulaciones	Repeticiones de kg			Kg (promedio)	Presión ejercida (Kg/cm ²)
	1	2	3		
1	1,36	1,34	1,35	1,35	4,77
2	1,11	1,09	1,10	1,10	3,89
3	1,38	1,42	1,40	1,40	4,95
4	3,78	3,54	3,50	3,60	12,73

Nota. En la tabla, podemos observar los resultados de las Pruebas de Dureza con Penetrómetro por cada formulación realizada, donde la formulación 4 presenta una mayor dureza en sus 3 repeticiones.

Tabla 13

Tabla ANOVA - Comparación de Dureza con Penetrómetro

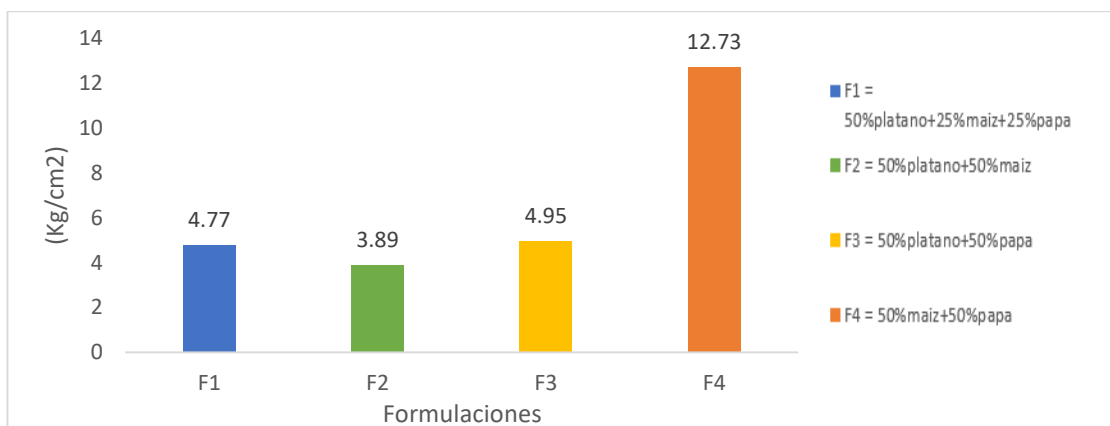
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	12,3002	3	4,10008	696,9	0
Intra grupos	0,0470667	8	0,00588333		
Total (Corr.)	12,3473	11			

Nota. Esta tabla obtenida del programa Statgraphics Centurion, para comparar las varianzas de la prueba de dureza con Penetrómetro entre las formulaciones.

La presión sobre el material que se muestra en la figura 9, es crucial para la evaluación de los productos para tener conocimiento de las propiedades de los materiales, como su resistencia y capacidad de soportar ciertos niveles de presión.

Figura 10

Presión ejercida a las formulaciones de envases biodegradables con penetrómetro



Nota. Según normas DIN, se muestra la equivalencia entre la presión ejercida según la fuerza mostrada por el penetrómetro en sus medidas, se puede observar que la formulación 4 presenta una mayor dureza a comparación de las demás formulaciones.

Se tomó nota de las características visuales de cada formulación de envase bioplástico como su aspecto, textura, flexibilidad y resistencia. Además, se elaboró una tabla (tabla 14) y grafico (figura 11), donde se detalla el tiempo de producción del material.

Tabla 14

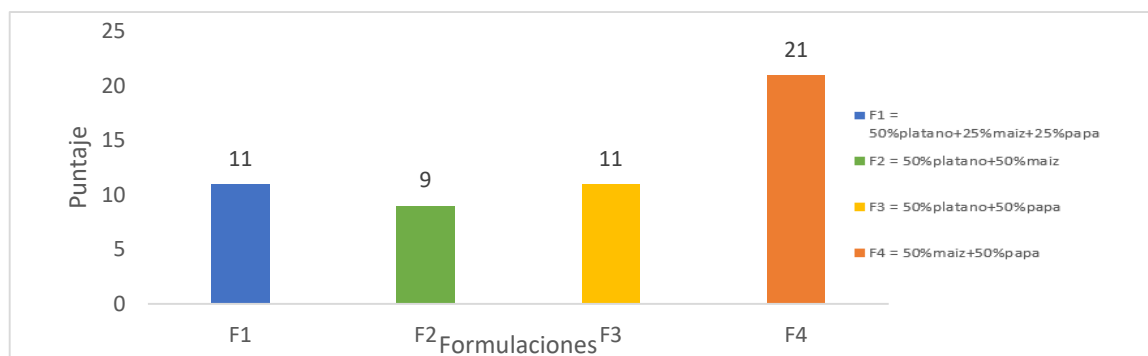
Aspecto de los Envases Bioplásticos

Formulaciones	Parámetros					Puntos
	Aspecto	Textura	Flexibilidad	Resistencia	Contextura	
1	opaco	áspera	flexible	Ligeramente fuerte	Grumoso	11
2	opaco	áspera	flexible	Débil	Grumoso	9
3	opaco	áspera	flexible	Ligeramente fuerte	Grumoso	11
4	traslucido	lisa	Poco flexible	fuerte	Poco grumoso	21

En la tabla 14, se puede observar el puntaje otorgado a cada formulación de acuerdo a los parámetros indicados.

Figura 11

Puntuación de las características sensoriales de los envases bioplásticos



En la figura 11, luego de una evaluación sensorial, se demuestra que la formulación 4 presenta un mayor puntaje en cuanto a su aspecto. Esto lo obtiene por tener una textura lisa, con una fuerte resistencia y es poco grumoso.

4.3.2 Prueba de Resistencia al Calor

Los envases biodegradables deben demostrar cierta resistencia al calor, para ello se anotó los detalles del producto expuesto a ciertas temperaturas, como cuanto demora en presentar diferentes características hasta quedar completamente carbonizadas.

Tabla 15

Características del Bioplástico Expuesto al Calor

Formulaciones	Características	
	Temperatura 110 °C – 120 °C	Pérdida de peso %
A	- A los 2,55 min comenzó a tostarse y tener una coloración un poco oscura. - Luego a los 5,72 min el material se carbonizo	48
B	- A los 2,22 min empezó a oscurecerse. - A los 5,83 min se carbonizo	68

Tabla 15. Continuación/1

C	- A los 2,35 min empezó a oscurecerse. - A los 5,85 min se carbonizo	69
D	- A los 2,83 min empezó a oscurecerse. - A los 7,17 min se carbonizo	42

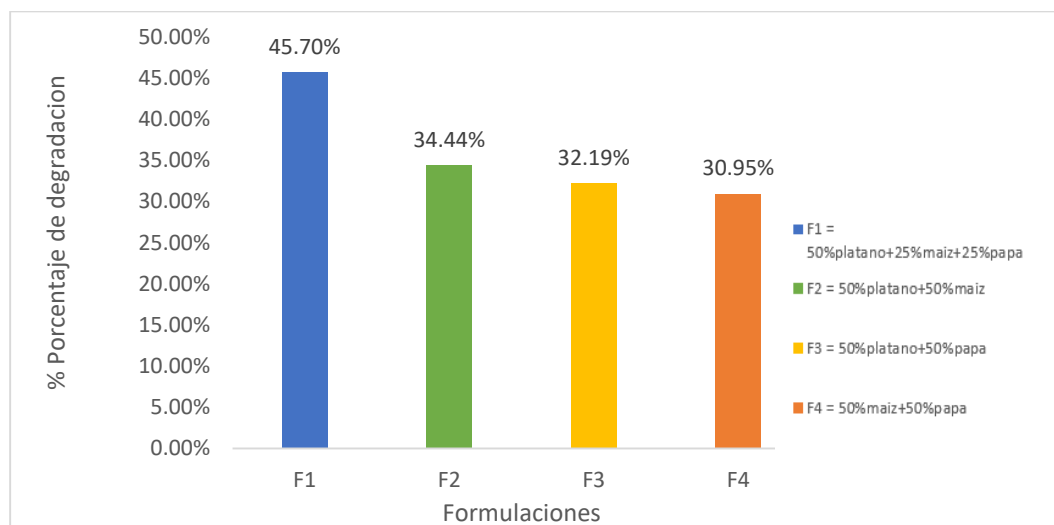
En la tabla 15, se observa que los materiales de cada formulación elaborada soportaron una temperatura entre 110-120°C y la mayor pérdida de peso que sufrió cada formulación al probar su resistencia al calor es de un 69 %.

4.3.3 Porcentaje de Degradación

Para esta prueba las muestras del material biodegradable que fueron colocadas en tierras agrícola, se anotó datos de la pérdida de masa y la apariencia del material biodegradable en un periodo de 30 días, donde la formulación 1 muestra un mayor porcentaje de degradación.

Figura 12

Porcentaje de degradación del bioplástico en 30 días



En la figura 12, se observa que la formulación 1 presenta un mayor porcentaje de degradación después de 30 días con 45,70 % de degradación. Sin embargo, la formulación 4 solo tiene un porcentaje de 30,95 % de degradación en 30 días.

4.4 Análisis de costos del bioplástico

4.4.1. Costos directos de la producción:

El costo de los materiales para cada formulación se describe a continuación:

Formulación 1:

Para esta formulación donde se utilizó 50 % de almidón de Plátano con 25 % de almidón de papa y 25 % de almidón de Maíz, el importe total para la elaboración de estos envases tiene un costo de S/. 40,50 para la elaboración de 90 envases biodegradables aproximadamente que se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 16

Materiales para la elaboración de la formulación 1

Concepto	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (S/)	Importe (S/)
Materiales				
Maicena	kg	1	5,00	5,00
Chuño	kg	1	8,00	8,00
Limón	kg	1	3,50	3,50
Glicerina	Litro	1	20,00	20,00
Vinagre	Litro	1	4,00	4,00

Nota. En la tabla se observa el costo total de la formulación 1.

Formulación 2:

Para esta formulación donde se utilizó 50 % de almidón de Plátano y 50 % de almidón de Maíz, el importe total para la elaboración de estos envases tiene un costo de S/. 32,50 para la elaboración de 83 envases biodegradables aproximadamente que se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 17*Materiales para la elaboración de la formulación 2*

Concepto	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (S/)	Importe (S/)
Materiales				
Maicena	kg	1	5,00	5,00
Limón	kg	1	3,50	3,50
Glicerina	Litro	1	20,00	20,00
Vinagre	Litro	1	4,00	4,00

Nota. En la tabla se observa el costo total de la formulación 2.

Formulación 3:

Para esta formulación donde se utilizó 50 % de almidón de plátano y 50 % de almidón de papa, el importe total para la elaboración de estos envases tiene un costo de S/. 35,50 para la elaboración de 83 envases biodegradables aproximadamente que se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 18*Materiales para la elaboración de la formulación 3*

Concepto	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (S/)	Importe (S/)
Materiales				
Chuño	kg	1	8,00	8,00
Limón	kg	1	3,50	3,50
Glicerina	Litro	1	20,00	20,00
Vinagre	Litro	1	4,00	4,00

Nota. En la tabla se observa el costo total de la formulación 3.

Formulación 4:

Para esta formulación donde se utilizó 50 % de almidón de maíz y 50 % de almidón de papa, el importe total para la elaboración de estos envases tiene un costo de S/. 37,00 para la elaboración de 83 envases biodegradables aproximadamente que se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 19

Materiales para la elaboración de la formulación 4

Concepto	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (S/)	Importe (S/)
Materiales				
Maicena	kg	1	5,00	5,00
Chuño	kg	1	8,00	8,00
Glicerina	Litro	1	20,00	20,00
Vinagre	Litro	1	4,00	4,00

Nota. En la tabla se observa el costo total de la formulación 4.

Análisis de los costos:

Se expone la siguiente tabla mostrando la recopilación de las características principales evaluadas en esta investigación.

En la tabla 20, se observa el puntaje otorgado a cada formulación según los resultados obtenidos, siendo "4" el mayor puntaje por buena calidad y el menor puntaje sería "1".

Tabla 20*Análisis de costos para la elaboración de envases bioplásticos*

N°	Espesor	Tracción	Dureza	Características Visuales	Resistencia Al Calor	Degradación	Costo	Puntaje Total
F1	2	2	2	2	1	4	1	14
F2	1	1	1	1	1	2	4	11
F3	1	3	2	2	1	1	3	13
F4	1	4	3	4	4	1	2	19

Con estos resultados se puede indicar que la formulación 4 es la que presenta estadísticamente mejores resultados, cuya formula consiste en: 50 % (12 g) de almidón de papa + 50 % (12 g) de almidón de maíz + 8 ml de glicerina + 11 ml de vinagre + 75 ml de agua destilada, para la elaboración de envases bioplásticos tipo plato.

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

La presente investigación busca indicar que tratamiento presenta mejores resultados haciendo una comparación estadística para la obtención de envases bioplásticos tipo plato a partir de almidón.

5.1. Características físicas de los envases biodegradables

De acuerdo a las características obtenidas en el trabajo, se tiene lo siguiente:

Las formulaciones contenían almidón proveniente de las 3 fuentes indicadas (plátano, papa y maíz), cuando se calienta el almidón en presencia de agua, se produce imbibición, o incorporación de agua en el gránulo. Este proceso es un colapso o interrupción del orden molecular del gránulo de almidón, la gelatinización puede ser sinónimo de formación de un gel, aunque la gelatinización y formación del gel pueden ser consideradas como acontecimientos secuenciales (Wani et al., 2012). La temperatura de gelatinización se alcanza dependiendo del origen del almidón, aproximadamente a 60-71 °C, se puede observar en el Anexo 4. Los almidones de raíces, como la papa y la yuca, y los almidones céreos espesan más pronto y a temperaturas más bajas que los almidones de cereales (Peña, 2017).

Las diferencias significativas en las medias de las formulaciones propuestas tienen un espesor ligeramente similar, siendo la formulación 1 quien tiene un mayor espesor, mostrado en la tabla 8 y figura 7. Estos envases bioplásticos tienen un espesor aproximadamente de 1mm. El espesor no fue uniforme si se compara con un plástico común ya que no se disponía de una maquina extrusora que es la que se encarga de dar el espesor característico de una película de plástico común (García, 2015).

Los datos de resistencia a la tracción de los envases bioplásticos, muestran que todas las formulaciones tienen una diferencia significativa, la formulación 4 demostró tener mayor resistencia a la tracción y la formulación 2 es la que menor resistencia presenta. Esto se debe a que el bioplástico se deforma hasta un máximo, denominado punto de ruptura. Entre el límite de la deformación elástica y el punto de ruptura tiene lugar la deformación plástica. Si entre el límite de la región elástica y el punto de ruptura tiene lugar una gran deformación plástica el material se denomina dúctil. Sin embargo, si la ruptura ocurre poco

después del límite elástico el material se denomina frágil. Por lo que podríamos decir que el bioplástico se comporta como un material dúctil (Llerena y Monzón, 2017). Además, cabe resaltar que la glicerina le brinda elasticidad y elongación hasta cierto punto, siendo menor su cantidad tendrá mayor resistencia de tracción (García et al., 2019)

Sobre la diferencia entre las durezas de las formulaciones se debe a los aditivos que poseen, el agua y glicerina cumplen una función de disolventes y plastificantes. En cambio, formulaciones con mayor dureza implica materiales más resistentes; los cuales poseen una mayor aplicación industrial (Iguardia, 2013).

Tanto en el trabajo de Martínez como en el de Meza, en sus análisis de amilosa y amilopectina, muestran que la papa presenta un porcentaje de amilosa entre 23 % a 26 % y de amilopectina entre 67 % a 77 %. (Meza Ramos, 2016). El maíz presenta un porcentaje de amilosa del 28 % y de amilopectina de 72 % (Martínez, 2005), donde utilizaron los siguientes reactivos: Disolución I2 (0,0025 M) – KI (0,0065 M) y Dimetilsulfóxido. Según otro trabajo de investigación, muestra que el plátano presenta aproximadamente 23,5 % de amilosa y la amilopectina no está documentada (Méndez et al., 2015).

El envase con mejores características sensoriales, es decir el envase de la formulación 4, elaborado con almidón de papa y maíz, presentaba una textura lisa, era poco grumosa y de resistencia mayor que las demás. Aunque, los otros envases de formulación 1, 2 y 3 presentaban una mejor flexibilidad, su resistencia no era lo suficientemente buena para ser un envase tipo plato. Además de que presentan algunos grumos, esto hacía que su superficie sea un tanto áspera.

Sobre la permeabilidad, los envases demostraron ser impermeables al pasar unas 2 horas aproximadamente, es decir lograron la impermeabilidad que necesita un envase, después de verter agua en su superficie e impidiendo el paso del agua (García et al., 2019). Para esta prueba, se pudo observar que al colocar las muestras del bioplástico de las diferentes formulaciones en agua no cambian de tamaño al pasar media hora. Se dejó pasar media hora más y aun no presentaba cambios. Se optó por dejarlo por más tiempo, en este caso, se dejaron las muestras en agua y no presentaba cambios significativos.

Los envases bioplásticos al estar expuestos al calor, quedaron deshidratadas. El bioplástico se deforma hasta un máximo, denominado punto de ruptura. Entre el límite de

la deformación elástica y el punto de ruptura tiene lugar la deformación plástica (García et al., 2019).

5.2. Degradación de los envases bioplásticos

Como norma general, se puede considerar que un material es biodegradable cuando en medio húmedo se degrada entre 28 y 60 días o en medio seco o en compostaje natural, en 90 días (Llerena y Monzón, 2017). El bioplástico como plato frente a platos convencionales de plásticos derivados del petróleo, su biodegradabilidad calza perfecto con la utilización rápida de este utensilio, ya que los platos “descartables” son usados una única vez, tendiendo a acumularse sin ningún fin más que esperar su largo periodo de degradación (Piza et al., 2017). El porcentaje de degradación que sufrieron los envases de este proyecto se evaluó en 30 días en un ambiente aeróbico, se puede observar en el anexo 7. La formulación 1 presento una mayor degradación teniendo una mayor pérdida de peso de 45,7 % y la formulación 3 una menor degradación con 30,19 %.

- Respecto al análisis de costos de las formulaciones:

Como se evaluó en los antecedentes el costo de producción de los bioplásticos es elevado con respecto al costo de producción de los plásticos convencionales, lo resaltante de estos productos son sus ventajas frente al medio ambiente y su contribución a difundir una conciencia verde en las industrias y a la población, y en el uso moderado y responsable del plástico, por lo que su valor agregado sería este último punto que lo hace indiscutiblemente más amigable con la tierra, las personas y también contribuiría como una mejora de la imagen de las empresas que implementan su uso (Piza et al., 2017).

Es importante destacar nuevamente, que, debido a la creciente demanda de productos descartables plásticos y la aparición de nuevas regulaciones al respecto, la inversión en un proyecto de estas características en la actualidad, prometerá oportunidades de crecimiento y expansión en el mediano a largo plazo (Mena y Puggioni, 2015).

CONCLUSIONES

A partir de esta investigación se pudo obtener bioplástico de diferentes fuentes de almidón, logrando obtener una fórmula adecuada para la elaboración de envases bioplásticos tipo plato, siendo la formulación 4 que contiene 50 % de almidón de papa y 50 % de almidón maíz.

Al hacer la comparación entre formulaciones, la formulación 4 es quien presenta mejores características físicas comparándolo con los otros envases en su resistencia a la tracción, dureza, resistencia al calor y sus características visuales.

La biodegradabilidad de estos envases bioplásticos fue menor del 50 %, se logró perder un gran porcentaje de su masa en un periodo de 30 días, la formulación que perdió un mayor porcentaje fue la formulación 1 con un 45,7 %.

Según el análisis de costos de las formulaciones, muestra que la mejor opción para una fabricación de envases biodegradables tipo plato es la formulación 4, ya que demuestra que es más factible tanto por su costo como por sus características físicas.

RECOMENDACIONES

Se recomienda utilizar para próximas investigaciones, mejores equipos de laboratorios como una maquina compresora y una máquina que permita un secado en ambas caras por igual. Así mismo, contar con equipos para medir sus características fisicoquímicas a nivel de laboratorio.

En el proceso de fabricación del bioplástico, tendría que utilizarse la una procesadora justo después de mezclar todos los materiales para conseguir una mezcla que sea más homogénea y evitar grumos.

Se recomienda utilizar otro tipo de combinaciones, añadiendo otras fuentes de almidón y/o añadiendo otros materiales como queratina.

Sobre el proceso de secado de los envases bioplásticos, es mejor utilizar otro material para realizar este proceso si es que se hace a temperatura ambiente, como por ejemplo una malla donde el secado sea por ambos lados.

Si bien algunas formulaciones, como la formula B y C, no presentan buenas características como un envase tipo plato con un espesor de 1mm, podría dársele otro uso como la elaboración de sorbetes.

Si es que se tiene planeado realizar la fabricación de bioplásticos con los residuos que se generan en un mercado o en un negocio tipo restaurante, tendría que realizarse una caracterización de residuos sólidos del lugar, para conocer la cantidad del material con lo que se puede trabajar. Además, podría realizarse encuestas a los trabajadores, vendedores y compradores para conocer si les gustaría utilizar este tipo de materiales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agustin, M. B., Ahmmad, B., Alonzo, S. M. M., & Patriana, F. M. (2014). Bioplastic based on starch and cellulose nanocrystals from rice straw. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 33(24), 2205-2213. <https://doi.org/10.1177/0731684414558325>
- Avellán, A.; Diaz, D.; Mendoza, A.; Zambrano, M.; Zamora, J; Riera M. (2019) Obtención de Bioplástico a partir de almidón de maíz (*Zea mays L.*). *Revista Colón Ciencias, Tecnología y Negocios. Universidad de Panamá.*
- Bello, J. (2000). Ciencia bromatológica: principios generales de los alimentos. *Pamplona, ES, Ediciones Diaz de Santos, 596p.*
- Bilo, F., Pandini, S., Sartore, L., Depero, L. E., Gargiulo, G., Bonassi, A., Federici, S., & Bontempi, E. (2018). A sustainable bioplastic obtained from rice straw. *Journal of Cleaner Production*, 200, 357-368. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.252>
- Castillo, R., Escobar, E., Fernández, D., Gutiérrez, R., Morcillo, J., Núñez, N., & Peñaloza, S. (2015). Bioplástico A Base De La Cáscara Del Plátano. *Revista de Iniciación Científica*, 1(1), 34-37.
- CIT. (2009). Centro de Información Técnica. *Plásticos Biodegradables, ¿qué son? Y su relación con Los Rsu.* Plastivida.
- Elías, R. (2015). Mar del Plástico: Una revisión del plástico en el mar. *Marine and Fishery Sciences (MAFIS)*, 27, 83-105.
- García Barrera, A. V. (2015). *Obtención de un polímero biodegradable a partir de almidón de maíz.* <http://www.redicces.org.sv:80/jspui/handle/10972/2436>
- García Calopiña, L. F., García Coronado, A. C., Olaya Castillo, P. C., Rosas Namuche, G. P., & Vignolo Urbina, D. N. (2019). *Diseño del proceso productivo de bandejas biodegradables a partir de fécula de maíz.* <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/4276>
- Gregory, M. R., & Ryan, P. G. (1997). Pelagic Plastics and Other Seaborne Persistent Synthetic Debris: A Review of Southern Hemisphere Perspectives. En J. M. Coe & D. B. Rogers (Eds.), *Marine Debris: Sources, Impacts, and Solutions* (pp. 49-66). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4613-8486-1_6

- Guamán Bravo, J. M. (2019). "Obtención de Plásticos Biodegradables a partir de almidón de cascaras de papa para su aplicación industrial" *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias. Riobamba, Ecuador.*
- Hernández, K. (2013). Biodegradación de envases elaborados a base de fécula de maíz, papa, caña de azúcar, papel y oxo-biodegradables. *Universidad Nacional Autónoma de México.*
- Holguín Cardona, J.S. (2019) Obtención de un bioplástico a partir de almidón de papa. *Fundación Universidad de América. Facultad de Ingenierías. Programa de Ingeniería Química.*
- Iguardía, C. (2013) Síntesis y caracterización de bioplásticos a partir de almidón de banano verde (*Musa Sapientum Cariedad Cavendish*). *Univeersidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de ciencias Químicas y Farmacia*
- Llerena Gonzales, J. L., Monzón Martínez, L. J. (2017) Elaboración de un envase biodegradable a partir de almidón obtenido de arroz quebrado (*oryza sativa*), queratina obtenida de residuos avícolas (plumas) fortificado con residuos de cáscaras de mango (*mangifera indica*) *Universidad Católica de Santa María. Arequipa, Perú.*
- Martínez Gallegos, J. F. (2005). Utilización de α -amilasas en la formulación de detergentes industriales. *Tesis Dr. Ing. Química Granada. ES. Universidad de Granada, 306 p.*
- Mena, M.; Puggioni, A (2015). Producción de bioplásticos utilizando aceite vegetal residual. *Universidad Argentina de la Empresa Facultad de Ingeniería y Ciencias Exactas*
- Méndez Montealvo, G.; Rodríguez Ambriz, S.L. and Bello-Pérez, L.A. (2015). Structural features of banana starches using HPSECMALLS-RI. *Revista Mexicana de Ingeniería Química. 14(2):293-302.*
- Mendoza, M. M. V., Coello, C. A. C., Correa, M. A. C., & Sagñay, E. J. M. (2020). Elaboración de utensilios de bioplástico a base de la cáscara de plátano. *Contribuciones a las Ciencias Sociales, 67 (Mayo), 18.*
- Meza Ramos, P. N. (2016). Elaboración de bioplásticos a partir de almidón residual obtenido de peladoras de papa y determinación de su biodegradabilidad a nivel de laboratorio. *Universidad Nacional Agraria La Molina.*
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2016>

- Mollinedo, E. (2017). Elaboración de plástico biodegradable a partir de almidón de maíz; evaluando su degradabilidad con ácido sulfúrico y su expansión polimérica al variar la formulación. *Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería*
- Ortega Cahui, M. B. (2019). Elaboración de bioplástico a partir de paja y residuos de granos de arroz. *Universidad Tecnológica del Perú*.
<http://repositorio.utp.edu.pe/handle/UTP/2810>
- PCE. (s. f.). *Tablas de equivalencia para penetrómetro (Según normas DIN)*.
<https://www.pce-iberica.es/instrumentos-de-medida/metros/penetrometros.htm>
- Pizá Cedano, H. S., Rolando Franco, S., Ramirez Urbina, C. C., Villanueva Benites, S., & Zapata Carrasco, A. P. (2018). *Análisis experimental de la elaboración de bioplástico a partir de la cáscara de plátano para el diseño de una línea de producción alterna para las chifleras de Piura, Perú*. <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/3224>
- Peña, E. (2017) Extracción y caracterización fisicoquímicas y funcional de almidones de cinco variedades de papas nativas procedentes de llave (PUNO). *Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú*.
- Riera, M. A. (2020). Obtención de bioplástico a partir de almidón de maíz (*Zea mays* L.). *Revista Colón Ciencias, Tecnología y Negocios*, 7(1), 1-11.
<https://doi.org/10.48204/j.colonciencias.v7n1a1>
- Riera, M. A., & Palma, R. M. (2018). Obtención de bioplásticos a partir de desechos agrícolas. Una revisión de las potencialidades en Ecuador. *Avances en Química*, 13(3), 69-78.
- Thompson, R. C., Swan, S. H., Moore, C. J., & vom Saal, F. S. (2009). Our plastic age. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 1973-1976. <https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0054>
- Vargas Romero, P. A., & Fernández Morales, J. J. (2015). *Elaboración de un plan de negocios para determinar la factibilidad de la producción de bioplásticos a partir de papa en contra de la contaminación en Colombia*.
- Wani, A; Singh, P; Shah, M; Schweiggert-Weisz, U; Gul, K; Wani, I. (2012) Rice starch diversity: effects on structural, morphological, thermal, and physicochemical properties A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 11(5):417-436.

ANEXOS

Anexo 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA

Interrogante del Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicadores	Métodos	Prueba Estadística o Estrategia
<p>Problema general: ¿Es posible obtener una fórmula para elaborar envases biodegradables en base a tres fuentes de almidón?</p>	<p>Objetivo general: Obtener una fórmula para elaborar envases biodegradables a partir de tres fuentes de almidón.</p>	<p>Hipótesis General: Se obtiene un envase tipo plato cuya fórmula logra ser adecuada para la elaboración de bioplásticos a partir de diferentes fuentes de almidón.</p>	<p>Variable Independiente: Fuentes de almidón</p>	<p>- Almidón de papa (%) - Almidón de maíz (%) - Almidón de plátano (%)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Metodología: Basado en la recopilación de información de proyectos similares ▪ Acciones y Actividades <ol style="list-style-type: none"> 1. Ensayos preliminares 2. Obtención del almidón de la cascara de plátano 3. Elaboración del bioplástico 4. Evaluación de características del bioplástico 5. Análisis de datos y redacción ▪ Población: El trabajo se realizará a nivel de laboratorio en el Campus Capanique de la Universidad Privada de Tacna La población y/o muestra es la cantidad de residuos de cascara de plátano verde donde se procesó aproximadamente 3kg para la obtención de su almidón, se utilizó medio kilo de almidón de papa (chuño) y de almidón de maíz (maicena), siendo estos productos que ya se encuentran procesados industrialmente. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Método de análisis de datos: Se procesarán los datos obtenidos en laboratorio una vez que se hayan observado los experimentos utilizando el programa STATGRAPHICS CENTURION, realizándose la prueba estadística de Factorial Multinivel. Luego de obtener los resultados, se pasarán a hojas de Excel para el análisis de datos, en cuanto a la representación de estos niveles se presentarán mediante gráficos de forma visual. ▪ La discusión de los resultados: se hará mediante la comparación de los mismos con las conclusiones de los antecedentes y con los fundamentos teóricos en los que se basa el estudio.
<p>Problema específico 1: ¿Existen diferencias significativas en las características físicas de los envases de bioplástico?</p>	<p>Objetivo específico 1: Comparar las características físicas de los envases de bioplástico elaborados con tres fuentes de almidón.</p>	<p>Hipótesis específica 1: Existen diferencias significativas de las características físicas entre los envases biodegradables elaborados a partir de tres fuentes de almidón.</p>				
<p>Problema específico 2: ¿Cuál es el porcentaje de degradación de los envases biodegradables elaborados con diferentes fuentes de almidón?</p>	<p>Objetivo específico 2: Determinar el porcentaje de degradación de los envases biodegradables elaborados a partir de tres fuentes de almidón.</p>	<p>Hipótesis específica 2: El porcentaje de degradación de los envases biodegradables elaborados a partir de tres fuentes de almidón es alrededor del 50%.</p>	<p>Variable Dependiente: Envases biodegradables</p>	<p>- Dureza - Resistencia - Permeabilidad - Resistencia al calor - Porcentaje de degradación</p>		
<p>Problema específico 3: ¿Cuál es el costo de elaboración de los envases biodegradables elaborados con diferentes fuentes de almidón?</p>	<p>Objetivo específico 3: Determinar el costo de elaboración de los envases biodegradables con las tres fuentes de almidón.</p>	<p>Hipótesis específica 3: Se obtiene un envase biodegradable más económico a partir de las fuentes de almidón según el análisis de costos de las formulaciones.</p>				

Anexo 2. Diagrama del proceso de elaboración del bioplástico



Anexo 3. Proceso de obtención del almidón de la cascara de plátano

Anexo 4. Gelatinización durante la cocción

Anexo 5. Moldeo y obtención del material bioplástico

Anexo 6. Equipos utilizados para medir características del bioplástico

Medidor del espesor



Penetrómetro

Anexo 7. Prueba de degradación del bioplástico