

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental
y Recursos Naturales**



TESIS

**CARACTERIZACION DE UN BIOPLASTICO ELABORADO A PARTIR DEL
ALMIDON DE PAPA (*Solanum tuberosum* var. *Peruanita*): UNA
ALTERNATIVA ECOLOGICA-ABANCAY-2018.**

Presentado por:

Bachiller: BRAYAN FERNANDO JAMANCA CHIPANA

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO AMBIENTAL

Abancay - Apurímac - Perú

2021

TESIS:

**CARACTERIZACION DE UN BIOPLASTICO ELABORADO A PARTIR DEL
ALMIDON DE PAPA (*Solanum tuberosum* var. *Peruanita*): UNA
ALTERNATIVA ECOLOGICA- ABANCAY-2018.**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
CALIDAD AMBIENTAL**

ASESORA:

DRA. CAROLINA SOTO CARRION



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Y RECURSOS NATURALES

“CARACTERIZACION DE UN BIOPLASTICO ELABORADO A PARTIR DEL ALMIDON DE PAPA (*Solanum tuberosum* var. *Peruanita*): UNA ALTERNATIVA ECOLOGICA-ABANCAY-2018”.

Presentado por: **Bachiller. BRAYAN FERNANDO JAMANCA CHIPANA**, para
Optar el Título Profesional de:

INGENIERO AMBIENTAL

Sustentado y Aprobado el 22 Noviembre del 2021, ante el jurado.

Presidenta:

MG. Vanesa Salas Peña

Primer Miembro Dictaminante:

BLGA. Elena Elvira Gonzales Mamani

Segundo Miembro Dictaminante:

MG. Anjhela Rosa Callo Mamani

Asesora:

Dra. Carolina Soto Carrión

DEDICATORIA

A Dios por otorgarme la vida y salud para lograr mis objetivos, por su infinita bondad y amor para con nosotros.

*A mi madre **Vilma Elizabeth CHIPANA ROJAS**, por apoyarme todo este tiempo, darme mucha fortaleza para seguir adelante y culminar mi investigación; a mis hermanos, Jack Hernán **HUASHUAYO CHIPANA**, Brandon **HUASHUAYO CHIPANA**, Emma Mariel **JAMANCA RIVEROS** y al que me cuida desde el cielo Lucas Fabricio **JAMANCA RIVEROS**, que durante este amplio tiempo han sido un pilar importante para la culminación con éxito de mi tesis.*

Brayan

AGRADECIMIENTO

- ❖ A Dios, por permitir lograr plasmar mis retos propuestos al iniciar este trabajo, por guiarme día a día y no haber declinado en todo este tiempo aun teniendo todos los obstáculos me dio la fuerza necesaria para lograrlo.
- ❖ Agradecimiento especial a mi asesora Dra. Carolina Soto Carrión por su paciencia en todo el tiempo que duro la ejecución de mi trabajo y pese a todas las adversidades que he pasado, siempre ha estado apoyándome y orientándome para el desarrollo y culminación de mí trabajo.
- ❖ A los docentes de nuestra Escuela Profesional por transmitir sus conocimientos y experiencias durante nuestra formación académica, por su empatía y desapego en todo momento.
- ❖ A los responsables de los laboratorios de nuestra Escuela Profesional por brindarme las facilidades para la etapa experimental de mi trabajo.
- ❖ A la Ing. Erica Ayquipa Cuellar por el apoyo incondicional para el desarrollo y culminación de Tesis.

Brayan

INDICE CONTENIDO

PORTADA.....	i
POST PORTADA.....	ii
PAGINA DE JURADO.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
INDICE CONTENIDO.....	vi
INDICE DE TABLAS.....	x
INDICE DE FIGURAS.....	xi
ABREVIATURAS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT	xiv
CAPITULO I	1
1.1.-Realidad problemática.....	1
1.2.- Planteamiento del problema	2
1.3. Formulación del problema	4
1.3.1.-Problema General	4
1.3.2.-Problemas específicos.....	4
1.4. Justificación de la investigación	5
1.5. Objetivos	6
1.5.1 Objetivo General	6
1.5.2 Objetivos Específicos.....	6
1.6.- Delimitación de la Investigación	6
1.6.1.- Delimitación espacial	6
1.6.2.- Delimitación Temporal	6
1.6.3.- Delimitación Social.....	7
1.6.4.- Conceptual	7
1.7.- Viabilidad de la investigación	7
1.8.- Limitaciones	8

CAPITULO II.....	9
MARCO TEÓRICO	9
2.1.- Antecedentes de la investigación.....	9
2.1.1.- A Nivel Internacional.....	9
2.1.2.- A Nivel Nacional.....	12
2.1.3.- A Nivel Regional.....	14
2.2.- Bases Teóricas	15
2.2.1 Bioplástico	15
2.2.2. Clasificación de Bioplástico	16
2.2.3 Metodologías para elaborar bioplástico	16
2.2.4 Elaboración de Bioplástico en el Perú	17
2.2.5 Biopolímeros	18
2.2.6.- Papa (Solanum tuberosum)	19
2.2.7 La papa en el mercado	20
2.2.8. Variedades.....	21
2.2.9 Usos de la papa.....	21
2.2.10 Otros usos de la papa	22
2.2.11 Almidón	23
2.2.12 Propiedades estructurales del almidón natural	24
2.2.13 Tratamientos hidrotérmicos del almidón	25
2.3.- MARCO CONCEPTUAL	27
CAPITULO III	31
METODOLOGIA DE INVESTIGACION	31
3.1.- HIPOTESIS.....	31
3.1.1.- Hipótesis Principal	31
3.1.2.- Hipótesis específicas	31
3.2.-MÉTODO	31
3.2.1.- Método de decantación para la Obtención del Almidón	31

3.2.2.- Método de polimerización por condensación para la Obtención del bioplástico	32
3.2.3.- Método para la Evaluación de la resistencia a la tracción y elongación.	32
3.2.4.- Método Analítico para la determinación de las características físico-químico	33
3.2.5.-Determinación de densidad	33
3.3.-Tipo de investigación	33
3.4.- Nivel o alcance de Investigación	34
3.5.- Diseño de la Investigación	34
3.6.- Operacionalización de variables.....	35
3.6.1.- Identificación de variables.....	35
3.7.- Población y Muestra	36
3.8.- Técnicas e Instrumentos	36
3.8.1.- Materiales, Equipos y reactivos	36
3.8.2. Procedimiento Experimental	37
3.8.3.- Obtención del almidón de papa	37
3.9. Obtención de la película del bioplástico.	38
3.10. Microscopia electrónica de barrido (SEM). Procedimiento	40
3.12 Técnicas e instrumentos.....	40
3.12.1.- Determinación del espesor.....	40
3.12.2.-Determinación de densidad	40
3.12.3.-Determinación de la humedad	40
3.12.4.- Solubilidad en agua	41
3.12.5.- Determinación Interacción estructural mediante FTIR.....	41
3.9.- Consideraciones éticas	41
3.10. Procedimientos estadísticos	42
CAPITULO IV	43
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	43
4.1 RESULTADOS.....	43
4.2. Evaluación de la característica: Resistencia a la tracción	44
4.2.1. Prueba de Anova.....	44

4.2.2. Prueba Post-Hoc HSD de Tukey	45
4.3. Análisis multivariado de la varianza, ANOVA.....	46
4.4. Análisis de la caracterización física del bioplástico.....	47
4.4.1. Resultado del espesor.	48
4.4.2. Resultado de densidad.....	51
4.4.3 Prueba Post-Hoc HSD de Tukey	52
4.4.4. Resultado del porcentaje de humedad.....	53
4.5. Evaluación de la característica: Humedad	54
4.5.1. Prueba de Anova.....	54
4.3.2 Prueba Post-Hoc HSD de Tukey	55
4.6. Resultado de índice de solubilidad.....	57
4.7. Evaluación de la característica: Índice de solubilidad.....	57
4.7.1. Prueba de Anova.....	57
4.8. Prueba Post-Hoc HSD de Tukey	58
4.9. Interacción estructural mediante espectroscopia infrarrojo FTIR	59
CONCLUSIONES.....	614
BIBLIOGRAFIA	64
WEB GRAFIA	68
ANEXOS.....	711

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: Cultivos Andinos usados para la producción de películas de almidón	17
TABLA 2: Porcentaje de amilosa y amilopectina de almidones de diferente origen	24
TABLA 3: Característica organoléptica y física de sustancias utilizadas	39
TABLA 4: Proporciones determinadas para las formulaciones	43
TABLA 5: Prueba anova sobre la resistencia a la tracción de los bioplásticos de almidón de papa <i>Solanum tuberosum</i> var. <i>peruanita</i>	45
TABLA 6: Prueba de comparaciones múltiples post-hoc hsd tukey sobre la resistencia a la tracción de los bioplásticos de almidón de papa <i>Solanum tuberosum</i> var. <i>peruanita</i>	45
TABLA 7: Prueba post-hoc de hsd tukey sobre la resistencia a la tracción de los bioplásticos de almidón de papa <i>Solanum tuberosum</i> var. <i>peruanita</i>	46
TABLA 8: Pruebas multivariante	47
TABLA 9: Prueba anova sobre el espesor de las películas de almidón de papa <i>Solanum tuberosum</i> var. <i>peruanita</i>	49
TABLA 10: Prueba de comparaciones múltiples post-hoc hsd tukey sobre el espesor del bioplástico de almidón de papa <i>Solanum tuberosum</i> var. <i>peruanita</i>	49
TABLA 11: Resumen de la prueba post-hoc de hsd tukey sobre el espesor del bioplástico de almidón de papa <i>Solanum tuberosum</i> var. <i>peruanita</i>	50
TABLA 12: Prueba anova sobre la densidad de las películas de almidón de papa <i>Solanum tuberosum</i> var. <i>peruanita</i>	52
TABLA 13: Prueba de comparaciones múltiples post-hoc hsd tukey sobre la densidad del bioplásticos de almidón de papa <i>Solanum tuberosum</i> var. <i>peruanita</i>	52
TABLA 14: Prueba post-hoc de hsd tukey sobre la densidad del bioplástico de almidón de papa <i>Solanum tuberosum</i> var. <i>peruanita</i>	53
TABLA 15: Prueba anova sobre la humedad del bioplástico de almidón de papa <i>Solanum tuberosum</i> var. <i>Peruanita</i>	54
TABLA 16: Prueba de comparaciones múltiples post-hoc hsd tukey sobre la humedad del bioplástico de almidón de papa <i>Solanum tuberosum</i> var. <i>peruanita</i>	55
TABLA 17: Prueba post-hoc de hsd tukey sobre la humedad de los bioplásticos de almidón de papa <i>Solanum tuberosum</i> var. <i>peruanita</i>	55
TABLA 18: Prueba anova sobre el índice de solubilidad del bioplástico de almidón de papa <i>Solanum tuberosum</i> var. <i>peruanita</i>	58
TABLA 19: Prueba de comparaciones múltiples post-hoc hsd tukey sobre el índice de solubilidad del bioplástico de almidón de papa <i>Solanum tuberosum</i> var. <i>peruanita</i>	58
TABLA 20: Prueba post-hoc de hsd tukey sobre el índice de solubilidad de los bioplásticos de almidón de papa <i>Solanum tuberosum</i> var. <i>peruanita</i>	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Clasificación de los bioplástico	15
Figura 2:	Etapas en la extracción del almidón	22
Figura 3:	Obtención de biopolímero- bioplástico de almidón de papa	80
Figura 4:	Bioplásticos preparados para la aplicación de resistencia	81
Figura 5:	Glicerina como componente en la elaboración del bioplástico	81
Figura 6:	Materiales utilizados para la obtención del bioplástico	82
Figura 7:	Procedimiento de la homogenización del precipitado	82
Figura 8:	Mesclado y homogenización	83
Figura 9:	Tratamiento térmico de la obtención del bioplástico	83
Figura 10:	Proceso del homogenizado del bioplástico	84
Figura 11:	Proceso de plaqueado en placas Petri, del bioplástico	84
Figura 12:	Placas Petri con el bioplástico de almidón de papa	85
Figura 13:	Bioplástico obtenido	85
Figura 14:	Flujograma de la elaboración del bioplástico	39
Figura 15:	Bioplástico secado en placas Petri	86
Figura 16:	Equipos de microscopia electrónica	86
Figura 17:	La microestructura de las películas del bioplástico HMM:P (80:20 y 100:0)	87
Figura 18:	Granulaciones de la microestructura del bioplástico	87
Figura 19:	Bioplástico sometido a microscopia electrónica	88
Figura 20:	Medias de la resistencia a la tracción del bioplástico de almidón de papa <i>Solanum tuberosum</i> var. <i>peruanita</i>	44
Figura 21:	Espesor de las biopelículas de almidón	48
Figura 22:	Densidad del almidón en las diferentes formulaciones	51
Figura 23:	Porcentaje de humedad en tres formulaciones	53
Figura 24:	Índice de solubilidad de las películas de bioplástico de almidón de papa <i>Solanum tuberosum</i> var. <i>peruanita</i>	57
Figura 25:	Equipo de análisis estructural mediante FTIR	88
Figura 26:	Espectro de infrarrojo para los seis tratamientos	60

ABREVIATURAS

Kg: Kilogramos.
g: Gramos.
mL: Mililitros.
°C: Grados centígrados.
HCl: Ácido Clorhídrico.
NaOH: Hidróxido de Sodio.
N (concentraciones): Normalidad.
mm: Milímetros.
N (fuerza): Newton.
s: segundos.
min: minutos.
h: horas.
cm: centímetro.
m: metro.
m²: metro cuadrado
m³: metro cubico.

RESUMEN

La presente investigación tuvo como **Objetivo:** Determinar la caracterización de un bioplástico elaborado a partir del almidón de papa *Solanum tuberosum* var. *Peruanita* como una alternativa ecológica en Abancay. La investigación se ha realizado en el laboratorio de la Universidad. **Métodos:** Se ha utilizado dos métodos en tres etapas definidas: el Método de Decantación en el proceso de obtención de la materia prima (almidón de papa var. *Peruanita*), el Método de Polimerización por condensación para lograr la obtención de los bioplásticos y el Método de Resistencia a la Tracción para obtener los resultados de las características físicas de resistencia del bioplástico obtenido. Se ha utilizado materiales como la glicerina y ácido acético (vinagre), las cantidades utilizadas de almidón de papa en concentraciones al 2,3,4% para determinar la caracterización del bioplástico. **Resultados:** Los resultados muestran que en lo referente a las características físicas del bioplástico presentaron diferencias significativas entre tratamientos, encontrando que la densidad dependió del porcentaje de humedad, porcentaje de solubilidad estuvieron influenciados más por la formulación y también por la homogenización de la mezcla de los componentes y finalmente el espesor dependió de las concentraciones del almidón de papa. Finalmente, los espectros de FTIR han demostrado una similitud en la interacción de los componentes del bioplástico. **Conclusiones:** El producto final del bioplástico elaborado a base de almidón de papa *Solanum tuberosum* var. *peruanita* ha mostrado una resistencia a la tracción hasta de 500 gramos de peso a la tracción. La extracción de bioplástico a partir del almidón de papa mediante el método de polimerización por condensación ha sido adecuada para el logro de los objetivos como una alternativa ecológica frente al uso de plásticos sintéticos porque es de fácil obtención, de bajo costo y de buena resistencia a la tracción.

Palabras claves: Bioplástico, almidón de papa, biopolímero, alternativa ecológica

ABSTRACT

The present research had as, **Objective:** To determine the characterization of a bioplastic made from potato starch *Solanum tuberosum* var. Peruanita as an ecological alternative in Abancay. The research was carried out in the laboratory of the Universidad Tecnológica de los Andes. **Methods:** Two methods were used in three defined stages: the Decantation Method in the process of obtaining the raw material (potato starch var. Peruanita), the Condensation Polymerization Method to obtain the bioplastics and the Tensile Strength Method to obtain the results of the physical characteristics of resistance of the bioplastic obtained. Materials such as glycerin and acetic acid (vinegar) have been used, the quantities used of potato starch in concentrations of 2,3,4% to determine the characterization of the bioplastic. **Results:** The results show that the physical characteristics of the bioplastic presented significant differences between treatments, finding that the density depended on the percentage of humidity, the percentage of solubility was influenced more by the formulation and also by the homogenization of the mixture of the components and finally the thickness depended on the concentrations of potato starch. Finally, FTIR spectra have shown a similarity in the interaction of the bioplastic components. **Conclusions:** The final bioplastic product made from potato starch *Solanum tuberosum* var. peruanita has shown tensile strength up to 500 grams tensile weight. The extraction of bioplastic from potato starch by means of the condensation polymerization method has been adequate for the achievement of the objectives as an ecological alternative to the use of synthetic plastics because it is easy to obtain, low cost and has good tensile strength.

CAPITULO I

1.1.-Realidad problemática

El problema del uso de los plásticos sintéticos es cada vez más agresivo por parte de las empresas que las producen y de los consumidores que las utilizan sin poder hasta la fecha evitar este tipo de contaminación en el planeta. Los derivados del petróleo son una realidad problemática que pone en peligro la vida de los organismos vivos y del hombre.

Actualmente el mundo viene atravesando un problema de contaminación global que pone en peligro la vida de los organismos vivos, el uso indiscriminado de los plásticos sintéticos es uno de ellos, estos provocan una contaminación de muchos años para su degradación. “El uso de polímeros sintéticos está provocando grandes estragos ambientales en el mundo, ya que representan el 30% a 40% de los residuos municipales. Actualmente, se está haciendo grandes esfuerzos por desarrollar polímeros biodegradables con el fin de ofrecer alternativas a los polímeros convencionales en aplicaciones tales como empaques para alimentos y bolsas de basura. El uso de polímeros biodegradables tales como almidón pueden ser una solución interesante debido a su bajo costo, abundancia, y fácil biodegradabilidad” (E. Mark, 2001) (Aburto, J., 1999).

Una alternativa frente al uso indiscriminado de los plásticos sintéticos son los bioplásticos cada vez más aceptados en el mercado y con mejores condiciones de una alternativa ecológica frente a la contaminación por esto. “Los bioplásticos, son compuestos de alto peso molecular de origen natural provenientes de fuentes renovables como hidrocoloides y con carácter biodegradable. Estos son considerados como una solución para disminuir la contaminación al medio ambiente por los plásticos fabricados por polimerización de compuestos derivados de petróleo. Los bioplásticos se pueden elaborar a partir de cultivos de poliésteres microbianos o de almidón, celulosa (Merchán y Ballesteros, 2009). Pero la base de la elaboración del bioplástico se ha centralizado en el uso del almidón como materia prima, debido a su alta disponibilidad, bajo costo, renovable, biodegradable y a que es económicamente competitivo con el petróleo” (Merchán y Ballesteros, 2009).

1.2.- Planteamiento del problema

El problema del mundo actual frente a la contaminación ambiental es aún imposible de controlar se viene pasando situaciones muy graves frente al uso de plásticos sintéticos, el hombre es el causante de su propia contaminación. El problema frente al uso de plásticos sintéticos es que estos tienen características de resistencia a los esfuerzos de tensión y flexión, su alta durabilidad, baja densidad, todo ello favorece su masivo uso en el mundo.

Sabemos que la contaminación por plásticos sintéticos solo provocara destrucción y desaparición de organismos vivos en medios acuáticos, terrestres y demasiada cantidad de basura entre las cuales se encuentran muchas toneladas de plásticos sintéticos viene destruyéndonos sin que esto pueda parar, “es por ello que su demanda ha aumentado progresivamente desde su descubrimiento, trayendo consigo una serie de problemáticas ambientales, ya que la forma en que son desechados o eliminados, puede llegar a la producción de diferentes gases tóxicos que se emiten a la atmósfera, así como también la contaminación de recursos hídricos, degradación de la fauna, entre otros, gracias a la acumulación de estos desechos, que cuentan con una lenta degradabilidad y pueden permanecer años incluso hasta décadas” (Gray S; Fernandez 2004).

“Los últimos años en la tierra se vienen dando un avance importante en las propuestas tecnológicas científicas y de innovación frente al uso de plásticos sintéticos”. “El rápido y marcado progreso que se ha venido dando en los últimos años en la ciencia y tecnología de los polímeros ha creado nuevos materiales plásticos con excelentes características físicas y durabilidad” (Chanprateep, 2010). “Es necesario resaltar que precisamente en estos últimos tiempos se ha incrementado el uso de los plásticos dejando en el ambiente una huella ecológica totalmente irreparable y que con el tiempo será imparable si ahora no atendemos este problema. Sin embargo, los productos plásticos tienen usualmente aplicaciones para un solo uso, especialmente en el empaque de alimentos y en aplicaciones médicas. Debido a la no biodegradabilidad de estos materiales, después de su desecho en rellenos sanitarios y algunos otros casos dentro de ambientes marinos, estos materiales pueden

permanecer en la superficie de la tierra por cientos de años sin considerables cambios en su estructura, ya que no son afectados por la degradación microbiana” (Chanprateep, 2010).

Si el mundo solo dejaría de producir tanto plástico sintético y por el contrario utilizaríamos alternativas de uso a este polímero peligroso y que atenta contra el mundo entero podríamos mejorar la calidad de vida de muchos organismos que día a día van desapareciendo por este tipo de contaminación. “La capacidad industrial a nivel mundial para la producción de plásticos de origen petroquímico se incrementó de una manera dramática desde 1.5 millones de toneladas en 1950, hasta más de 245 millones de toneladas en 2008” (Chanprateep, 2010). “Se estima que cada año es arrojada en rellenos sanitarios, después de su uso, aproximadamente el 40 % de la producción mundial de plásticos. Otros varios cientos de miles de toneladas son también descartados en ambientes marinos y acumuladas en regiones oceánicas” (Reddy 2003).

Últimamente son los países europeos los que se encuentran más interesados en crear alternativas ecológicas frente al masivo uso de plásticos sintéticos, muchos de ellos son conscientes de la gran cantidad de plásticos sintéticos desechados al ambiente y con graves consecuencias. “La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (U.S. EPA) reportó que en 1993 fueron producidas 19,2 millones de toneladas de plásticos sólo en ese país. De esta cantidad, sólo 0,7 millones de toneladas fueron usadas para reciclado y reutilización” (Wilson y Strock, 1996).” “Por otro lado, en Europa del Este los materiales plásticos representan en los rellenos sanitarios alrededor del 7 %. Entre los mismos se encuentra principalmente polietileno/polipropileno: 65%; poliestireno: 15%; poli cloruro de vinilo: 10 %; entre otros” (Premraj y Mukesh, 2005). “En los últimos años se han incrementado los intereses sociales y gubernamentales con el principal objetivo de contrarrestar estos efectos nocivos para el medio ambiente. Es por esto que, muchos intereses están siendo abocados a la producción de materiales plásticos totalmente biodegradables y amigables con el medio ambiente” (Chanprateep, 2010; Premraj y Mukesh, 2005).

Se están realizando cada vez con más frecuencia la producción de bioplásticos

elaborados a base de materias primas sumamente baratas y con fácil posibilidad de biodegradarse, siendo una gran alternativa frente a la crisis ambiental. Los bioplásticos son ventajosos porque se degradan muy rápido porque provienen de fuentes renovables siendo conocidos por su abundancia en la naturaleza y facilidad en el proceso de plastificación para la fabricación de diferentes matrices poliméricas.

Apurímac es una región productora de papa siendo una oportunidad de implementar la una propuesta ecológica del uso de bioplásticos elaborados de almidón de papa frente al deterioro y contaminación ambiental producto del uso excesivo de plásticos artificiales que actualmente muestra datos alarmantes por el deterioro de los ecosistemas naturales que se ven afectados por este problema.

1.3. Formulación del problema

1.3.1.-Problema General

PG1 ¿En qué medida la caracterización del bioplástico elaborado a partir de almidón de papa *Solanum tuberosum var.peruanita* por el método de polimerización por condensación en diferentes concentraciones de almidón presenta una resistencia a la tracción y es una alternativa ecológica?

1.3.2.-Problemas específicos

PE1 ¿Cuáles son los procedimientos del proceso de elaboración del bioplástico (biopolímero) aplicando el método de polimerización por condensación?

PE2 ¿Cómo es la caracterización de resistencia a la tracción del bioplástico producida a partir de almidón de papa *Solanum tuberosum var.Peruanita* a escala de laboratorio?

PE3 ¿Cuáles son los parámetros físico químicos de humedad, densidad, solubilidad, espesor de los bioplásticos obtenidos a partir del almidón de papa *Solanumm tuberosum var.Peruanita*?

1.4. Justificación de la investigación

La presente investigación tuvo como propósito caracterizar un bioplástico obtenido de almidón de papa la misma que podrá contribuir a disminución con la excesiva carga de contaminantes por productos sintéticos en nuestra región.

En los últimos años se viene convirtiendo en un álgido problema el uso de plásticos sintéticos produciendo problemas ambientales fuertes, porque no se tiene control sobre el uso de esta razón por la que se deben ejecutar proyectos que generen alternativas de uso frente a este grave problema.

Tiene una alta relevancia por ser una alternativa ecológica el uso de bioplásticos elaborados a partir de restos vegetales extrayendo el almidón y que pueden constituir una vía factible para reemplazar a los plásticos sintéticos.

Uno de estos biopolímeros naturales muy estudiado, es el almidón, ya que es muy abundante y su obtención es rápida y económica. Su uso puede desempeñar un papel decisivo en la sustitución de los plásticos sintéticos, permitiendo así disminuir el problema de acumulación de desechos plásticos y reduciendo la dependencia sobre el uso excesivo del petróleo.

Los biopolímeros biodegradables elaborados a base de almidón de papa serán de relevancia social muy importante en nuestra región porque se podrá mostrar una nueva alternativa de carácter ecológico frente al rápido deterioro del ambiente. La metodología aplicada es de fácil manejo y el uso de materiales no son nada costosos y de fácil acceso por lo que sus implicancias de uso serán beneficiosas para la población.

La presente investigación se realizó para encontrar estrategias y alternativas frente al uso de plásticos elaborados por polímeros residuales de petróleo, utilizando insumos naturales y de fácil acceso, permitiendo demostrar que los bioplásticos o biopolímeros naturales son una alternativa ecológica porque no se contamina el ambiente contribuyendo con el desarrollo sostenible de nuestra región y obteniendo productos más naturales y sanos para el medio ambiente.

1.5. Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Determinar la caracterización del bioplástico elaborado a partir de almidón de papa *Solanum tuberosum* var.*Peruanita* por el método de polimerización por condensación en diferentes concentraciones de almidón y la resistencia a la tracción como una alternativa ecológica

1.5.2 Objetivos Específicos

OE1. Determinar los procedimientos de la obtención de un bioplástico (biopolímero) aplicando el método de polimerización por condensación como una alternativa ecológica.

OE2. Evaluar la caracterización de resistencia a la tracción del bioplástico elaborada a partir de almidón de papa *Solanum tuberosum* var.*Peruanita* a escala de laboratorio.

OE3. Determinar los parámetros físico químicos de humedad, densidad, solubilidad, espesor de los bioplásticos obtenidos a partir del almidón de papa *Solanum tuberosum* var.*Peruanita*.

1.6.- Delimitación de la Investigación

1.6.1.- Delimitación espacial

La investigación se ejecutó en el laboratorio de físico química de la Escuela Académico Profesional de Ing. Ambiental y Recursos Naturales. La universidad se encuentra ubicada en la Av. Perú 700 de la ciudad de Abancay provincia de Abancay, Departamento de Apurímac, geográficamente se encuentra entre las coordenadas:

Latitud: 13° 32'29" –6° 42'20" sur

Longitud: 72° 43' 16" -72° 56'14" oeste

Altitud: 1718 –5350 msnm

1.6.2.- Delimitación Temporal

La investigación tuvo una duración de 09 meses (noviembre, diciembre 2018 y enero a julio 2019) a partir de la aprobación del proyecto

1.6.3.- Delimitación Social

Se desarrolló en la ciudad de Abancay, UTEA, Provincia de Abancay, departamento de Apurímac

Con la presente investigación se beneficiará a toda la población de Abancay 58,700 pobladores (datos del INEI al 2015).

1.6.4.- Conceptual

- “Bioplástico: Materiales de origen biológico (procedentes de recursos renovables) y biodegradables”.
- “Almidón: Sustancia blancuzca, inodora e insípida, con diferente tamaño y forma de partícula, que abunda en otras feculentas, como la papa o los cereales”.
- “Gránulo: Materiales que son presentados con un tamaño de partícula estándar o uniforme”
- “Acetilación: Reacción química que consiste en la sustitución de átomos de hidrogeno por grupos acetilo”.
- “Filtración: Proceso de separación de partículas sólidas en un líquido por medio de un material poroso denominado filtro”
- “Tamizar: Operación unitaria básica la cual se basa en pasar el material granulado a través de un tamiz con el fin de disminuir el tamaño de partícula”
- “Papa: Denominado patata, es un tubérculo comestible que se extrae de la tierra, es la reserva de energía de la planta herbácea *Solanum Tuberosum*”

1.7.- Viabilidad de la investigación

La presente investigación pretende mejorar la calidad de vida de los pobladores de la región Apurímac, dejando de usar plásticos sintéticos contaminantes que afectan la salud de los pobladores y usando como alternativa ecológica, bioplásticos elaborados de medios naturales como son las papas producidas en nuestra región y cuyos costos sean de fácil acceso al cliente, siendo económicamente un producto de buena calidad de bajo costo y de fácil degradación frente a los plásticos sintéticos que lo que haces es degradar y contaminar el ambiente. La elaboración de bioplásticos en reemplazo de los plásticos sintéticos permitirá la recuperación de los ecosistemas que han sido deteriorados como resultado del uso de plásticos

sintéticos, devolviendo la calidad de vida de los organismos que vienen siendo afectados por los plásticos no degradables en medios acuáticos, terrestres principalmente. La materia prima para esta elaboración de natural de papa *Solanum tuberosum* var. *Peruantia*, proyecto viable totalmente.

1.8.- Limitaciones

La investigación se ha llevado a cabo haciendo colecciones de las muestras sin ningún inconveniente, la papa es un recurso de nuestra región de fácil acceso, los materiales no han tenido costos elevados por lo que tampoco ha sido una limitación y la búsqueda de bibliografía ha sido de fácil acceso por lo que no ha tenido ninguna limitación para la ejecución de la parte experimental.

Entre algunas pequeñas limitaciones que se ha presentado ha sido la aún incipiente implementación de los laboratorios de la universidad, para realizar pruebas de resistencia a la tracción y elongación que para esta prueba se tuvo que recurrir a otra universidad nacional.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.- Antecedentes de la investigación

2.1.1.- A Nivel Internacional

Rodríguez, Camargo & Cruz, (2011), en la investigación titulada: “Evaluación de las propiedades mecánicas de un bioplástico a partir de Polietileno de baja densidad y almidón de papa”. “Evaluaron las propiedades mecánicas de los polímeros inyectados, por medio de microscopía electrónica de barrido - SEM, microscopía óptica y ensayos de tensión”.

En esta investigación se utilizó como materia prima: polietileno de baja densidad marca Dow referencia 4012 y almidón tipo industrial de papa referencia ALMI 4, procesado por Almicor Ltda.; aditivos polietilenglicol y agua destilada marca Ceprosa, distribuida por Inproquim Ltda. Se trabajaron porcentajes de mezcla de 5% al 30% (PEAB:100,95,85,80 y 70; almidón 0,5,15,20 y 30 %) para analizar el comportamiento del almidón con relación al polímero sintético. Se obtuvo como resultados que el comportamiento de los tratamientos con relación a un esfuerzo aplicado teniendo el tratamiento A (polietileno de baja densidad 100% y almidón de papa 0%) es de 10,1 MPa siendo el valor más alto y a medida que va aumentado el porcentaje de almidón el esfuerzo es menor como el registrado con el tratamiento E (polietileno de baja densidad 70% y almidón 30%) es de 4,93 MPa, la disminución del esfuerzo del tratamiento A al tratamiento E es de 49,4%. Tanto el esfuerzo a la ruptura y deformación a la ruptura son propiedades mecánicas que se van disminuyendo con el incremento del porcentaje de almidón y la disminución del polietileno de baja densidad.

“Con los ensayos de microscopía óptica se reveló que el factor de concentración que a mayor contenido de almidón hace que el material pierda sus propiedades mecánicas debido a que en el proceso, los gránulos se hinchan por una absorción progresiva e irreversible de agua aumentando

su tamaño”.

Navia-Porras D., (2014) con la tesis “Evaluación de propiedades físicas de bioplásticos termo-comprimidos elaborados con harina de yuca colombiana, se estudió el comportamiento de las propiedades mecánicas, densidad y color (L^* , a^* y b^*) en bioplásticos elaborados con harina de yuca de variedad MPER-183 gelatinizada, reforzados con fibra de fique. Los bioplásticos fueron obtenidos mediante la técnica de moldeo por compresión variando la presión (0, 20 y 40 psi) y la temperatura (180, 190 y 200°C). Las variables temperatura y presión de compresión afectaron significativamente ($p < 0,05$) las propiedades mecánicas, el color y la densidad de los bioplásticos, identificando las condiciones de temperatura de 180°C y presión de 0 psi como las más favorables para L^* , a^* y b^* , altos valores de esfuerzo de flexión, modulo elástico de flexión y baja densidad, mientras que la temperatura de 190°C y presión de 0 psi, fueron apropiadas para obtener altos valores de esfuerzo de tensión y modulo elástico de tensión. **Conclusiones:** Los bioplásticos obtenidos por termo-compresión bajo las condiciones de 180°C, y 0 psi presentaron los mayores valores de, F y EF, mientras que, el tratamiento de 190°C y 0 psi, evidenció el mayor valor de sT y ET. La presión de 40 psi y la temperatura de 200°C son condiciones de moldeo que no favorecieron el comportamiento mecánico de los bioplásticos elaborados con harina de yuca gelatinizada. Los valores de densidad incrementaron con el aumento de presión y temperatura. Los bioplásticos con menor densidad fueron obtenidos a 180°C y 0 psi. De la misma forma, estos últimos presentaron valores más altos del parámetro L^* , indicando que son los de color más claro, con respecto a los demás”.

Ayala A., Villada H. (2014) en su tesis “Adsorción de vapor de agua de bioplásticos elaborados con harina de dos variedades de yuca (*Manihot esculenta crantz*) Cali, Colombia” tuvo como objetivo de este estudio fue evaluar la capacidad de adsorción de vapor de agua de bioplásticos elaborados por la técnica de termo compresión usando harina de dos variedades de yuca (CM 4574-7 y CM 523-7) y tres mezclas, con polvillo

de fique y glicerol. Las isotermas de adsorción de muestras de bioplásticos de harina de yuca, polvillo de fique y glicerol fueron clasificadas cuantitativamente como tipo III y se validó que la adsorción de vapor de agua ocurre de forma superficial. Se evidenció un efecto significativo ($p < 0,05$) del factor variedad de yuca sobre el CHE de las muestras en valores de actividad de agua superiores a 0,85, siendo el bioplástico elaborado con harina de yuca de la variedad CM 4574-7 el que presentó la mayor capacidad de adsorción de agua; mientras que el factor mezcla no presentó diferencias significativas ($p > 0,05$) sobre el CHE de las muestras en todo el intervalo de actividad de agua. El modelo de Peleg fue el más apropiado en todos los tratamientos para predecir el comportamiento de adsorción de vapor de agua en los bioplásticos termo-comprimidos de harina de yuca termoplástica reforzada con fibra de fique. Los resultados de esta investigación en materiales bioplásticos son de gran interés para determinar las condiciones óptimas de almacenamiento a 25°C, predicción de la vida útil, diseño de empaques, entre otros”

Batuani Larrea, (2015), en la investigación titulada: *“Estudio de la obtención de plásticos biodegradables a partir del almidón de la papa por adición de agentes plastificantes”*. Utilizaron almidón de papa, agua destilada, glicerina, urea y ácido acético.

Se pudo evidenciar que proporciones elevadas de glicerina alteran negativamente al producto deseado, concluyendo así que la muestra 12 es la ideal debido a sus propiedades de maniobrabilidad, estabilidad en su masa, plasticidad y factibilidad de procesamiento, la cual tenía las siguientes proporciones: 30% almidón, 50% agua, 10% glicerina, 5% urea y ácido acético al 5%. El ácido se añadió luego de realizada la mezcla, cerca de la temperatura de gelatinización del producto deseado. Por el contrario, las demás mezclas mostraron condiciones con ciertas deficiencias, lo que las hacía débiles y/o con baja plasticidad, por lo que la composición de esta muestra es la apropiada para preparaciones de plásticos biodegradables.

Obtuvieron como resultado que el producto desarrollado presentó una

resistencia a la tracción de 0,0015 MPa con una elongación del 25% de su longitud inicial. En cuanto al contenido de agua la muestra presentó una humedad de 8,29%, la solubilidad de las 67 muestras fue menores al 10% en los solventes utilizados, siendo para el agua destilada, agua potable y cloroformo 7,48%; 3,78% y 0,050% respectivamente, la muestra fue disuelta totalmente en agua hervida. Al someter la muestra a almacenamiento en tierra, esta presentó signos de haber sufrido una biodegradación.

2.1.2.- A Nivel Nacional

Alarcón & Arroyo, (2016), en la investigación titulada: “Evaluación de las propiedades químicas y mecánicas de biopolímeros a partir del almidón modificado de la papa”. Se modificó el almidón con ácido acético al 5% obteniéndose un biopolímero con un 61,76% de amilosa y 38,28% de amilopectina. Las pruebas de elongación y tracción mostraron que el almidón modificado presentó una mejor propiedad mecánica, presentando la mejor muestra una resistencia a la tracción de 8,47 N y con un 33% de elongación frente a muestras sin aditivos que obtuvieron una resistencia a la tracción de 6,07 N y 14,38% de elongación. Concluyeron que la obtención de un almidón modificado con buenas propiedades mecánicas, de acuerdo a pruebas realizadas, se logra por la adición de ácido acético al 5% v/v debido a que mejora la relación de amilopectina y amilosa, la adición de quitosano y goma xantan le brindan una mejor textura al biopolímero, además de mejorar la propiedad mecánica en un 4%, esto fue corroborado con las pruebas de elongación y tracción.

Pizá Cedano H.,(2017), en la investigación ”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” tuvo como objetivo principal realizar un análisis experimental de la producción de bioplástico a partir de la cáscara de plátano verde y el diseño de una línea de producción alterna para las chifleras de la región Piura, Perú el cual se desarrolló en un tiempo de 2 meses y medio y con un presupuesto de aproximadamente S/. 12 000, con la finalidad de brindar una oportunidad de

negocio a las medianas y grandes empresas productoras de chifles en la ciudad de Piura en el largo plazo.

El resultado de la investigación es un prototipo de plato de bioplástico a partir de cáscara de plátano verde como almidón, resistente y biodegradable que puede ser propuesto como sustituto de los platos de plástico convencionales.

Paralelamente el impacto generado por esta investigación es positivo, ya que, la alternativa de utilizar las cáscaras de plátano como materia prima para la obtención de bioplástico, es beneficiosa para el medio ambiente. Sin embargo, en el ámbito financiero, la implementación del proyecto es poco atractiva; puesto que, genera una inversión de S/. 72 654.

Conclusiones: Finalmente, y por lo anterior se afirma que el proyecto “Análisis experimental de la producción de bioplástico a partir de cáscara de plátano y propuesta de diseño de una línea de producción alterna para la industria chiflera en la ciudad de Piura, Perú”, aprovecha una oportunidad de negocio vista en las mermas de la industria chiflera y una necesidad de sustituir al plástico vista en la actualidad por lo que recomendamos seguir posteriores estudios para su implementación”.

Meza Ramos P. (2016). La presente investigación “Elaboración de bioplásticos a partir de almidón residual obtenido de peladoras de papa y determinación de su biodegradabilidad a nivel de laboratorio lima. Perú” tuvo como objetivo elaborar un bioplástico a nivel de laboratorio a partir de residuos de papa variedad ‘Yungay’ y evaluar su biodegradabilidad tomando como referencia la Norma ISO 17556:2012; para lo cual se dividió la investigación en tres etapas: Extracción del almidón, elaboración del bioplástico y ensayo de biodegradabilidad del bioplástico. Para la primera etapa se utilizó el método por decantación con algunas variantes, ya que se trabajó con un residuo; asimismo se incluyeron evaluaciones a partir de las variantes de factores utilizados en las pequeñas industrias de procesamiento de papas para freír, estas son la adición de un antioxidante y la variación de la temperatura con la finalidad de evaluar la mejor metodología para obtener una mayor cantidad de almidón; una vez determinada esta

metodología se procesó 20 Kg de papa para evaluar sus características así como para elaborar el bioplástico; se obtuvo una relación de amilosa/amilopectina de 26.21/73.79 y un 89.8% de similitud del espectro evaluado con respecto al espectro del almidón soluble. En la segunda etapa se utilizó una metodología basada en la hidrólisis química del almidón para lograr polimerizar el almidón, se incluye la adición de plastificantes como el agua y el glicerol; adicionalmente se evaluó las características físicas y mecánicas de los bioplásticos elaborados con distintas cantidades de aditivos, una vez determinado el bioplástico más resistente se utilizó dicha metodología para elaborar el bioplástico, las pruebas de tracción y elongación indicaron un esfuerzo máximo de 1.47 MPa y una elongación máxima de 19.99%, el análisis infrarrojo (FTIR) indicó variaciones en los picos que explican la formación de enlaces característicos del bioplástico. En la última etapa se utilizó compost como medio de degradación, polietileno de baja densidad como control negativo, celulosa como control positivo y el bioplástico a analizar; el bioplástico alcanzó 64.21%, seguido muy de cerca por la celulosa con 63.51%, el polietileno de baja densidad (PEBD) obtuvo 6.95% y finalmente el blanco obtuvo 0.83%”

2.1.3.- A Nivel Regional

Ayquipa Cuellar E. (2018) en la investigación “Caracterización física de películas comestibles obtenidas de mucílago de cáscara de tuna (*Opuntia spp*) y almidón de cáscara de papa (*Solanum tuberosum*) (2018). Abancay” Se tuvo el propósito de determinar una caracterización física de las películas comestibles, donde se observó que el espesor varía desde 0.15 mm hasta 0.38 mm, entre las 6 formulaciones con glicerina y vinagre en cantidad constante; en cuanto a la solubilidad se mostró una marcada tendencia variable en las películas siendo la película con mayor solubilidad (X_1) y la de menor solubilidad (X_6), en cuanto a la capacidad de retención de agua (CRA), (X_1) presentó mayor retención de agua frente al resto de tratamientos. En cuanto a la opacidad se observó que la película más opaca es (X_2) debido a que tiene mayor al espesor, cabe recalcar que la opacidad también varía en función a la concentración de sus componentes de la película comestible y en cuanto a la propiedad más importante de una

película que es la permeabilidad al agua (PVA) se concluye que el espesor y la interacción molecular influye en la permeabilidad de la película, ya que la muestra (X_1) presenta menor permeabilidad frente al resto también se observó que a mayor concentración de mucílago en las películas la permeabilidad de las mismas disminuye. En el análisis de FTIR se reconocieron los grupos funcionales predominantes en las películas, se aprecia también que los espectros de todas las muestras son parecidos excepto la muestra X_4 se asume que esta diferencia por la concentración de mucílago y almidón que se utilizó en la obtención de la película comestible. En conclusión, las muestras presentan buenas características físicas, en comparación con otros estudios”.

2.2.- Bases Teóricas

2.2.1 Bioplástico

“Son materiales capaces de desarrollar una descomposición aeróbica o anaeróbica por acción de microorganismos tales como bacterias, hongos y algas bajo condiciones que naturalmente ocurren en la biosfera. Son degradados por acción enzimática de los microorganismos bajo condiciones normales del medio ambiente” (Centro de información técnica [CIT], 2009). Ver Figura 1

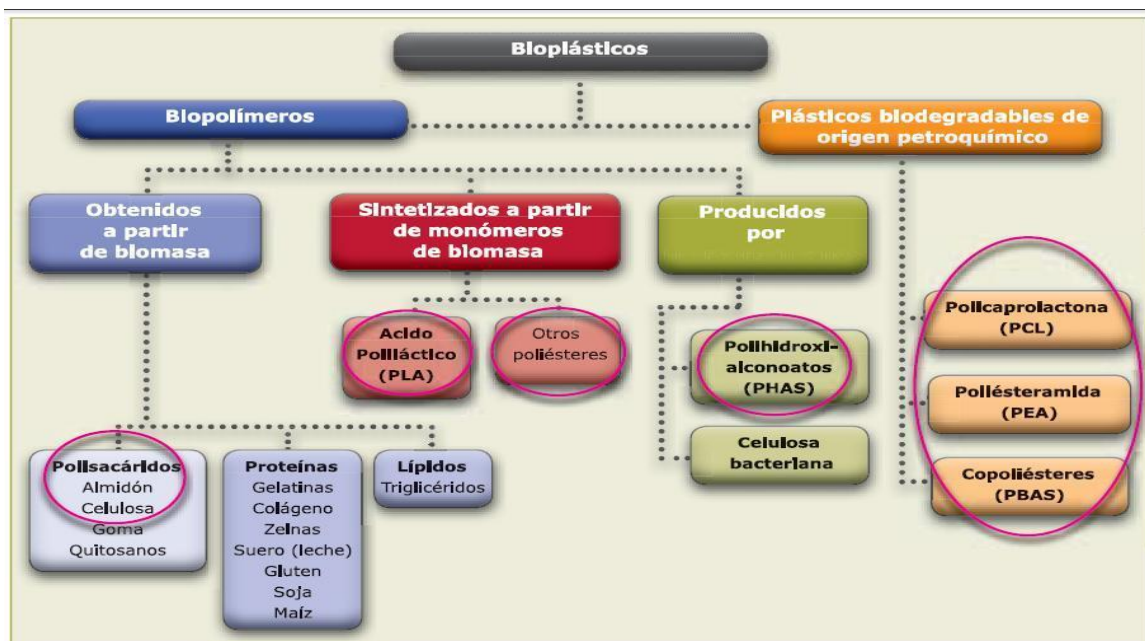


Figura 1. Clasificación de los bioplásticos

Fuente: Red Energía y Medio Ambiente [REMAR] (2011).

2.2.2. Clasificación de Bioplástico

“Los polímeros biodegradables se pueden clasificar a partir de su proceso de fabricación de la siguiente manera:

Polímeros extraídos o removidos directamente de la biomasa: polisacáridos como almidón y celulosa. Proteínas como caseína, queratina, y colágeno. Polímeros producidos por síntesis química clásica utilizando monómeros biológicos de fuentes renovables. Algunos ejemplos de este grupo son: ácido poli láctico (PLA), poli-ácidos glicoles (PGA) y policaprolactonas (PCL). Polímeros producidos por microorganismos, bacterias productoras nativas o modificadas genéticamente. Este grupo engloba a: Polihidroxialcanoatos PHA), poli-3-hidroxibutarato (PHB)” (Castillo, Iñiguez 2011).

“Sin embargo, las clasificaciones más “estrictas”, clasifican los bioplástico únicamente en función de su procedencia bien sea a partir de fuentes fósiles (derivados del petróleo) o de materias primas naturales, denominándose entonces bioplástico.” (Castillo, Iñiguez 2011).

2.2.3 Metodologías para elaborar bioplástico

“Existe una amplia variedad de bioplásticos por lo que también existe una amplia variedad de metodologías según el tipo de bioplástico que se piense elaborar”.

“Las distintas metodologías encontradas comparten la misma base teórica para elaborar los bioplástico. Para polimerizar el almidón se debe tomar en cuenta su estructura, el almidón está compuesto por amilosa y amilopectina, la amilosa tiene una estructura muy larga y recta, mientras que la amilopectina tiene una estructura ramificada y corta. Para polimerizar el almidón se debe buscar una linealidad en la estructura por lo que el primer paso debe ser eliminar las ramificaciones de la amilopectina, esto se puede lograr mediante una hidrólisis ácida.” (MIT 2012).

“Biorenewable Resources and Technology Department (2011) y Sweeney (2008) utilizaron ácido acético para dicho proceso; mientras que Arroyo y Alarcón (2011) “utilizaron ácido bórico y el PhD en química orgánica Read Davis (2008) utilizó ácido clorhídrico”. “La glicerina y el agua entre sus insumos, la glicerina actúa como plastificante y le da la flexibilidad al bioplástico mientras que el agua actúa como solvente facilitando el proceso de polimerización además de poseer también propiedades plastificantes” (Corrales, Meneses y Valencia, 2007).

2.2.4 Elaboración de Bioplástico en el Perú

“Estudios del Departamento de Ingeniería Mecánica de la Pontificia Universidad Católica del Perú Torres et al. (2011) obtuvieron el almidón de doce cultivos andinos (ver tabla 2) que utilizaron para preparar películas biodegradables por fundición. El agua y el glicerol se utilizaron como plastificantes”.

Tabla 1. Cultivos andinos usados para la producción de películas de almidón

Código	Nombre común	Parte	Nombre científico
“WCA01	“Arracacha”	“Tubérculo”	“ <i>Arracacia anthorrhiza</i> ”
CHI01	“Garbanzo”	Legumbre	<i>Cicer arietinum</i>
BAN01	“Plátano	Fruta	<i>Musa paradisíaca</i>
OCA01	“Oca”	Tubérculo	<i>Oxalis tuberosa</i>
CAS01	“Yuca	Tubérculo	<i>Manihot esculenta</i>
SPO01	“Camote”	Tubérculo	<i>Ipomoea batatas</i>
POT01	Papa amarilla	Tubérculo	<i>Solanum goniocalyx</i>
POT02	Papa “Huamantanga”	Tubérculo	<i>Solanum tuberosum</i>
POT03	Papa “Mariva”	Tubérculo	<i>Solanum tuberosum</i>
POT04	Papa “Muru-huayro”	Tubérculo	<i>Solanum tuberosum</i>
POT05	Papa “Peruanita”	Tubérculo	<i>Solanum tuberosum</i>
POT06”	Papa “Yungay”	“Tubérculo”	<i>Solanum tuberosum”</i>

Fuente: (Torres 2011).

El proyecto de investigación realizado por Arroyo y Alarcón (2013) “ha obtenido y caracterizado bioplástico a partir del almidón de la papa, maíz y yuca. El proceso se inicia obteniendo el almidón tanto de la papa, maíz y yuca, según la guía técnica de almidón (FAO). Posteriormente se

elaboró los distintos bioplástico y fueron caracterizados. Se procede a describir los materiales y métodos, y resultados que son de interés de la presente investigación”.

“Luego de obtener el almidón de las distintas fuentes se mezcló con agua destilada, alcohol polivinílico (PVA), etanol, glicerina, hidroxietilcelulosa (Hxcel), Cloruro de sodio (NaCl) y ácido bórico siguiendo arreglos ortogonales para evaluar las distintas cantidades a utilizar, así como también el tiempo y la temperatura en el proceso de elaboración del bioplásticos”

2.2.5 Biopolímeros

“Los biopolímeros son macromoléculas presentes en los seres vivos. Una definición de los mismos los considera materiales poliméricos o macromoleculares sintetizados por los seres vivos. También, a raíz de nuevas disciplinas médicas como la ingeniería de tejidos, como biopolímeros también se incluyen materiales sintéticos con la particularidad de ser biocompatibles con el ser vivo (normalmente con el ser humano)”.

“De entre los biopolímeros los referidos a la primera clasificación, existen tres principales familias: proteínas, polisacáridos y ácidos nucleicos, aunque también otros más singulares como los poli terpenos; entre los que se incluye el caucho natural, los polifenoles (como la lignina) o algunos poliésteres como los polihidroxialcanoatos producidos por algunas bacterias. El biopolímero más abundante en la tierra es la celulosa. El almidón también es un polímero natural cuyos gránulos consisten en estructuras macromoleculares ordenadas en capas y cuyas características en cuanto a composición, cantidad y forma varían de acuerdo con el tipo de fuente de la que provenga”.

“Como se puede apreciar, el campo de los biopolímeros es amplísimo, pero para efectos de la siguiente investigación se profundizará específicamente en uno de ellos, el cual es el almidón y sus propiedades: y de cómo se puede producir a partir de él, un bioplástico”:

2.2.6.- Papa (*Solanum tuberosum*)

“La papa es un tubérculo perteneciente al reino Plantae, filo Magnoliophyta, clase Magnoliopsida, orden Solanales, familia Solanaceae, género Solanum, especie *Solanum tuberosum*” (Ministerio de Medio Ambiente (MINAG, *et al.*, 2011).

“Al crecer, las hojas compuestas de la planta de la papa producen almidón y se desplaza hacia la parte final de los tallos subterráneos, también llamados estolones”.

“Estos tallos sufren la consecuencia de un engrosamiento y así se producen unos cuantos o hasta 20 tubérculos cerca de la superficie del suelo. La papa es una planta de gran capacidad de adaptación y se da bien sin que el suelo ni las condiciones de cultivo sean las ideales” (Bastos, 2009).

Según Melian (2010) afirma: “Los sólidos totales o contenido de materia seca en el tubérculo de papa, están presentes en rangos de 13,10%, 36,80 % y está constituida principalmente por almidón, proteínas, cenizas, fibra y lípidos, siendo el almidón su principal componente y comprende 3/4 partes de la materia seca”.

“Los azúcares reductores, se forman a partir del almidón de los tubérculos. Este proceso implica la acción de la enzima invertasa, la cual se incrementa a temperaturas bajas y disminuye a temperaturas altas, de ahí que para disminuir la cantidad de azúcares reductores es fundamental controlar la temperatura de almacenamiento. Si se mantiene la temperatura entre 15-20°C se produce una disminución del contenido de azúcar. Las reacciones de oxidación que provocan el pardeamiento de frutos y vegetales son de origen enzimático, la principal enzima responsable de dicho proceso es la Polifenoloxidasas (PPO). Se utilizan varios tipos de inhibidores químicos para el control del pardeamiento, uno de ellos es el metabisulfito de sodio” (Pazmiño, 2010).

“El contenido de proteína en el tubérculo fresco se encuentra entre un 2.1 y 10.3%, mientras que la materia grasa llega a 0.1% del peso fresco” (Melian, 2010).

2.2.7 La papa en el mercado

“La papa se cultiva en más de 100 países, bajo condiciones climáticas diferentes, clima templado, subtropical y tropical, aunque es esencialmente un” “cultivo de clima templado”. “Asia y Europa son las principales regiones productoras de papa en el mundo, en el año 2007 suministraron el 80 por ciento de la producción mundial. El país que produce la mayor cantidad de papas a nivel mundial es China, para el año 2007 produjo 72 millones de toneladas de este tubérculo” (Melian, 2010) “es una importante fuente de ingresos y un cultivo clave para la conservación de sus costumbres ancestrales” (Congreso ALAP, 2014).

“El Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI (2014) dio a conocer: Que la producción de papa entre los años 2004-2013, se incrementó de 3 millones 8 mil toneladas en el año 2004 hasta alcanzar las 4 millones 571 mil toneladas métricas en el 2013 lo que significó un crecimiento de 45% y una tasa promedio anual de 3,8%.”

“Aunque la cuna de la papa está en América del Sur, esta región presentó el nivel más bajo de producción de papa con menos de 16 millones de toneladas para el 2007 (Melian, 2010). La directora del proyecto Propapa-Aders Perú, Obregón como se citó en el Comercio (2015) reveló que el Perú es el primer productor del tubérculo en América Latina con 4,69 millones de toneladas de papa producidas en el 2014. Nuestro país, además, se ubica en el puesto 14 a nivel mundial, según la (FAO 2011)”

“La papa es uno de los cultivos más importantes del sector agrario en el Perú, tanto económica como socialmente. Además, casi 600,000 familias dependen de su cultivo y aportan al producto interno bruto (PIB) agrícola unos US\$500 millones anuales. Para el 87% de agricultores de la sierra peruana, la papa es su principal cultivo, para los pequeños productores que la tienen como su principal alimento dado su valor nutritivo” (Melian, 2010).

2.2.8. Variedades

“El Perú es el país con mayor diversidad de papas en el mundo, al contar con 8 especies nativas domesticadas y más de 3,000 variedades, de las 5,000 que existen en Latinoamérica. También posee 91 de las 200 especies silvestres del continente, y que generalmente no son comestibles por su sabor amargo y alta toxicidad; sin embargo, son las que han dado origen a las variedades domesticadas que hoy se consumen en el planeta” (MINAG *et al.*, 2011).

2.2.9 Usos de la papa

“La papa es uno de los alimentos más consumidos en el mundo junto con el trigo, el maíz y el arroz por lo que cumple un rol importante en la seguridad alimentaria de la población (Congreso ALAP, 2010). Existen diversas formas de consumir la papa, muchos de ellos incluyen algún tipo de procesamiento en el tubérculo; a continuación, se detalla dos de ellos que son de interés para la presente investigación”.

a.- Extracción de almidón

“El almidón de papa, o harina de chuño, comúnmente conocido como chuño inglés en los mercados municipales de Lima, es un producto que se destina tanto al consumo humano como al intermedio y al industrial. La producción de almidón de papa requiere, como insumos, de variedades con un alto porcentaje de materia seca (más del 25%) ya que existe una alta correlación entre esta y el contenido de almidón. Las variedades de papa que satisfacen este requisito son: Yungay, Mariva y las papas amargas. Dentro de estas variedades pueden utilizarse, en general, papas de cuarta categoría con un adecuado proceso de rectificado” (Gómez y Wong 2008).

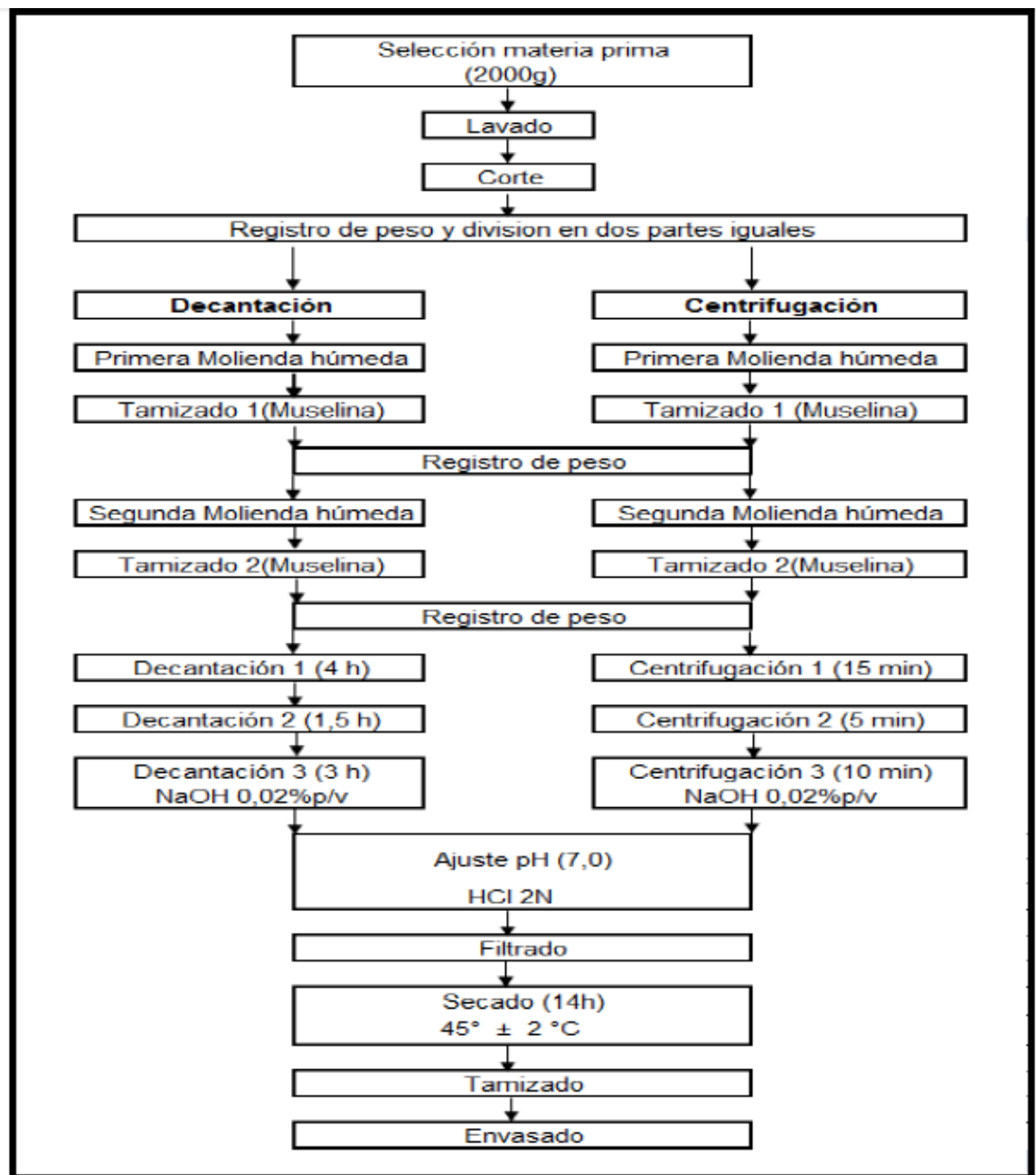


Figura 2. Etapas en la extracción del almidón
Fuente: Melian (2010).

2.2.10 Otros usos de la papa

“La cáscara de la papa y otros desechos “sin valor” de la industria de la papa tiene un abundante contenido de almidón” (Bastos, 2009). “El almidón de la papa es ampliamente utilizado por las industrias farmacéuticas, textil, de la madera y del papel, como adhesivo, aglutinante, texturizador y relleno, y por las compañías que perforan pozos petroleros, para lavar pozos. El almidón de

papa es un sustituto 100 por ciento biodegradable del polietileno y se utiliza, por ejemplo, para hacer platos y cubiertos desechables”. (Melian 2010).

2.2.11 Almidón

“El almidón es un polímero natural, un gran hidrato de carbono que las plantas sintetizan durante la fotosíntesis y sirve como reserva de energía (Castillo *et al.*, 2011). Son importantes fuentes de almidón el maíz, trigo, papa, yuca, ñame y otros. El almidón no es realmente un polisacárido, sino la mezcla de dos, la amilosa y la amilopectina (Barrios *et al.*, 2007). El contenido en amilosa varía según la fuente de origen y suele estar comprendido entre el 17 y el 35% en peso” (Martínez Gallegos, 2005).

“El almidón es una materia prima que tiene propiedades termoplásticas cuando se realiza la disrupción estructural a nivel molecular. La presencia de amilosa en un 70% en almidones de amilo-maíz da una estructura fuerte y más flexible a la película. La estructura ramificada de la amilopectina generalmente le da a la película pobres propiedades mecánicas. Los compuestos de los almidones hidroxipropilados son usados para la preservación de caramelos, pasas, nueces y dátiles para evitar la rancidez oxidativa. La síntesis de la copolimerización e injertación de monómeros tales como acrilonitrilo, generan un precursor de fibras acrílicas utilizadas en la preparación de compuestos de almidón más polímero, los cuales son también biodegradables”. (Martínez Gallegos, 2005).

“Las tecnologías que aún se siguen desarrollando, están relacionadas con la incorporación del gránulo de almidón o almidón en forma gelatinizada a las formulaciones de las películas fabricadas en procesos de compresión, extrusión soplada, extrusión de un sólo tornillo o doble tornillo y moldeo por inyección”.

“La adición de polímeros naturales como el almidón al interior del polietileno en forma granular entre un 6 y 30%, es una aproximación en la fabricación de empaques biodegradables. Las películas de almidón y

polietileno de baja densidad (LDPE) contienen hasta un 30% de almidón, mostrándose como un material parcialmente biodegradable. Otra aplicación del almidón es la combinación en forma gelatinizada en proporciones entre el 30 y el 70% mezclado con polímeros sintéticos” (Acosta y Velasco, 2007)

Tabla 2. Porcentaje de amilosa y amilopectina de almidones de diferente origen

Fuente	% Amilosa	% Amilopectina
“Trigo”	26	74
“Cebada”	22	78
“Maíz”	28	72
“Amilomaíz”	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

Fuente: Martínez (2005).

2.2.12 Propiedades estructurales del almidón natural

“Los granos de almidón están formados por macromoléculas organizadas en capas. Dos estructuras poliméricas diferentes componen los almidones: la amilosa y la amilopectina. Cerca del 20% de la mayoría de los almidones es amilosa y el 80% amilopectina. Las moléculas de amilosa, situadas en las capas interiores, están compuestas de aproximadamente 200 a 20.000 moléculas de glucosa unidas por enlaces glicosídicos α -1,4 en cadenas no ramificadas o enrolladas en forma de hélice. Muchas moléculas de amilosa tienen algunas ramificaciones α -D- (1,6), aproximadamente entre 0,3 a 0,5% del total de los enlaces. Estas generalmente, no son ni muy largas ni muy cortas y están separadas por grandes distancias permitiendo a las moléculas actuar, esencialmente como un polímero lineal, formando películas y fibras fuertes” (Ruiz, 2006).

“También se caracteriza por sus propiedades hidrofílicas que le confieren una buena afinidad con el agua. Esta propiedad se debe a la presencia de grupos

hidroxilos en las moléculas de glucosa que pueden establecer enlaces de hidrógeno con las moléculas de agua” (Meré, 2009).

“El tamaño de la molécula de la amilopectina es mayor que la de la amilosa. la amilopectina se compone por enlaces glucosídicos α -1,6 y α -1,4. Esto enlaces glucosídicos α -1,6 se producen con otras moléculas de glucosa, lo cual provoca que tenga una estructura más ramificada que la amilosa. Alrededor del 4-5% de las unidades de glucosa están implicadas en los enlaces α (1-6) las ramificaciones tienen una longitud de cadena media de 20-25 unidades de glucosa” (Martínez, 2005).

“El almidón está organizado en partículas discretas conocidos como gránulos debido a que la amilopectina es el componente más abundante en tubérculos como la papa, es el responsable de que el gránulo presente una estructura organizada en forma de anillos y cierta propiedad semicristalina formando así dos regiones, una cristalina y otra amorfa” (Tovar, 2008).

“A medida que la planta produce moléculas de almidón, éste se deposita en capas sucesivas en forma radial alrededor de un hilo central para formar un grano compacto que se logra mediante la combinación de moléculas de amilosa y amilopectina, mediante enlaces de hidrógeno, obteniéndose, al parecer una distribución homogénea Lenhebach” (como se citó en Melian, 2010).

2.2.13 Tratamientos hidrotérmicos del almidón

“El almidón en su estado nativo es insoluble en agua. Forma una suspensión temporal de grandes partículas, que no se disuelve en el medio que las rodea y se depositan en el fondo de un recipiente con líquido a menos que se agite. Las partículas pueden embeber una pequeña cantidad de agua, pero generalmente, la formación de una suspensión supone un cambio mínimo del almidón. La captación de agua por el almidón es reversible si el almidón se seca mientras no se ha cocido” (Vaclavick, 1998).

a. “Gelatinización”

“Los gránulos de almidón se hidratan al calentarse en medio acuoso, a este proceso se le conoce como gelatinización” (Tovar, 2008).

“Al calentarse provoca el colapso (ruptura) del orden molecular, manifestado por cambios irreversibles del gránulo de almidón en las propiedades tales como la fusión de las zonas cristalinas del gránulo, pérdida de birrefringencia y solubilización de las moléculas que conforman el almidón” (Torres, 2007).

“La birrefringencia es una propiedad óptica del almidón en el que los gránulos presentan dos índices de refracción por lo cual cuando se irradian con luz polarizada desarrollan la conocida cruz de malta” (Canónico, 2003). “Alguno de los factores que afectan en la gelatinización” según Vaclavick (1998) son:

“Ácido: Ácidos como el ácido acético provocan una hidrólisis ácida durante la cocción de los gránulos de almidón dando lugar a la formación de dextrinas o polímeros de cadena corta. La hidrólisis de la molécula de almidón también da lugar a una menor absorción de agua por el gránulo de almidón”.

“Agitación: La agitación o el dar vueltas, tanto inicialmente como durante el proceso de gelatinización, permite a los gránulos de almidón hincharse independientemente y crear una mezcla más uniforme, sin grumos. Sin embargo, la agitación excesiva después de que se completa la gelatinización puede romper los gránulos y, en consecuencia, aumentar la fluidez de las mezclas de almidón”.

“Temperatura: La gelatinización del almidón se completa a 88-90°C y hasta 95°C; aunque los almidones varían en su temperatura de gelatinización. La investigación realizada por Betancur et al. (2008) encontró que la mejor temperatura de gelatinización para el almidón de papa fue de 69°C”.

b. Retrogradación

“El término retrogradación, ha sido utilizado para describir los cambios que ocurren cuando las moléculas de almidón gelatinizado empiezan a

reorganizarse, formando una o más estructuras ordenadas, es decir pasan de un estado inicial amorfo a un estado final más cristalino, se puede ver como el fenómeno opuesto a la gelatinización”. (Tovar, 2008)

“La retrogradación también está definida como el proceso colectivo de pérdida de solubilidad del almidón disuelto, ya que al enfriar y dejar en reposo las pastas de almidón, estas se hacen progresivamente menos solubles Fennema”. Torres, (2007)

“La amilosa y la amilopectina liberadas durante la gelatinización del almidón, se reasocian e incrementan la rigidez entre y dentro de los gránulos hinchados formando una especie de red. La amilosa usualmente gelifica fuera del gránulo inmediatamente después de la gelatinización. La amilopectina permanece en el gránulo hinchado, donde lentamente recrystaliza.” (Torres Martínez, 2007).

“La retrogradación consiste en dos procesos:

- a.- Gelación de las moléculas de amilosa lixiviadas del gránulo durante la gelatinización.
- b.- Recrystalización de la amilopectina” (Biliaderis, 1991 a citado por Torres, 2007).

2.3.- MARCO CONCEPTUAL

1.-BIOPLÁSTICOS

“Son denominados bioplásticos (BPL) los plásticos elaborados parcialmente o por completo de polímeros de materiales provenientes de fuentes renovables. Una característica fundamental de los BPL es la biodegradabilidad lo que implica degradación y destrucción por la acción de los hongos y bacterias, bajo condiciones ambientales determinadas”. “Como norma general, se puede considerar que un material es biodegradable en medio húmedo cuando se degrada entre 28 y 60 días ó en medio seco o en compostaje natural, en 90 días. Actualmente, los grupos de polímeros considerados como BPL son los PLA (Ácido polilácticos); el PHA (polihidroxialcanoato), almidón (y almidones

complejos) y otros poliésteres sintéticos, eventualmente de origen petrolífero” (Ecoembes, 2009)

2.-BIOPLASTICOS

“Son compuestos de alto peso molecular elaborados a partir de fuentes naturales, tales como cultivos de poliésteres microbianos, de almidón, celulosa, entre otros. El almidón ha sido una de las principales materias primas consideradas para tal fin, debido a su alta disponibilidad, bajo costo, carácter renovable, biodegradabilidad y competitividad económicamente en relación al petróleo” (Chariguamán, 2015).

3.-ALMIDÓN

“El almidón es un polisacárido complejo, que se almacena en forma de gránulos, con diferentes tamaños entre sí, composición química y características físicas, que varían según la fuente de la cual proviene” (Arias, 2019). “Es una estructura semicristalina compleja y altamente organizada, compuesta por polímeros de glucosa: amilosa y amilopectina, encontrándose la síntesis del componente amilosa dentro de la matriz de amilopectina. Desde el punto de vista de su utilización como material polimérico, se pueden distinguir dos usos diferentes: como matriz polimérica en forma de almidón termoplástico y como nanocarga en forma de nanocristales” (Sessini & Peponi, 2017).

4.-GLICERINA

“La glicerina se caracteriza por ser un compuesto muy estable y compatible con muchas sustancias. Así mismo, presenta propiedades físicas y químicas que permiten su utilización y aplicación en innumerables procesos químicos para la obtención de variados, compuestos de interés, principalmente para la industria farmacéutica, cosmética y alimentaria” (Molinero, L., 2012).

5.- POLIMERIZACIÓN POR CONDENSACIÓN.

“En cada unión de dos monómeros se pierde una molécula pequeña. Debido a esto, la masa molecular del polímero no es necesariamente un múltiplo exacto de la masa molecular” (Díaz Ronald 2018).

6.- AMILOSA:

“Representa cerca del 20% de la mayoría de los almidones. Las moléculas de amilosa, situadas en las capas interiores, están compuestas de aproximadamente 200 a 20.000 moléculas de glucosa unidas por enlaces glicosídicos $\alpha - 1,4$ en cadenas no ramificadas o enrolladas en forma de hélice. “Muchas moléculas de amilosa tienen algunas ramificaciones $\alpha - D - (1,6)$ ” aproximadamente entre 0,3 a 0,5% del total de los enlaces. Estas generalmente, no son ni muy largas ni muy cortas y están separadas por grandes distancias permitiendo a las moléculas actuar, esencialmente como un polímero lineal, formando películas y fibras fuertes” (Ruiz G. 2006)

7- TENSIÓN.

“La fuerza de tensión se refiere al máximo estrés desarrollado en una película al someterse a una prueba de elongación, mientras el valor de elongación presenta la habilidad de estirarse. Generalmente un incremento en la cantidad de plastificante da como resultado bioplásticos con menor fuerza de tensión y una mayor elongación, efecto observado” (Choin y Han 2009) ”en películas de proteína de cerdo”

8.- POLÍMEROS SINTÉTICOS

“Durante la Segunda Guerra Mundial, Japón cortó el suministro de caucho natural proveniente de Malasia e Indonesia a los aliados. La búsqueda de un sustituto dio como origen el caucho sintético, y con ello surgió la industria de los polímeros sintéticos y plásticos” (Leidenger, 1997).

“Los procesos de polimerización; pueden ser por adición o por condensación obteniendo polímeros de cadena lineal o una macromolécula tridimensional. Además, la industria de plásticos utiliza varios métodos de polimerización, tales como: polimerización en masa, en solución, en emulsión y en suspensión”. (Leidenger, 1997)

9.-POLÍMEROS NATURALES

“Una de las áreas de la ciencia de los polímeros más importante es la de los polímeros naturales. Una de las razones es que los polímeros son renovables, ya que la naturaleza puede seguir sintetizándolos a medida que se extraen, y sobre todo se debe a la creciente necesidad de conservar y regular recursos químicos”.

“Los biopolímeros son aquellos producidos por los seres vivos. Existe una infinidad de polímeros naturales entre los cuales se puede destacar tres grandes grupos: Proteínas, Polisacáridos y Ácidos Nucleicos” (Seymour y Carraher, 2002).

10.- ELONGACION

“Mediante la prueba de elongación podemos derivar tres propiedades: Tensión, deformación y módulo de elasticidad” (Vicentini, 2003). “Las propiedades expresan la resistencia de un material a la elongación y a la ruptura, cuando se somete a una tensión, el módulo de elasticidad indica cuan rígido es un materia” (Oliveira et al., 1996).

11.- TRACCION

“Consiste en someter a una probeta normalizada a un esfuerzo axial de tracción creciente hasta que se produce la rotura de la misma”. Díaz Ronald (2018)

CAPITULO III

METODOLOGIA DE INVESTIGACION

3.1.- HIPOTESIS

3.1.1.- Hipótesis Principal

HP. El bioplástico obtenido a partir del almidón de papa *Solanum tuberosum* sp. var. *Peruanita* por el método de polimerización por condensación presenta caracterizaciones adecuadas, una resistencia a la tracción en diferentes concentraciones de almidón y es una alternativa ecológica.

3.1.2.- Hipótesis específicas

HE1.- Los procedimientos para la obtención de un bioplástico a partir del almidón de papa *Solanum tuberosum* var. *Peruanita* mediante el método de polimerización por condensación es adecuada.

HE2.- La caracterización de la resistencia del bioplástico obtenido a escala de laboratorio de almidón de papa *Solanum tuberosum* var. *Peruanita* tiene alto porcentaje de resistencia a la tracción.

HE3.- Los parámetros físico químicos: humedad, densidad, solubilidad, espesor de los bioplásticos obtenidos a partir del almidón de papa *Solanum tuberosum* var. *Peruanita* determinan la resistencia de los bioplásticos

3.2.-MÉTODO

Se ha investigado en laboratorio de la Universidad Tecnológica de los Andes

Se aplicó los siguientes métodos:

3.2.1.- Método de decantación para la Obtención del Almidón

Selección de la papa: En esta operación se elige las papas que presentaran un buen estado físico, seleccionadas de 05 zonas en cada zona coleccionar un kilo de papa.

“Lavado de la corteza. Se lavará con agua fría, con la ayuda de un cepillo se procedió a eliminar todas las impurezas (lodo, pajas, piedras, etc.).”

“Una vez limpios fueron pelados y pesados, se determinará el peso exacto de cada papa con cáscara.”

“Licuado: licuar los trozos de malanga para reducirla de tamaño.”

“Filtración: filtrar la mezcla obtenida mediante un filtro de tela, esta acción se repitió varias veces hasta asegurarse que los residuos de la papa no se presenten en la mezcla.”

“Sedimentación: el filtrado se depositará en baldes refrigerándose durante 48 horas a 4°C.”

Decantación: “Se eliminará el agua que se encontraba en la parte superior del recipiente, al sedimento se le añadió más agua limpia y se dejó precipitar. Esta operación se realizó tres veces hasta que el agua sobrenadante quedó completamente clara.”

Secado: “El precipitado se secará al sol durante varios días hasta que esté completamente seco.”

Tamizado: “Desintegrar todos los grumos formados durante el proceso de secado.”

3.2.2.- Método de polimerización por condensación para la Obtención del bioplástico

“Colocar en un vaso de precipitados 10 g de almidón de papa y agregar 100 ml de agua destilada, se mezcla bien, posteriormente se agregan 10 ml de glicerina y 15 ml de ácido acético a 0,1M.”

“Se mantiene la mezcla aproximadamente 10 minutos en el calentador, en hervor, demasiado alta, adicionar de 2 a 8 ml de NaOH 0.1M, para disminuir la viscosidad.” “Verter la mezcla en una bandeja; este biopolímero se deja secar en la estufa a 40°C durante dos horas o hasta que alcance una humedad del 10-25%.” Ver Figura 3

3.2.3.- Método para la Evaluación de la resistencia a la tracción.

“Se aplicó el método ATR de espectrofotometría de absorción atómica. Los biopolímeros obtenidos del almidón de papa, serán caracterizados para medir el nivel de tracción y elongación a través de un tratamiento térmico con un proceso de secado (70°C a 75°C). La caracterización por absorción atómica muestra que la película de biopolímero tiene

concentraciones de plomo, cadmio y arsénico de acuerdo a los estándares nacionales de calidad ambiental”. Ver Figura 4

3.2.4.- Método Analítico para la determinación de las características físico-químico:

Determinación del % de humedad del bioplástico

Para determinar la cantidad de agua presente en la muestra se determinó la pérdida de peso de la muestra por el calentamiento en la estufa, refiriendo su peso al peso total de la muestra y expresada como porcentaje, pesando en tres crisoles previamente tarado una muestra del bioplástico.

Se colocaron los crisoles con las muestras en el horno a una temperatura de 105 °C durante 4 horas.

Se debe realizar un nuevo peso de los crisoles con las muestras e identificar el peso disminuido de la muestra de polímeros.

Se debe volver a colocar las muestras al horno durante 1 hora, esperar que las muestras se enfríen y pesar. Repetir este proceso hasta que el peso de las muestras quede en un peso constante”

3.2.5.-Determinación de densidad

“Se toma una muestra y se pesa en la balanza analítica, (5.6 g) luego se toma una probeta de 100 ml se coloca 50 ml de agua destilada.”

“Con mucho cuidado se introduce la muestra del biopolímero plástico hasta que quede completamente sumergido. Se registra cuanto sube el nivel del agua; este es el volumen del plástico en cm³.”

3.3.-Tipo de investigación

Aplicada y tecnológica

Cuantitativo (de acuerdo a los tipos de datos a analizar). “Ya que cumplen con las características que lo definen.

Se distingue por tener propósitos prácticos inmediatos bien definido, es decir investiga para actuar, transformar, modificar o producir cambios en un determinado sector de la realidad” (Carrasco, 2007).

3.4.- Nivel o alcance de Investigación

Experimental

“En este nivel se aplica métodos o técnicas para mejorar y corregir la situación problemática que ha dado origen a la situación problema” (Carrasco, 2007).

3.5.- Diseño de la Investigación

Diseño experimental con tratamientos múltiples

Consiste en la aplicación de los diversos tratamientos experimentales a todos los sujetos de uno o varios grupos con el propósito de analizar sus efectos sobre ellos.

PROCESO DE EXPERIMENTACION

PRIMER PASO: Sujetos de Investigación (G)

SEGUNDO PASO: Tratamiento experimental (X)

TERCER PASO: Observación medición (O)

CUARTO PASO: Datos del Investigador DI

Cuando la variable independiente se manipula en diversos grados (almidón de papa se experimentará con diferentes grados de glicerina) es necesario diseñar varios tratamientos experimentales (serán 03 tratamientos) que no difieren en la modalidad de aplicación

RG1	X1	O1
RG2	X2	O2
RG3	X3	O3
RG4	X4	O4
RG5	X5	O4
RG6	X6	O6

R: asignación al azar o randomización

G: grupo de individuos

X: tratamiento o condición experimental

O: medición de los sujetos de un grupo

CUADRO DE ESTIMACION DE LOS MINIMOS CUADRADOS

FV	GL	SC	CM	F
Tratamientos	t-1	SCT	CMT	CMT/CME
Error experimental	r.-t	SCE	CME	
Total	r.-1	SCTotal		

- N de tratamientos y características en cada tratamiento
- ANOVA
- Tuckey

3.6.- Operacionalización de variables

3.6.1.- Identificación de variables

VARIABLE INDEPENDIENTE: Bioplásticos

VARIABLE DEPENDIENTE: Almidón de papa

VARIABLES	DIMENSIONES	CONCEPTOS	INDICADORES	VALORES
VARIABLE INDEPENDIENTE: BIOPLASTICOS	Humedad	Cantidad de agua, vapor de agua o cualquier otro líquido que está presente en la superficie o el interior del bioplástico.	%	0-100 %
	Resistencia	Capacidad del biopolímero plástico de doblarse fácilmente sin que se rompa.	Pascal = [N/m ²]), [MPa]	Carga de rotura
	Solubilidad	solubilidad es la medida de la capacidad de cierta sustancia para disolverse en otra.	gramos/litro	Peso-volumen
	Densidad	Relación entre el peso (masa) de una sustancia y el volumen que ocupa (esa misma sustancia).	gr/cm ³	Masa-volumen
	Espesor	Es una unidad de longitud, utilizada para medir el grosor (espesor) de materiales muy delgados o extremadamente finos.	mm	
VARIABLE DEPENDIENTE ALMIDON DE PAPA	DIMENSIONES	CONCEPTOS	INDICADORES	VALORES
	Masa Papa var. Peruanita	Es una medida de la cantidad de materia que posee un cuerpo.	g	10

	Volumen (glicerina)	Es la cantidad de espacio que ocupa un cuerpo. El volumen es la cantidad física derivada.	ml	10
	Temperatura	Magnitud de temperatura sometida al almidón para que pueda absorber agua, sus gránulos puedan hincharse y aumentar su volumen.	°C	60-75 °C

Fuente: Elaboración propia

3.7.- Población y Muestra

- **POBLACION:** Producción de los cultivos de papa *Solanum tuberosum* variedad *Peruanita*, de las provincias de Abancay y Andahuaylas.
- **MUESTRA:** 5 kilos de papa *Solanum tuberosum* Var. *Peruanita* para la extracción del almidón como materia prima de la investigación

3.8.- Técnicas e Instrumentos

3.8.1.- Materiales, Equipos y reactivos

Materiales y Reactivos utilizados

Termómetro ambiental -10 a 110 °C, Vasos de precipitación 80 ml, 250 ml, Probetas de vidrio de 25 ml, 50 ml, 100 ml, Vaso Erlenmeyer 150 ml, Pizeta de 250 ml, Pipeta de 12 ml, Placas Petri de vidrio 27 ml, Tubos de ensayo de vidrio de 15 ml, Gradilla metálica de 15 tubos, Desecador de vidrio, Espátula metálica, Mortero de porcelana. Bagaeta, Cuchillo, Coladores pequeños y medianos, pipeta, Agua destilada, Alcohol 96 %, Vinagre 5 % de acidez, Glicerina grado alimentario.

Equipos: Estufa tamizadora eléctrica, balanza analítica, balanza digital, potenciómetro, centrifuga espectrofotómetro con lámpara y accesorios, centrifuga pequeña, cocinilla eléctrica, licuadora, vernier digital, refractómetro.

El análisis estadístico se realizó a las variables: espesor, densidad, humedad, solubilidad.

Los espectros de FTIR, se analizaron e interpretaron por las lecturas emitidas por el equipo espectrofotómetro de lectura de FTIR, para determinar la pigmentación de las películas de los bioplásticos.

3.8.2. Procedimiento Experimental

La investigación ha sido experimental para la elaboración del bioplástico de almidón de papa, tuvo 3 partes:

1ra Parte: Obtención de la materia prima

2da Parte: Elaboración de los bioplásticos

3ra Parte: Caracterización del bioplástico

“Se tomó en cuenta solo 3 tratamientos a los que se les denominó formulaciones X_1 , X_2 , X_3 , y para reducir el grado de incertidumbre durante la experimentación se realizaron dos repeticiones para cada una de las formulaciones, haciendo un total de 06 observaciones”.

3.8.3.- Obtención del almidón de papa

“Selección: Se han seleccionado 5 kilos de papa de la zona de Andahuaylas y Abancay, de la papa variedad peruanita, tomando en cuenta que su estado de conservación sea muy bueno, así como el lavado las papas”

“Lavado: Esta operación se realizó en un colador a chorro de agua potable con la finalidad de eliminar restos de tierra y posteriormente desinfectar con solución al 2 % de hipoclorito de sodio”.

“Pesado: Esta operación se realizó con la finalidad de conocer la cantidad de papa a utilizar expresada en kg”.

“Triturado: Con la ayuda de una licuadora, se ha introducido las papas con agua destilada en una proporción de (1: 2)”

“Filtrado: Se filtra con la finalidad de separar el almidón de la fibra celulósica, haciendo uso de coladores de malla media y fina. Esta operación se repitió cinco veces mediante lavados con agua destilada”

“Decantación: se realizó para separar el líquido (sobrenadante) del almidón”.

“Secado: El almidón de papa obtenido se secó a una temperatura de 40 °C por el lapso de 8 horas”.

3.9. Obtención de la película del bioplástico.

Recepción: El almidón de papa y los reactivos (glicerina y ácido acético). La glicerina es de grado farmacéutico y amigable con el ambiente por ello un componente importante en la elaboración del bioplástico. Ver Figura 5

Pesado: La materia prima se pesó en la balanza analítica, la cantidad a pesar fue determinada por la formulación ya establecida por el investigador. Ver Figura 6

Mezclado y homogenizado: Se ha mezclado en un vaso de precipitación añadiendo X gramos de almidón, adicionándole 1 ml de ácido acético y 2 ml de glicerina para luego homogenizar con una varilla de vidrio por 5 min. Así se observa en Figura 7 y Figura 8.

Tratamiento térmico: Se prepara la cocina eléctrica con placa calefactora y ahí se coloca la mezcla homogenizada agitando por un minuto y según como se caliente se adiciona agua (ml) hasta que alcance su punto de ebullición y la viscosidad deseable, cabe resaltar que todos los ingredientes se usaron según la formulación. Ver Figura 9 y Figura 10

Vertido: Se prepara para cada formulación unas placas petri debidamente rotuladas, en ellas también se colocó papel teflón esto para facilitar la manipulación del bioplástico después del secado, ya con esto se vierte la mezcla en las placas y así hacer el proceso de homogenizar por movimientos suaves hasta cubrir por completo la placa. Ver Figura 11

Secado: Una vez obtenida la mezcla en las placas petri se llevó a secar en una estufa a 42 °C por 24 horas a una humedad relativa de 50 %. Ver Figura 12

Almacenado: Retiramos los bioplásticos con mucho cuidado de las placas petri y de forma impecable se guarda en un plástico de polietileno hermético, esto con el fin de que la humedad del ambiente sea absorbida por ellas. Ver Figura 13

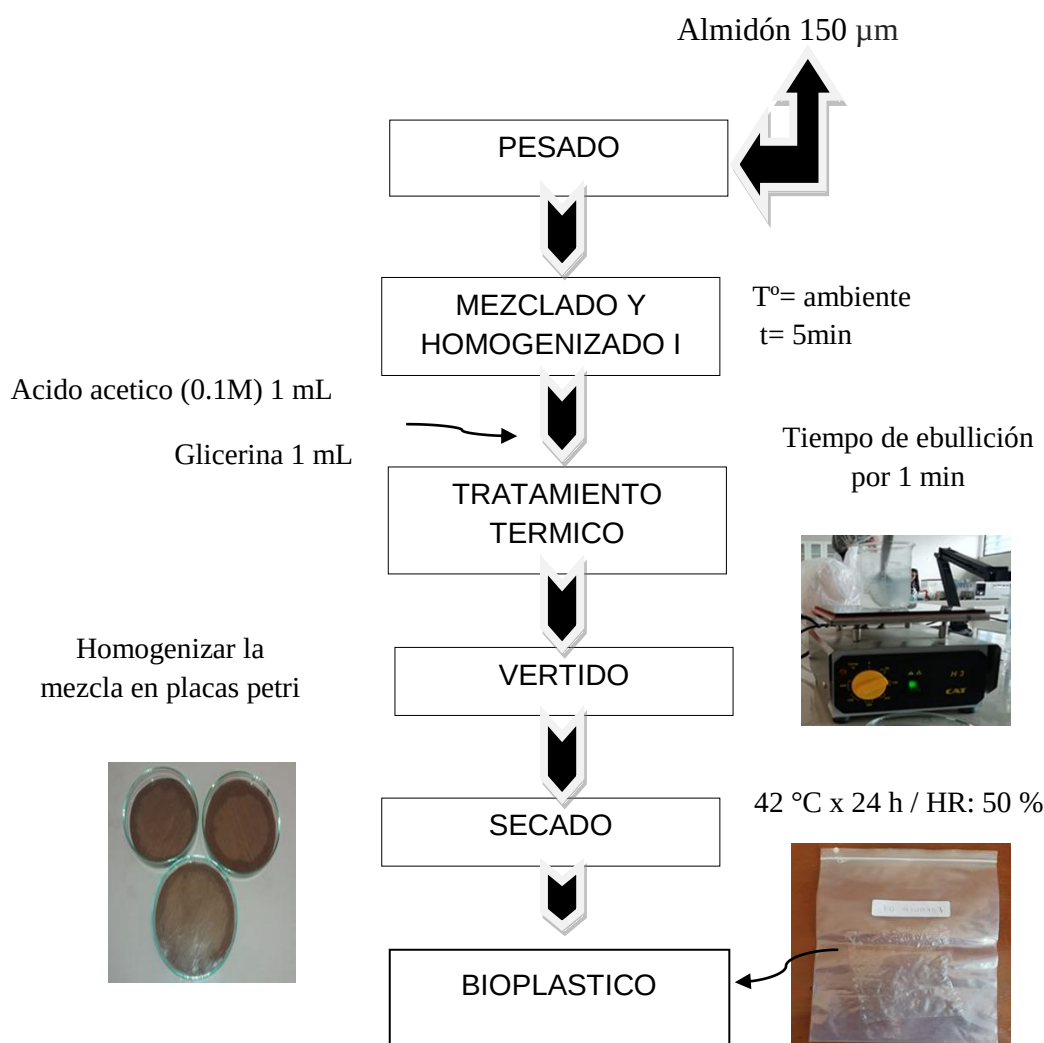


Figura 14 Flujograma de la elaboración del bioplástico- Elaboración propia.

Tabla 3. Característica organoléptica y física de sustancias utilizadas para la Obtención de los bioplásticos

Muestra	Color	T. Partícula	%H	pH
Almidón de papa	Blanco	150 μm	11	6.7
Glicerina (líquida)	Translucido			8.6
Acido Acético	Translucido			2.4
Agua Destilada	Incoloro			6.9 a 7

Fuente: Elaboración propia

3.10. Microscopia electrónica de barrido (SEM). Procedimiento

Se ha utilizado la microscopia de barrido para identificar la resistencia de las biopelículas en las diferentes concentraciones de los bioplásticos obtenidos. Ver Figura 15 y 16

Se ha evaluado la microestructura de los bioplásticos HMMP en tamaños diferentes para ver las granulaciones del almidón en las concentraciones trabajadas Ver Figuras 17, Figura 18 y Figura 19

3.11 Técnicas e instrumentos

3.11.1.- Determinación del espesor

“El espesor se determinó mediante la técnica indicada por” (Oregel-Zamudio y et al., 2016).

“El espesor se ha determinado con un vernier, se hicieron 09 mediciones en diferentes puntos de las muestras seleccionadas y se utilizó la media para calcular sus propiedades fisicoquímicas”. (Oregel-Zamudio y et al., 2016).

3.11.2.-Determinación de densidad

“La densidad, se determinó de acuerdo a la metodología reportada” (Oregel-Zamudio y et al., 2016). “Se recortaron 09 cuadros láminas de bioplástico de 2 cm², con un micrómetro se determinó el largo ancho y alto de cada cuadro para determinar el volumen, con una balanza analítica se obtuvo la masa de cada cuadro y posteriormente se calculó la densidad”. (Oregel-Zamudio 2016).

3.11.3.-Determinación de la humedad

“La humedad de las muestras se determinó por diferencia de peso, según la técnica (Oregel-Zamudio et al., 2016). Se utilizaron láminas de bioplásticos y se colocaron en contenedores de papel aluminio previamente secados. La humedad de las muestras se determinó por diferencia de peso. Se utilizó una

estufa de convección natural a una temperatura de 100 °C por un tiempo de 24 h, se comprobó con peso constante de la muestra.”

3.11.4.- Solubilidad

“Se utilizaron láminas de bioplástico previamente secas y libres de humedad. Se colocaron 80 ml de agua destilada en un matraz Erlenmeyer de 250 ml con un cuadrado de láminas de bioplástico de 2x2 cm. Se mantuvo durante 10 min en agitación sobre una parrilla con un agitador a 25 °C. Posteriormente se recuperó la película del bioplástico y se colocó en una estufa a temperatura de 60 °C durante 24 horas, hasta obtener peso constante” (Oregel-Zamudio, et al., 2016).

3.11.5.- Determinación Interacción estructural mediante FTIR

“Se analizaron los espectros infrarrojos del bioplástico elaborado, utilizando el espectrofotómetro infrarrojo FTIR, se ha evaluado en la región medio entre 400 y 4000 cm^{-1} . Ver Figura 20. En el análisis de FTIR se reconocieron los grupos funcionales predominantes en las películas de los bioplásticos”. (Oregel-Zamudio, et al., 2016).

3.12.- Consideraciones éticas

INVESTIGADORES DE LA INVESTIGACION (trayectoria)	Investigacion con riesgo Mínimo	Poblacion sujeta de Investigacion
1.- Bachiller Brayan JAMANCA CHIPANA aspirante a título profesional de Ingeniero Ambiental	La utilizacion de la papa como materia prima en la tesis no pone en riesgo a la planta tomando en cuenta los principios establecidos en el articulo 19 del reglamento de Etica de la UTEA	No existe vulnerabilidad en la poblacion vegetal de la papa <i>Solanum tuberosum</i> var. Peruanita por utilizarse solo 05 kilos de papa en forma referencial la colecta asi como no existe riesgo con la poblacion de estudio que es Abancay.
2.- Asesora: Dra. Carolina Soto Carrión, investigadora RENACYT categoría CARLOS MONGE III, docente principal ordinario de la Escuela Profesional de	El costo beneficio es totalmente balanceado debido a que unicamente se utilizo 05 kilos de una amplia produccion de papa var. Peruanita en la región de	La papa es un recurso

Ingeniería Ambiental y RRNN.	Apurimac. Cabe mencionar que su uso de la papa ha sido unicamente de nuestra zona, entendiéndose que para otro tipo de investigaciones similares se puede utilizar la papa de otras regiones, la materia prima (almidón) es lo que ha permitido generar una buena alternativa ecológica frente al constante deterioro del medio ambiente. .- No existe impacto sobre la muestra que es el almidón de papa var. Peruanita. .- En la investigación se contó con personas que tienen conocimiento sobre la conservación de la muestra de papa así como sobre el control de riesgos del uso de la papa var. Peruanita.	vegetal de regular abundancia en nuestra región, por lo que ha sido fácil la obtención y selección de la misma sin poner en riesgo a la producción de la misma
------------------------------	---	--

3.13. Procedimientos estadísticos

Los análisis de resultados se procesaron mediante el software estadístico SPSS version 26 (varianza) y para evaluar las diferencias significativas usando comparación de Tukey y Statgraphics Centurion XVI para diseño experimental por superficie de respuestas (Yuan, Gao, Mao, & Zhao, 2008).

Media aritmética ($\bar{X}$)	Varianza (S^2)
$\bar{X} = \frac{\sum x}{n}$	$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_j - \bar{X})^2}{n - 1}$

(Yuan, Gao, Mao, & Zhao, 2008)

“El análisis estadístico se realizó a las variables mediante un Análisis de Varianza y si se encontraran diferencias se realizó una prueba de Tukey a un nivel de confianza de 95 %” (Di Rienzo, et al., 2011).

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RESULTADOS

Para obtener películas del bioplástico, “diferentes autores proponen formulaciones según el tipo de componentes poliméricos a utilizar, hasta obtener películas de buenas características físicas, no existe una norma que indique los estándares de calidad para una película de un bioplástico”. En la investigación se tomó en cuenta las cantidades y concentraciones de almidón de papa (Betancur-Ancona (2007) “mencionan que la claridad es un parámetro clave para determinar la aplicación de los almidones en productos alimenticios debido a que pueden dar brillantez u opacidad al producto final. La acetilación podría influir en la formación de agregados que harían variar la transmitancia, debido a que después de la gelatinización, la transmitancia disminuyó para los diferentes tipos de almidón” Betancur-Ancona (2007)

Los materiales utilizados han sido de fácil acceso y la obtención del almidón ha sido un proceso bastante fácil. Los procedimientos se han realizado en el Laboratorio de la UTEA.

Tabla 4. Proporciones determinadas para las formulaciones (tratamientos).

Número de Formulaciones(tratamientos)	Almidón (gm)	Ácido Acético (ml)	Glicerina (ml)	pH	H2O (ml)
F ₁	2	1	2	4.49	25
F ₂	2	1	2	4.40	25
F ₃	1	1	2	4.37	25
F ₄	1	1	2	4.47	25
F ₅	1.5	1	2	4.39	25
F ₆	1.5	1	2	4.40	25

Fuente: Elaboración propia

Luego de haber elaborado las 6 formulaciones, se ha procedido a determinar la caracterización y su respectivo análisis. Análisis de la Resistencia a la Tracción y elongación de los bioplásticos a diferentes pesos de almidón.

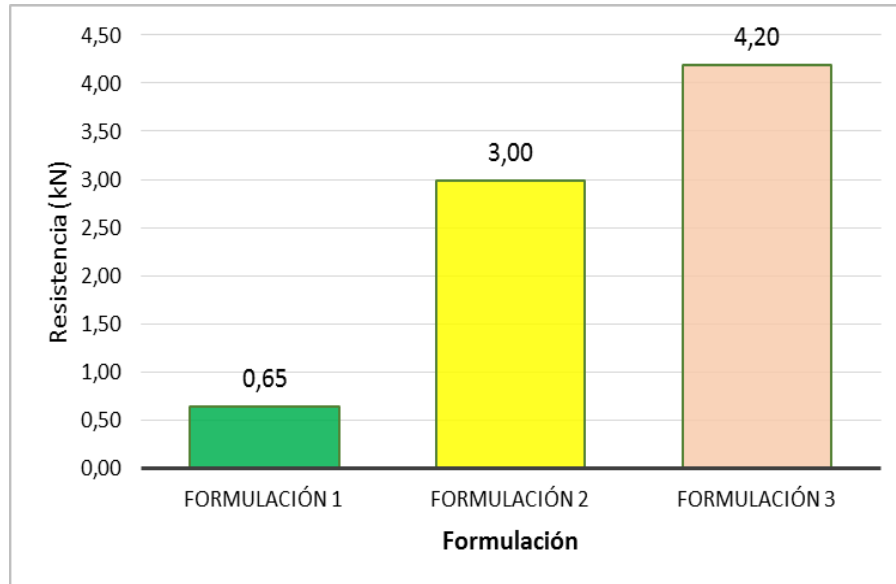


Figura 20. Medias de la resistencia a la tracción del bioplástico de almidón de papa *Solanum tuberosum* var. *Peruanita*

En la figura se muestra que mediante la formulación 1 se posee más resistencia a la tracción de las películas de almidón de papa *Solanum tuberosum* var. *Peruanita*, en vista que se tiene un promedio de resistencia de 4,20 kN. Le continúa la formulación 2 con un promedio de 3,00 KN de resistencia; y la formulación 1 con una resistencia de 0,65 kN.

4.2. Evaluación de la característica: Resistencia a la tracción

4.2.1. Prueba de Anova

Hipótesis

H1: Al menos una de las formulaciones empleadas es diferente a las demás en cuanto a la resistencia a la tracción de las películas de almidón de papa *Solanum tuberosum* var. *Peruanita*.

H0: No existen diferencias entre las formulaciones empleadas en cuanto a la resistencia a la tracción de las películas de almidón de papa *Solanum tuberosum* var. *Peruanita*.

Nivel de significancia: 0,05

Tomar en consideración

Se rechaza la H0 cuando Sig. < 0,05

No se rechaza la H0 cuando Sig. > 0,05

Prueba estadística

Tabla 5. Prueba Anova sobre la resistencia a la tracción de los bioplásticos de almidón de papa *Solanum tuberosum* var. *Peruanita*

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	19,565	2	9,782	8,358	0,018
Dentro de grupos	7,022	6	1,170		
Total	26,587	8			

Interpretación

La Sig. Entregó un valor de 0,018. De manera que se rechaza la H0 y se puede indicar que estadísticamente al menos una de las formulaciones empleadas es diferente a las demás en cuanto a la resistencia a la tracción de las películas de almidón de papa *Solanum tuberosum* var. *Peruanita*. Por lo cual se debe recurrir a la prueba Post-Hoc de Tukey para evaluar donde se dan las diferencias significativas.

4.2.2. Prueba Post-Hoc HSD de Tukey

Tabla 6. Prueba de comparaciones múltiples Post-Hoc HSD Tukey sobre la resistencia a la tracción de los bioplásticos de almidón de papa *Solanum tuberosum* var. *Peruanita*

		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
(I) Formulación	(J) Formulación				Límite inferior	Límite superior
Formulación 1	Formulación 2	-2,35000	0,88331	0,083	-5,0603	0,3603
	Formulación 3	-3,55000*	0,88331	0,016	-6,2603	-0,8397
Formulación 2	Formulación 1	2,35000	0,88331	0,083	-0,3603	5,0603
	Formulación 3	-1,20000	0,88331	0,418	-3,9103	1,5103
Formulación 3	Formulación 1	3,55000*	0,88331	0,016	0,8397	6,2603
	Formulación 2	1,20000	0,88331	0,418	-1,5103	3,9103

*, La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

En la tabla se evidencia que, con un nivel de significancia de 0,05, solamente existen diferencias significativas entre la formación 1 y la formulación 3 sobre la resistencia a la tracción de las películas de almidón de papa *Solanum tuberosum* var. *Peruanita* (Sig.<0,05). Entre las demás comparaciones de formulaciones no existen diferencias significativas (Sig.>0,05).

Tabla 7. Prueba Post-Hoc de HSD Tukey sobre la resistencia a la tracción de los bioplásticos de almidón de papa Solanum tuberosum var. Peruanita

Formulación	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Formulación 1	3	0,6467	
Formulación 2	3	2,9967	2,9967
Formulación 3	3		4,1967
Sig.		0,083	0,418

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

En la tabla resumen de la prueba Post-Hoc de Tukey se evidencia que, significativamente, la mayor resistencia a la tracción de las películas de almidón *Solanum tuberosum* var. *Peruanita* le pertenece a la formulación 3 con una media de 4,1967 kN. Por otro lado, con una posición intermedia se encuentra la formulación 2 con una media de 2,9967 kN. Finalmente, la resistencia a la tracción menor le corresponde a la formulación 1 con una media de 0,6467 k/N

4.3. Análisis multivariado de la varianza, ANOVA

Hipótesis

H1. Al menos existe una diferencia significativa entre las medias considerando la combinación de las variables dependientes.

H0. Al menos existe una diferencia significativa entre las medias considerando la combinación de las variables dependientes.

Nivel de significancia

0,05

Tomar en consideración

Se rechaza la H0 cuando Sig. < 0,05

No se rechaza la H0 cuando Sig. > 0,05

Prueba estadística

Tabla 8 Pruebas multivariante

Efecto		Valor	F	gl de hipótesis	gl de error	Sig.
Intersección	Traza de Pillai	1,000	13461,322 ^b	5,000	2,000	0,000
	Lambda de Wilks	0,000	13461,322 ^b	5,000	2,000	0,000
	Traza de Hotelling	33653,305	13461,322 ^b	5,000	2,000	0,000
	Raíz mayor de Roy	33653,305	13461,322 ^b	5,000	2,000	0,000
Formulación	Traza de Pillai	1,982	65,431	10,000	6,000	0,000
	Lambda de Wilks	0,000	302,927 ^b	10,000	4,000	0,000
	Traza de Hotelling	10448,401	1044,840	10,000	2,000	0,001
	Raíz mayor de Roy	10394,082	6236,449 ^c	5,000	3,000	0,000

a. Diseño: Intersección + Formulación

b. Estadístico exacto

c. El estadístico es un límite superior en F que genera un límite inferior en el nivel de significación.

De acuerdo a los estadísticos evaluados sobre el MANOVA (Traza de Pillai, Lambda de Wilks, Traza de Hotelling, Raíz mayor de Roy), se aprecia que en todos se dieron significancias menores que 0,05 (Sig.<0,05). De manera que se puede indicar que al menos existe una diferencia significativa entre las medias considerando la combinación de las variables dependientes.

4.4. Análisis de la caracterización física del bioplástico

“Una de las macromoléculas más utilizadas para la producción de plásticos biodegradables, es el almidón, debido a su disponibilidad en productos como el maíz, la yuca y la papa, que son altamente cultivados a nivel mundial y a bajo costo. Además, este biopolímero se procesa para obtener polímeros que pueden sustituir en muchas funciones a los termoplásticos, por ejemplo, en aplicaciones de empaque y agricultura. Para lograr la plastificación del almidón, éste debe mezclarse con un plastificante (p. ej. glicerina), con la ayuda de temperatura y de esfuerzo cortante adecuado” (Marchán 2009)

4.4.1. Resultado del espesor.

Los resultados son la media de tres formulaciones con dos repeticiones cada una, donde en se puede observar el espesor de las películas de bioplástico obtenidas en todos los casos, no han sido uniformes, contrastándose con el análisis de varianza, observando diferencias significativas entre las 6 formulaciones.

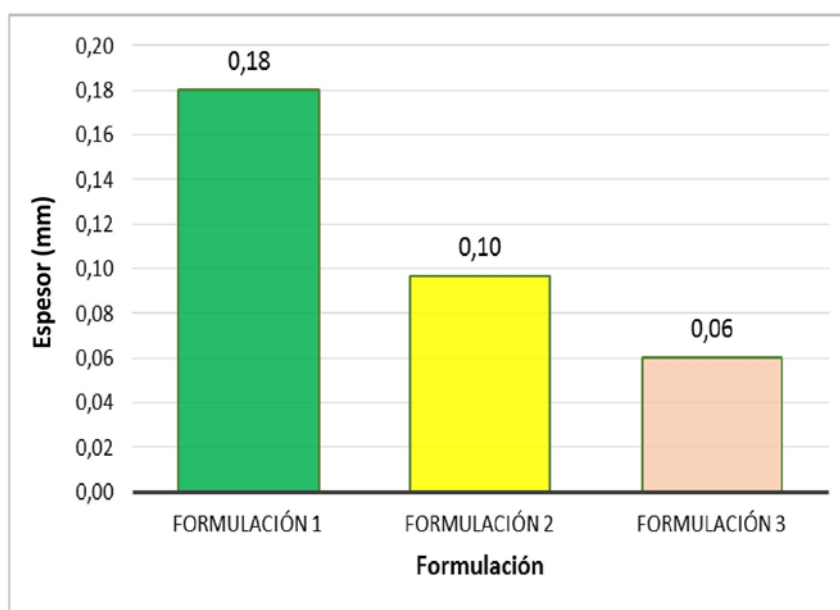


Figura 21. Espesor de las Biopelículas de almidón

En la figura 21 se aprecia que mediante la formulación 1 se posee más espesor de las películas de almidón de papa *Solanum tuberosum* var. *Peruanita*, ya que tiene un promedio de espesor de 0,18 mm. Le continúa la formulación 2 con un promedio de 0,10 mm de espesor; y la formulación 3 con un espesor de 0,06 mm.

4.1.1.1. Evaluación de la característica: Espesor

Prueba de Anova

Hipótesis

H1: Al menos una de las formulaciones empleadas es diferente a las demás en cuanto al espesor de las películas de almidón de papa *Solanum tuberosum* var. *Peruanita*.

H0: No existen diferencias entre las formulaciones empleadas en cuanto al espesor de las películas de almidón de papa *Solanum tuberosum* var. *Peruanita*.

Nivel de significancia

0,05

Tomar en consideración

Se rechaza la H0 cuando Sig. < 0,05

No se rechaza la H0 cuando Sig. > 0,05

Prueba estadística

Tabla 9. Prueba Anova sobre el espesor de las películas de almidón de papa *Solanum tuberosum* var. *Peruanita*

	Suma de cuadrados	de gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	0,023	2	0,011	63,812	0,000
Dentro de grupos	0,001	6	0,000		
Total	0,024	8			

Interpretación

La Sig. dio un valor de 0,000. con lo cual se rechaza la H0 y se puede indicar que estadísticamente al menos una de las formulaciones empleadas es diferente a las demás en cuanto al espesor de las películas de almidón de papa *Solanum tuberosum* var. *Peruanita*. Por lo cual se debe recurrir a la prueba Post-Hoc de Tukey para evaluar donde se dan las diferencias significativas.

4.1.1.2. Prueba Post-Hoc HSD de Tukey

Tabla 10. Prueba de comparaciones múltiples Post-Hoc HSD Tukey sobre el espesor del bioplástico de almidón de papa *Solanum tuberosum* var. *Peruanita*

					Intervalo de confianza al 95%	
(I) Formulación	(J) Formulación	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Límite inferior	Límite superior
Formulación 1	Formulación 2	0,08333*	0,01089	0,001	0,0499	0,1167

	Formulación 3	0,12000*	0,01089	0,000	0,0866	0,1534
Formulación 2	Formulación 1	-0,08333*	0,01089	0,001	-0,1167	-0,0499
	Formulación 3	0,03667*	0,01089	0,035	0,0033	0,0701
Formulación 3	Formulación 1	-0,12000*	0,01089	0,000	-0,1534	-0,0866
	Formulación 2	-0,03667*	0,01089	0,035	-0,0701	-0,0033

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

En la tabla se aprecia que, con un nivel de significancia de 0,05, existen diferencias significativas entre todas las formulaciones sobre el espesor de las películas de almidón de papa *Solanum tuberosum* var. *Peruanita* (Sig.<0,05).

Tabla 11. Resumen de la prueba Post-Hoc de HSD Tukey sobre el espesor del bioplástico de almidón de papa *Solanum tuberosum* var. *Peruanita*

Formulación	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Formulación 3	3	0,0600		
Formulación 2	3		0,0967	
Formulación 1	3			0,1800
Sig.		1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

En la tabla resumen de la prueba Post-Hoc se aprecia que, significativamente, el mayor espesor de las películas de almidón *Solanum tuberosum* var. *Peruanita* le pertenece a la formulación 1 con una media de 0,180 mm. Le continúa la formulación 2 con una media de 0,0967 mm. Finalmente, el espesor menor le corresponde a la formulación 3 con una media de 0,060 mm.

Ibargüen, et al., (2015) “realizaron un estudio acerca de la elaboración y caracterización de películas comestibles a base del gel de aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller L.) y dice que el comportamiento del espesor es creciente a medida que es incorporado la glicerina en las formulaciones, esto puede ser atribuido a la dilatación de las muestras y a su vez a una mayor homogenización de los componentes”.

4.4.2. Resultado de densidad.

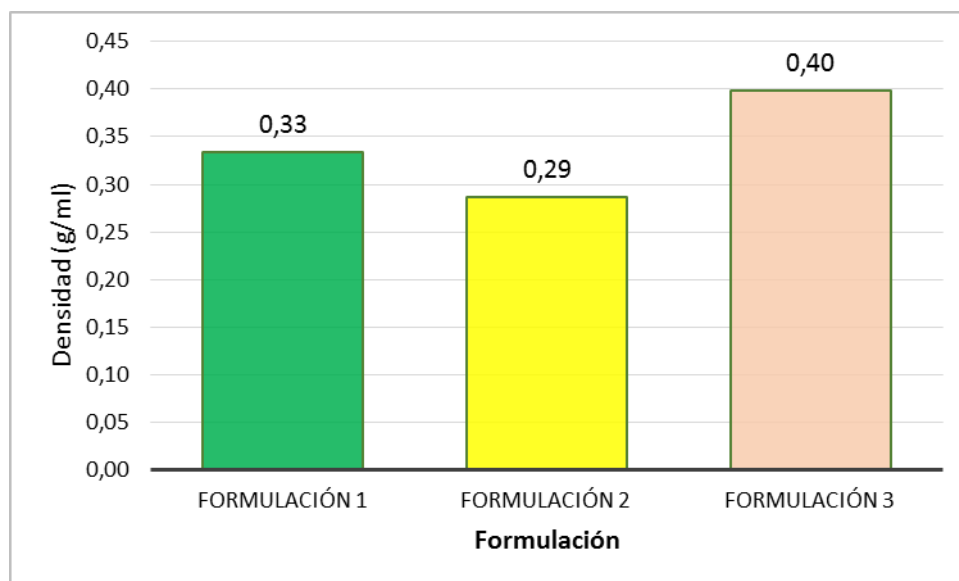


Figura 22 Densidad del almidón en las diferentes formulaciones

En la figura se muestra que con la formulación 3 se posee más densidad de las películas de almidón de papa *Solanum tuberosum* var. *Peruanita*, pues tiene un promedio de densidad de 0,40 g/ml. Le sigue en menor medida, la formulación 1 con un promedio de 0,33 g/ml de densidad; y la formulación 2 con una densidad promedio de 0,29 g/ml.

Melian (2010) “afirma que un alto contenido de proteína en el almidón, cambia sus propiedades físico-químicas influyendo en su viscosidad, además le confiere una capacidad a espumar”.

4.4.2.1. Evaluación de la característica: Densidad

4.4.2.1.1. Prueba de Anova

Hipótesis

H1: Al menos una de las formulaciones empleadas es diferente a las demás en cuanto a la densidad de las películas de almidón de papa *Solanum tuberosum* var. *Peruanita*.

H0: No existen diferencias entre las formulaciones empleadas en cuanto a la densidad de las películas de almidón de papa *Solanum tuberosum* var. *Peruanita*.

Nivel de significancia

0,05

Tomar en consideración

Se rechaza la H0 cuando Sig. < 0,05

No se rechaza la H0 cuando Sig. > 0,05

Prueba estadística*Tabla 12. Prueba Anova sobre la densidad de las películas de almidón de papa Solanum tuberosum var. Peruanita*

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	0,018	2	0,009	6,235	0,034
Dentro de grupos	0,009	6	0,001		
Total	0,027	8			

Interpretación

La Sig. arrojó un resultado de 0,034. Con lo cual se rechaza la H0 y se puede indicar que estadísticamente al menos una de las formulaciones empleadas es diferente a las demás en cuanto a la densidad de las películas de almidón de papa *Solanum tuberosum* var.

Peruanita. De manera que se debe recurrir a la prueba Post-Hoc de Tukey para evaluar donde se dan las diferencias significativas.

4.4.3 Prueba Post-Hoc HSD de Tukey*Tabla 13. Prueba de comparaciones múltiples Post-Hoc HSD Tukey sobre la densidad del bioplásticos de almidón de papa Solanum tuberosum var. Peruanita*

(I) Formulación	(J) Formulación	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Formulación 1	Formulación 2	0,04667	0,03127	0,359	-0,0493	0,1426
	Formulación 3	-0,06333	0,03127	0,187	-0,1593	0,0326
Formulación 2	Formulación 1	-0,04667	0,03127	0,359	-0,1426	0,0493
	Formulación 3	-0,11000*	0,03127	0,029	-0,2059	-0,0141
Formulación 3	Formulación 1	0,06333	0,03127	0,187	-0,0326	0,1593
	Formulación 2	0,11000*	0,03127	0,029	0,0141	0,2059

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

En la tabla se muestra que, con un nivel de significancia de 0,05, solamente existen diferencias significativas entre la formación 2 y la formulación 3 sobre la densidad de las películas(bioplástico) de almidón de papa *Solanum tuberosum* var. *Peruanita* (Sig.<0,05). Entre las demás comparaciones de formulaciones no existen diferencias significativas (Sig.>0,05).

Tabla 14. Prueba Post-Hoc de HSD Tukey sobre la densidad del bioplástico de almidón de papa *Solanum tuberosum* var. *Peruanita*

Formulación	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Formulación 2	3	0,2867	
Formulación 1	3	0,3333	0,3333
Formulación 3	3		0,3967
Sig.		0,359	0,187

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

En la tabla resumen de la prueba Post-Hoc de Tukey se muestra que, significativamente, la mayor densidad de las películas (bioplástico) de almidón *Solanum tuberosum* var. *Peruanita* le pertenece a la formulación 3 con una media de 0,3697 g/ml. Por otro lado, en posición intermedia se encuentra la formulación 1 con una densidad de 0,333 g/ml. Por último, la densidad menor le corresponde a la formulación 2 con una media 0,2867 g/ml.

4.4.4. Resultado del porcentaje de humedad

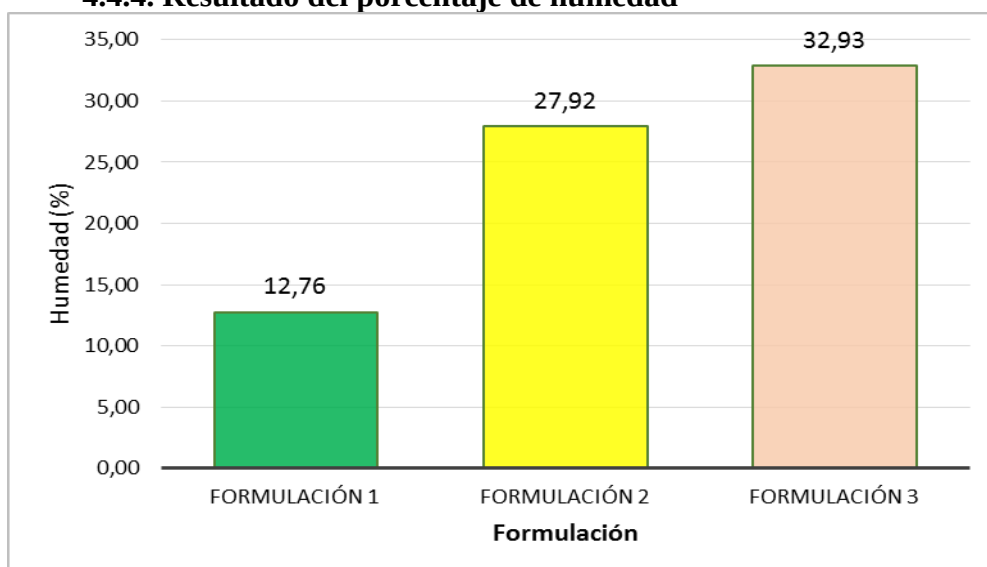


Figura 23 Porcentaje de humedad en tres formulaciones

Se puede evidenciar en la figura 23 que a través de la formulación 1 se tiene menos promedio de humedad de las películas de almidón de papa *Solanum tuberosum* var. *Peruanita*, ya que tiene una humedad promedio de 12,76%. Por su parte, la formulación 2 tiene un promedio de 27,92% de humedad. Le continúa en menor medida, la formulación 3 con una humedad promedio de 32,92%

4.5. Evaluación de la característica: Humedad

4.5.1. Prueba de Anova

Hipótesis

H1: Al menos una de las formulaciones empleadas es diferente a las demás en cuanto a la humedad de las películas de almidón de papa *Solanum tuberosum* var. *Peruanita*.

H0: No existen diferencias entre las formulaciones empleadas en cuanto a la humedad de las películas de almidón de papa *Solanum tuberosum* var. *Peruanita*.

Nivel de significancia

0,05

Tomar en consideración

Se rechaza la H0 cuando Sig. < 0,05

No se rechaza la H0 cuando Sig. > 0,05

Prueba estadística

Tabla 15 Prueba Anova sobre la humedad del bioplástico de almidón de papa *Solanum tuberosum* var. *Peruanita*

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	661,183	2	330,592	2487,731	0,000
Dentro de grupos	0,797	6	0,133		
Total	661,981	8			

Interpretación

La Sig. dio un valor de 0,000. Por lo cual se rechaza la H_0 y se permite indicar que estadísticamente al menos una de las formulaciones empleadas es diferente a las demás en cuanto a la humedad de las películas de almidón de papa *Solanum tuberosum* var. *Peruanita*. Por lo cual se debe recurrir a la prueba Post-Hoc de Tukey para evaluar donde se dan las diferencias significativas.

4.3.2 Prueba Post-Hoc HSD de Tukey

Tabla 16. Prueba de comparaciones múltiples Post-Hoc HSD Tukey sobre la humedad del bioplástico de almidón de papa *Solanum tuberosum* var. *Peruanita*

(I) Formulación	(J) Formulación	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Formulación 1	Formulación 2	-15,15667*	0,29765	0,000	-16,0699	-14,2434
	Formulación 3	-20,16000*	0,29765	0,000	-21,0733	-19,2467
Formulación 2	Formulación 1	15,15667*	0,29765	0,000	14,2434	16,0699
	Formulación 3	-5,00333*	0,29765	0,000	-5,9166	-4,0901
Formulación 3	Formulación 1	20,16000*	0,29765	0,000	19,2467	21,0733
	Formulación 2	5,00333*	0,29765	0,000	4,0901	5,9166

*, La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

En la tabla se evidencia que, con un nivel de significancia de 0,05, existen diferencias significativas entre todas las formulaciones sobre la humedad de las películas de almidón de papa *Solanum tuberosum* var. *Peruanita* (Sig.<0,05).

Tabla 17. Prueba Post-Hoc de HSD Tukey sobre la humedad de los bioplásticos de almidón de papa *Solanum tuberosum* var. *Peruanita*

Formulación	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Formulación 1	3	12,7633		
Formulación 2	3		27,9200	
Formulación 3	3			32,9233
Sig.		1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

En la tabla resumen de la prueba Post-Hoc se muestra que, significativamente, la menor humedad de las películas de almidón *Solanum tuberosum* var. *Peruanita* le pertenece a la formulación 1 con una media de 12,7633%. Le continúa la formulación 2 con una media de 27,920% Por último, la humedad mayor le corresponde a la formulación 3 con una media de 32,923%.

“La cantidad de componentes y la formación de la matriz polimérica influyeron directamente en el contenido de humedad ya que en diversos estudios se ha comprobado que debido a su naturaleza el glicerol es sumamente higroscópico y por tanto, las películas formadas con este plastificante presentan un aumento en la humedad. (Cho y Ree., 2002 mencionado por Abrajan, M., 2008) indican que por las características del glicerol se debe utilizar como plastificante una combinación en partes iguales de glicerol y sorbitol (polioles) para conseguir efectos intermedios”. (Cho y Ree., 2002 mencionado por Abrajan, M., 2008)

“Por otro lado el tipo de almidón involucrado parece afectar a la humedad, el almidón de papa contiene 20% de amilosa y 80% de amilopectina” (Brumovsky, L.2014) “la amilosa se encuentra formando una cadena lineal que en solución tiene la capacidad de formar películas delgadas, pero al secar, presentan alta rigidez, por su parte la amilopectina, como todo compuesto de alto peso molecular y de cadena ramificada es altamente soluble en agua, ambas combinadas y en solución pueden formar capas con diferentes propiedades mecánicas y fuertes características de cohesión” (Masschelein-Kleiner, 1995 citado por

4.6. Resultado de índice de solubilidad

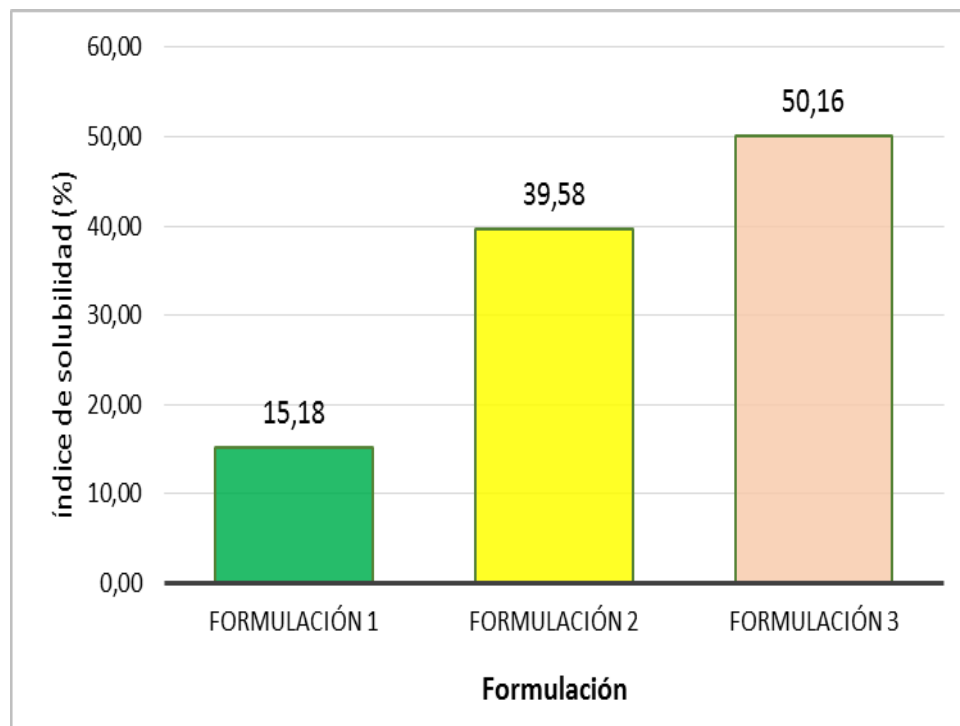


Figura 24 Índice de solubilidad de las películas de bioplástico de almidón de papa *Solanum tuberosum* var. *Peruanita*

En la figura se muestra que la formulación 1 tiene menos promedio de índice de solubilidad de los bioplásticos de almidón de papa *Solanum tuberosum* var. *Peruanita*, ya que tiene un promedio de 15,18%. Le continúa la formulación 2, la cual tiene un promedio de 39,58% de índice de solubilidad. A su vez, la formulación 3 tiene mayor índice de solubilidad, con un promedio de 50,16%.

4.7. Evaluación de la característica: Índice de solubilidad

4.7.1. Prueba de Anova

Hipótesis

H1: Al menos una de las formulaciones empleadas es diferente a las demás en cuanto al índice de solubilidad del bioplástico de almidón de papa *Solanum tuberosum* var. *Peruanita*.

H0: No existen diferencias entre las formulaciones empleadas en cuanto al índice de solubilidad del bioplástico de almidón de papa *Solanum tuberosum* var. *Peruanita*.

Nivel de significancia

0,05

Tomar en consideración

Se rechaza la H0 cuando Sig. < 0,05

No se rechaza la H0 cuando Sig. > 0,05

Prueba estadística

Tabla 18. Prueba Anova sobre el índice de solubilidad del bioplástico de almidón de papa *Solanum tuberosum* var. *Peruanita*

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1931,201	2	965,600	1488,261	0,000
Dentro de grupos	3,893	6	0,649		
Total	1935,093	8			

Interpretación

La Sig. arrojó un resultado de 0,000. Con lo cual se rechaza la H0 y se puede indicar que estadísticamente al menos una de las formulaciones empleadas es diferente a las demás en cuanto al índice de solubilidad del bioplástico de almidón de papa *Solanum tuberosum* var. *Peruanita*. De manera que se debe recurrir a la prueba Post-Hoc de Tukey para evaluar donde se dan las diferencias significativas y así tener muy claro cada resultado obtenido por la prueba.

4.8. Prueba Post-Hoc HSD de Tukey

Tabla 19. Prueba de comparaciones múltiples Post-Hoc HSD Tukey sobre el índice de solubilidad del bioplástico de almidón de papa *Solanum tuberosum* var. *Peruanita*

(I) Formulación	(J) Formulación	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Formulación	Formulación 2	-24,40000*	0,65768	0,000	-26,4179	-22,3821

1	Formulación 3	-34,98333*	0,65768	0,000	-37,0013	-32,9654
Formulación	Formulación 1	24,40000*	0,65768	0,000	22,3821	26,4179
2	Formulación 3	-10,58333*	0,65768	0,000	-12,6013	-8,5654
Formulación	Formulación 1	34,98333*	0,65768	0,000	32,9654	37,0013
3	Formulación 2	10,58333*	0,65768	0,000	8,5654	12,6013

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

En la tabla se muestra que, con un nivel de significancia de 0,05, existen diferencias significativas entre todas las formulaciones sobre el índice de solubilidad de las películas de almidón de papa *Solanum tuberosum* var. *Peruanita* (Sig.<0,05).

Tabla20. Prueba Post-Hoc de HSD Tukey sobre el índice de solubilidad de los bioplásticos de almidón de papa *Solanum tuberosum* var. *Peruanita*

Formulación	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Formulación 1	3	15,1800		
Formulación 2	3		39,5800	
Formulación 3	3			50,1633
Sig.		1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

En la tabla resumen de la prueba Post-Hoc se evidencia que, significativamente, el menor índice de solubilidad de las películas de almidón *Solanum tuberosum* var. *Peruanita* le pertenece a la formulación 1 con una media de 15,180%. Le sigue la formulación 2 con una media de 39,580%. Finalmente, el índice de solubilidad mayor le corresponde a la formulación 3 con una media de 50,163%. Los resultados de la tabla muestran con precisión cada resultado.

4.9. Interacción estructural mediante espectroscopia infrarrojo FTIR

“La espectroscopia infrarroja mide la radiación infrarroja absorbida por las moléculas, lo que ocasiona una modificación en los niveles de energía vibracional; que permite identificar grupos funcionales (átomos enlazados) en la molécula y la identificación de la misma” (Piqué y Vázquez, A., 2012).

“Cuando diferentes polímeros son compatibles, las interacciones intermoleculares se llevan a cabo, de tal forma que el estudio espectroscopia de IR de una mezcla es útil para entender la compatibilidad de los polímeros” (Ibargüen, et al., 2015).

La espectroscopia FTIR ha sido utilizada para determinar las interacciones entre el almidón, de la glicerina y vinagres presentes en la matriz polimérica.

“Mediante el equipo de infrarrojo se realizaron, barridos de 16 lecturas en un minuto a una absorbancia de 0 a 0.60, en una región de infrarrojo medio de números de onda entre 4000 a 400 cm^{-1} se. Cabe recalcar que los picos de extremo superior indican la máxima absorbancia. Cada sustancia tiene un espectro característico, En la figura 17 se muestran los espectros de todos los componentes de las películas en transmitancia versus número de onda” (Ibargüen, et al., 2015).

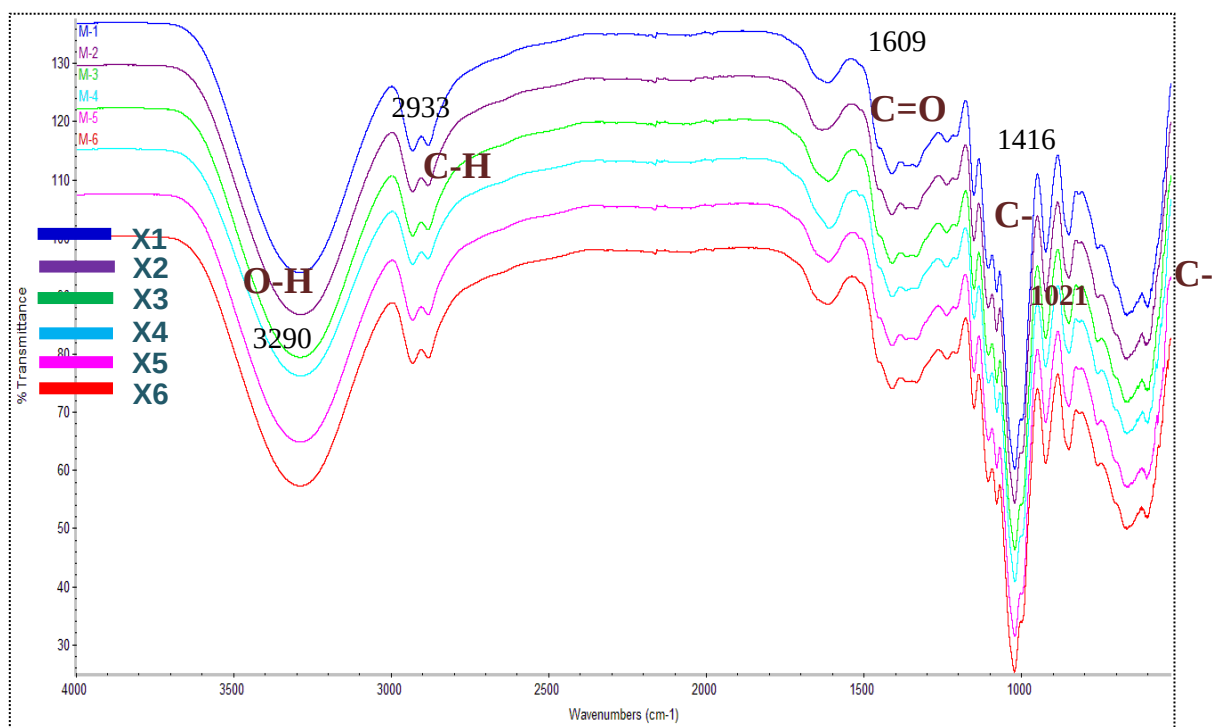


Figura 26. Espectro de infrarrojo para los seis tratamientos.

“Del mismo modo se analizaron las películas de los 6 tratamientos y en la figura 18 se observan los espectros de los 6 tratamientos en las que se puede apreciar que existe semejanzas entre los espectros de cada tratamiento de las películas comestibles. Este resultado es la interacción molecular que coincide con los componentes de almidón como la glicerina y vinagre”. (Hollman, et al., 2009).

“Mediante la información de las regiones de los espectros mostrados en la figura podemos apreciar que en la región de 33700-32400 cm^{-1} una amplia banda típica indica del grupo funcional $-\text{OH}$, que indican la presencia de los enlaces de hidrogeno polimérico” (Hollman, et al., 2009) “también, en la región de 3000 a 2840 cm^{-1} en la región de 3000 a 2840 cm^{-1} se aprecia un pico correspondiente a estiramiento CH presumiblemente, la existencia de componentes aromáticos la región de 1700 a 1600 cm^{-1} la presencia de un pico correspondiente a estiramiento $\text{C}=\text{O}$ indica los grupos o compuestos heterocíclicos también se aprecia otro pico en la región cercana a 1400 cm^{-1} correspondiente a una vibración de estiramiento $\text{C}-\text{OH}$, finalmente se observa los picos en las regiones cercanas a 1000 cm^{-1} que corresponden a estiramiento $\text{C}-\text{OH}$ con mayor energía” (Hollman, et al., 2009).

“El análisis de FTIR, permitió reconocer los grupos funcionales más predominantes como $\text{O}-\text{H}$, $\text{C}-\text{OH}$, $\text{C}-\text{H}$, $\text{C}=\text{O}$. presentes en todas las películas comestibles ya que el almidón es un polímero responsable de la interacción para la formación del bioplástico”. (Nakamoto, Wiley, 2004).

“Cuanto más fuertes o rígidos son los enlaces químicos mayores son las frecuencias observadas, Las masas atómicas menores tienden a originar frecuencias mayores, si hay humedad en la muestra, absorciones anchas debidas a las vibraciones OH en torno a 3500 y 1400 cm^{-1} ocultan la existencia de otras posibles bandas en esas zonas” (Nakamoto, Wiley, 2004).

CONCLUSIONES

- 1.- La elaboración del bioplástico a partir del almidón de *papa Solanum tuberosum* var. *Peruanita* aplicando el método de polimerización por condensación ha resultado adecuada y óptima logrando una alternativa ecológica del uso de plásticos no degradables y sintéticos.
- 2.- Las cantidades utilizadas de almidón de papa, así como de la plastificante glicerina influyeron en la obtención de los bioplásticos tanto en la caracterización físicas y de resistencia a la tracción y elongación. Siendo la resistencia en una concentración de 2.5 gramos de almidón de hasta 500 gramos, que es hasta donde ha soportado la elongación del bioplástico obtenido de almidón de papa
- 3.- Las características físicas químicas de los bioplásticos presentaron diferencias significativas entre formulaciones o tratamientos, la densidad dependió del espesor, mejor resultado se tuvo en la formulación 3; el porcentaje de humedad y el de solubilidad en agua estuvieron influenciados por la homogenización de la mezcla de los componentes, lo que permitió obtener bioplásticos homogéneos y resistentes a la tracción (mayor resistencia y mayor solubilidad).

RECOMENDACIONES

- 1.- El bioplástico de almidón de papa por ser una biopelícula resistente debe ser considerada como una alternativa ecológica viable frente al mal uso de los plásticos sintéticos para las autoridades de nuestra región.
- 2.- Perfeccionar la técnica de obtención de bioplástico a partir de almidones de diferentes variedades de papas.
- 3.- Realizar investigaciones sobre la posibilidad de realizar las mezclas de variedades de papa y tubérculos y poder obtener un almidón con una buena resistencia y un alto porcentaje de elongación.

BIBLIOGRAFIA

1. Acosta, H., & Velasco, R. y. ((2007)). Biopolímeros Naturales Usados en Empaques Biodegradables. *Temas agrarios*, 12:5-13.
2. .Aburto, J. et al. "Synthesis characterization and biodegradability of fatty acid esters of amilose and starch", *Journal of Applied Polymer Science*, 74, 1440-1452. USA -1999.
3. Abrajan, M. (2008) "Efecto del método de extracción en las características químicas y físicas del mucílago del nopal (*Opuntia ficus-indica*) y estudio de su aplicación como recubrimiento comestible". Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia
4. Alarcón Cavero, Hugo A. & Arroyo Benites, E. (2016). Evaluación de las propiedades químicas y mecánicas de biopolímeros a partir del almidón modificado de la papa. *Rev. Soc. Química del Perú*, vol.82 (Nº3).
5. Arroyo, E; Alarcón, H. (2013). *Obtención, caracterización y análisis comparativo de polímeros biodegradables a partir de yuca, papa y maíz*. . Lima, PE. 59 p.: Universidad de Lima.
6. A. Ayala, Alfredo, S. Villada Héctor (2014), Adsorción de vapor de agua de bioplásticos elaborados con harina de dos variedades de yuca (*Manihot esculenta* crantz) Cali, Colombia
7. Ayquipa Cuellar Erica. (2018). Caracterización física de películas comestibles obtenidas de mucílago de cáscara de tuna (*opuntia spp*) y almidón de cáscara de papa (*Solanum tuberosum*). Tesis para optar el título de ingeniero agroindustrial. Abancay, 2018. Perú
8. Barrios Mindiola, R; Tejada Benítez, L; Tejada Tovar, C.; Tejada Benítez, L.; Tarón Dunoyer, A.; Villabona Ortiz, A. (2007). Aprovechamiento del ñame espinoso (*dioscorea rotundata*) en la producción de bioplástico. Cartagena, CO. 69, 70-71 p.
9. Bastos Vega, J. (2009). Diseño y construcción de un prototipo de una máquina peladora de papas. . En *Tesis Ing. Mec.* (págs. 1, 11, 29 p.). Bucaramanga, CO. : Universidad Industrial de Santander.

10. Batuani Larrea, R. (2015). Estudio de la obtención de plásticos biodegradables a partir del almidón de la papa por adición de agentes plastificantes. (Tesis de Grado). Universidad Mayor de San Andrés.
11. Betancur, D. (2001). Caracterización Molecular, Nutricia y Funcional de Almidones de Phaseolus lunatus y Mucuna pruriens. Mexico: Tesis (Doctorado en Ciencias, alimentos), Instituto Nacional, Escuela Nacional de Ciencias Biologicas
12. Biliaderis, C.G. (1991). The structure and interactions of starch with food constituents. Can J Physiol Pharmacol. 69:60-78.
13. Carrasco Díaz, S. (2007). *Metodología de la Investigación Científica*. Lima, Perú: San Marcos.
14. Castillo, A; Iñiguez, A. . (2011). Obtención del ácido láctico a partir del almidón de papa (Solanum tuberosum L), como materia prima para la fabricación de material descartable biodegradable. *Tesis Ing. Amb. Cuenca, EC. Universidad Politécnica Salesiana: Sed*.
15. Chanprateep, S. (2010). *Current trends in biodegradable polyhydroxyalkanoates*.
16. Congreso ALAP (Asociación Latinoamericana de la papa) (24, 2010, Cuzco, PE). 2010. El sector papa en la región andina: situación actual y desafíos. Ed. A. Devaux. Cuzco, PE. 41p
17. CIT. (2009). (Centro de Información Técnica). *Plásticos Biodegradables, ¿qué son? y su relación con los RSU.*, Plastivida, AR. 8 p. (Boletín Técnico Informativo no 25).
18. Corrales, C.M.; Meneses, J. y Valencia, M. . (2007). Síntesis y caracterización de un polímero biodegradable a partir del almidón de Yuca. *Revista EIA*, no. 8: 57-67.
19. Choi, W., Han, J. 2009. Physical and mechanical properties of pea-protein based edible films. *Journal of Food Science*. 6(2):319-322.
20. Davis, G. "Characterization and characteristics of degradable polymer sacks". *Materials Characterization*. 2003; 51: 147- 157.

21. D Díaz Saenz, R. (2019). Evaluación de películas comestibles de harina de maíz morado (zea mays l.) y propóleo en la conservación de palta fuerte (persea americana). Para optar el título profesional de ingeniero agroindustrial. Abancay-Perú
22. i Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M., y Robledo, C. W. (2011). InfoStat. EEUU.
23. Ecoembes. (2009). (*Ecoembalajes España*). *Proyecto de Análisis de Bioplástico: Resumen Ejecutivo*. 7 p.
24. E. Mark, J. et al. (2001) “High performance biodegradable materials from oriented starch derivates”. U.S. patent 6,218,532 – Cincinnati, USA.
25. FAO, (2006). “Utilización agroindustrial del nopal (*Opuntia ficus indica*)”. Naciones unidas para la agricultura y alimentación
26. Grays, C. A. (Bogota. 2004). Principales procesos básicos de transformación de la industria plástica y manejo, aprovechamiento y disposición de residuos plásticos post- consumo. *Guías Ambientales*,
27. Grays, C. A., Cardenas M, A. R., Espinoza G, M., & Fernandez G, P. Principales procesos básicos de transformación de la industria p Xpreess estudio grafico 140p.
28. Ibargüen A.O, Magda, I y Pinzón, F (2015). Caracterización de las propiedades mecánicas y de barrera de películas biodegradables a base de Aloe vera (*Aloe Barbadensis* Miller). Artículo. Revista alimentos hoy, vol. 24 N°34.
29. Kalia, V. R. (2000.). Bioplastics. *Journal of Scientific and Industrial research*, 59(6) 433-445.
30. Leidenger, O. (1997). *Procesos Industriales*. . 1er ed.;Edición.
31. Martínez Gallegos, J. (2005). Utilización de α -amilasas en la formulación de detergentes industriales. . *Tesis Dr. Ing. Química. Granada, ES. Universidad de Granada.*, 306 p.

32. Merchán J. P., Ballesteros D., Jiménez I. C., Medina J. A., Álvarez O. (2009) Estudio de la biodegradación aerobia de almidón termoplástico (TPS). Suplemento de la Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales S1 (1): 39-44.
33. Medina Tinoco, R. (. 2005). Plásticos biodegradables. *¿Cómo Ves?* no 79, 22-25.
34. Melian Subiabre, D. (2010). *Ensayo Comparativo de Dos Metodologías de Extracción de Almidón de Papa usando Muestras de Diez Variedades Nativas de Chiloé y dos Variedades Comerciales*. Valdivia, CL. Universidad: Tesis Licenciado en Ciencia de los alimentos.
35. Méndez, A. ((2010).). *Extracción de almidón del banano verde (Musa Sapientum variedad Cavendish) producto de desecho de las industrias bananeras y evaluación de su función como excipiente en la formulación de comprimidos*. Guatemala: Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San carlos de Guatemala.
36. Meré Marcos, J. (2009). *Estudio del procesado de un polímero termoplástico basado en almidón de patata amigable con el medio ambiente*. Madrid, ES. Universidad Carlos III de Madrid. 176 p.
37. Meza Ramos. Paola Nathali (2016). Elaboración de bioplásticos a partir de almidón residual obtenido de peladoras de papa y determinación de su biodegradabilidad a nivel de laboratorio Lima – Perú
38. MINAG. (2011). (Ministerio de Medio Ambiente, PE); OE(Oficina de estudios económicos y estadísticos, PE). Lima, PE. *La papa nuestra de cada día.*, 12p.
39. Molinero, L. (2012). Producción de monoglicéridos por esterificación de glicerina con ácido cinámico y p-Metoxicinamico. Facultad de Ciencias Químicas. Madrid
40. Navia-Porras, Diana Paola, Bejarano-Arana Nathalia.2014. Evaluación de propiedades físicas de bioplásticos termo-comprimidos elaborados con harina de yuca Colombia.
41. Pazmiño Garcés, L.T. (2010). Aplicación de una tecnología de acondicionamiento para la elaboración de papa pre frita congelada tipo bastón. Tesis Ing. en alimentos. Ambato, EC. Universidad Técnica de Ambato. 210 p.

42. Premraj, R. M. (2005). Biodegradation of polymers. *Indian Journal of Biotechnology*, 4, 186-193.
43. Reddy, C. G. (2003). Polyhydroxyalkanoates: an overview. *Bioresource Technology*, 87, 137-146.
44. Pique, T y Vázquez, A. (2012). “Uso de espectroscopia infrarroja con transformada de Fourier (FTIR) en el estudio de la hidratación de cemento. Investigación desarrollo, vol.3.
45. Pizá Cedano Hamlet Simón, Rolando Franco Sophia, Ramirez Urbina Claudia Cecilia, Villanueva Benites Stephanie, Zapata Carrasco Ana Paula.(2017).”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”
46. Remar (Red Energía y Medio Ambiente, E. (2011.). Bioplástico: Certificación y normativa. (*Guía práctica no. 2*)., 5 p.
47. Remar. (2011). Bioplástico: Certificación y normativa. (*Red Energía y Medio Ambiente, ES*), 5 p. (Guía práctica no. 2).
48. Ruiz Avilés, G. (2006.). Obtención y caracterización de un polímero biodegradable a partir del almidón de la yuca. *Ingeniería y Ciencia 2 (4)*, 5-28.
49. Rodríguez Sandoval P., Camargo Silva S. & Cruz Villagrán I. (2011). Evaluación de las propiedades mecánicas de un bioplástico a partir de polietileno de baja densidad y almidón de papa. SENA - Centro de Materiales y Ensayos. (pag.2-9). Bogotá – Colombia
50. Scott J., G. (2011). Tendencias cruzadas: Econsumo y utilización de la papa en América Latina entre 1961 y 2007 y sus implicancias para la industria. *Centrum.*, Vol 16. 3, 18p.
51. Seymour Raimond B. y Carraher Charles E. Jr. (2002). *Introducción a la Química de Polímeros*. Nueva York: Editorial Reverté..
52. Torres Martínez, K. (2007). *Optimización de la etapa de hidrólisis ácida en el proceso de fosfatación de almidón por extrusión para la encapsulación de aceite*

esencial de naranja (en línea). MX. Universidad: Tesis Licenciada en Química de Alimentos. Hidalgo,.

53. Vaclavick, V. (1998). *Essentials of Food Science* (en línea). . En *Kluwer Academic/Plenum publisher* (págs. 44-45). Nueva York: Trad. Acribia. 1 ed.
54. Vicentini, N. (2003). *Elaboracao e caracterizacao de films comestiveis a base de fecula de mandioca para uso en pos- colheita* (Tese De Doutorado) Faculdade De Ciencias Agricolas- Unesp, Botucatu- Sp.
55. Villada, H. S. (2008). *Investigación de Almidones Termoplásticos, Precursores de Productos Biodegradables*. En: *Información tecnológica*. 2008, vol.19, No.2, p 3-14.
56. Wilson, P. S. (1996). *Market Status Report*:. Postconsumer Plastics.

WEB GRAFIA

1. Arias J, M. A. (2019). Obtención del almidón de la alocacia macrorrhiza y cuantificación del oxalato de calcio. *Tséde*, 2(1), 1-13. Recuperado a partir de <http://tsachila.edu.ec/ojs/index.php/TSEDE/article/view/11>
2. Canónico Franco, M. (2003). *Agregación en gránulos de almidón* (en línea). Tesis Dr. Ing. de Materiales. Querétaro, MX. Universidad Autónoma de Querétaro. 81 p. Consultado 5 set. 2015. Disponible en <http://qro.cinvestav.mx/~aherrera/tesisEstudiantes/tesisMarciaCanonico.pdf>
3. Chariguamán J.A. (2015). *Caracterización de bioplástico de almidón elaborado por el método de casting reforzado con albedo de maracuyá (Passiflora edulis spp.)*. Escuela Agrícola Panamericana. Recuperado a partir de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/4560/1/AGI-2015-014.pdf>
4. Gómez, R., & Wong, D. (1998). *Procesamiento de la papa*. *Revista Agroecológica Indoagro*, Año 1(5), 4-7. Retrieved from. <http://www.todopapa.com.ar/pdf/procesamientosdelapapa.pdf>.
5. INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática), (2014). *Producción*

- de papa creció en 45% (en línea). Lima, PE. no.082:1-3. Consultado el 22 dic. 2015. Disponible en: <http://m.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/noticias/nota-de-prensa-n-082-2014-inei.pdf>
6. MIT (Massachusetts Institute of Technology). (2012). Bioplastics (en línea). Massachusetts, US. Consultado 14 abr. 2014. (Video). Disponible en <http://video.mit.edu/watch/bioplastics-10937/>
 7. Sweeney, B. (2008). Make Your Own Bioplastic (en línea). Revisado 1 abr 2014. Disponible en <http://green-plastics.net/posts/10/video-brandon121233/>
 8. Sessini, V., & Peponi, L. (2017). Las diferentes caras del exilio. Revista de plásticos modernos: Ciencia y tecnología de polímeros, 113(723): 1-10. Recuperado a partir de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6038279>
 9. Tovar Benítez, T. (2008). Caracterización morfológica y térmica del almidón de maíz (Zea mays L) obtenido por diferentes métodos del aislamiento (en línea). Tesis Licenciado en Química de los alimentos. Hidalgo, MX. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. 68 p. Consultado el 4 Set. 2015. Disponible en <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/231104/508/1/Caracterizacion%20morfolologica%20y%20termica%20almidon%20de%20maiz.pdf>

ANEXOS

ANEXOS

ANEXO 01:	Matriz de Consistencia	73
ANEXO 02:	Matriz de Instrumentos	74
ANEXO 03:	Resultados de las Características en estudio	75
ANEXO 04:	Determinación de la densidad	76
ANEXO 05:	Determinar el porcentaje de humedad	77
ANEXO 06:	Determinar el porcentaje de solubilidad	78
ANEXO 07:	Determinar la Resistencia a la tracción	79
ANEXO 08:	IR del Almidón de papa utilizado	79
ANEXO 09:	IR del vinagre utilizado en el estudio	79
ANEXO 10:	FTIR de la glicerina utilizada	80
ANEXO 11:	Figuras e Imágenes	80

ANEXO 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMAS	OBJETIOS	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLES			TIPO Y NIVEL	POBLACION
PROBLEMA GENERAL En qué medida la caracterización del bioplástico elaborado a partir de almidón de papa <i>Solanum tuberosum</i> var. peruanita` por el método de polimerización por condensación en diferentes concentraciones de almidón presenta una buena resistencia a la tracción y es una alternativa ecológica? Problemas Específicos ¿Cuáles son los procedimientos del proceso de elaboración del bioplástico aplicando el método de polimerización por condensación? ¿Cómo es la caracterización de resistencia a la tracción del bioplástico producida a partir de almidón de papa <i>Solanum tuberosum</i> var. <i>Peruanita</i> a escala de laboratorio ¿Cuáles son los parámetros físicos químicos de humedad, densidad, solubilidad, espesor del bioplástico obtenido a partir del almidón de papa <i>Solanum tuberosum</i> var. <i>Peruanita</i> ?	OBJETIVO GENERAL Determinar la caracterización del bioplástico elaborado a partir de almidón de papa <i>Solanum tuberosum</i> var. peruanita` por el método de polimerización por condensación en diferentes concentraciones de almidón presenta una buena resistencia a la tracción como una alternativa ecológica OBJETIVOS ESPECÍFICOS Determinar el proceso de elaboración del biopolímero mediante el método de polimerización por condensación. Evaluar la caracterización de resistencia del bioplástico producida a partir del almidón de papa <i>Solanum tuberosum</i> var. <i>Peruanita</i> a escala de laboratorio Determinar los parámetros de físico químicos de humedad, densidad, solubilidad, espesor de los bioplásticos obtenidos a partir del almidón de papa <i>Solanum tuberosum</i> var. <i>Peruanita</i> .	HIPÓTESIS PRINCIPAL El bioplástico obtenido a partir del almidón de papa <i>Solanum tuberosum</i> sp. var. <i>Peruanita</i> por el método de polimerización por condensación presenta caracterizaciones adecuadas, una buena resistencia a la tracción en diferentes concentraciones de almidón y es una alternativa ecológica HIPOTESIS ESPECIFICOS Los procedimientos para la obtención de un bioplastico a partir del almidón de papa <i>Solanum tuberosum</i> var. <i>Peruanita</i> mediante el método de polimerización por condensación es adecuada. La caracterización de la resistencia y elongación del bioplástico obtenido a escala de laboratorio de almidón de papa <i>Solanum tuberosum</i> var. <i>Peruanita</i> tiene alto porcentaje de resistencia a la tracción. Los parámetros físico químicos: humedad, densidad, solubilidad, espesor de los bioplásticos obtenidos a partir del almidón de papa <i>Solanum tuberosum</i> var. <i>Peruanita</i> determinan la resistencia a la tracción de los bioplásticos	V. INDEPENDIENTE BIOPLASTICOS V. DEPENDIENTE ALMIDON DE PAPA <				

ANEXO 02: MATRIZ DE INSTRUMENTOS

TECNICAS	INSTRUMENTOS	FUENTES	TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS DE LA INVESTIGACIÓN
Técnicas, instrumentos y fuentes de la investigación Las técnicas utilizadas fueron: Revisión bibliográfica: se realizó una revisión bibliográfica de los diferentes temas referentes a la investigación. Sin embargo, se pondrá especial énfasis en la documentación que genere avances sobre la obtención de los biopolímeros a partir de almidón de papa. La observación: Se realizó la observación a todas las variables en el proceso de investigación. Técnica de aplicación: se aplicó la técnica de decantación para obtener el almidón y el método de polimerización por condensación para obtener el polímero, así como la técnica de barrido de microscopia para los bioplásticos.	Instrumentos Los instrumentos que se utilizaron en la presente investigación serán los siguientes: El fichaje (bibliografía consultada y citada) La ficha de observación (levantamiento de información de la problemática de la investigación frente al uso de plásticos no degradables por pobladores) Método de identificación y extracción de biopolímeros para la elaboración de los bioplásticos (método de polimerización por condensación)	Fuentes Las fuentes de información que se utilizaron serán tanto las fuentes secundarias como las fuentes primarias. Entre las fuentes secundarias tenemos: reportes y documentos oficiales de las áreas del gobierno regional de Apurímac, IDMA, Municipalidad Provincial de Abancay Bibliotecas de la Universidad Tecnológica de los Andes Entre las fuentes primarias tenemos: Especialistas en el tema, la población objeto de estudio, etc.	Para el análisis de datos se usaron paquetes estadísticos que permitan realizar el análisis de los mismos, de preferencia el SPSS versión 26 y hojas de cálculo que permitirán ordenar de manera adecuada los datos recopilados. Análisis de variancia ANOVA y Tuckey La unidad experimental ha sido los bioplásticos obtenidos en el laboratorio físico químico de la Universidad Tecnológica de los Andes

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 03: RESULTADO DE LAS CARACTERISTICAS FISICAS DE LA BIOPELICULA

MUESTRA	ESPESOR	DENSIDAD (g/cm3)	%HUMEDAD	%SOLUBILIDAD	RESISTENCIA kN
X ₁	0.16	0,36	12,66	-15,50	0,96
X ₁	0.020	0,31	12,66	-14,82	0,80
X ₁	0.18	0,33	12,97	-15,22	0,18
X ₂	0.09	0,30	28,22	-40,17	3,20
X ₂	0.10	0,28	27,70	-39,16	2,63
X ₂	0.10	0,28	27,84	-39,41	3,16
X ₃	0.06	0,39	32,79	-49,87	2,69
X ₃	0.05	0,46	33,52	-51,53	6,19
X ₃	0.07	0,34	25.1121	-49,09	3,71

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 04: DETERMINACION DE LA DENSIDAD

MUESTRAS	VOLUMEN	MASA (g)	MUESTRA +MASA (g)	ESPESOR DE LA MUESTRA (g)	DENSIDAD (g/cm3)
X1	0.1256	0.0458	0.1714	0.16	0.364648682
X1	0.157	0.0479	0.2049	0.02	0.305095541
X1	0.1413	0.0468	0.1881	0.18	0.331210191
X2	0.07065	0.0215	0.09215	0.09	0.304317056
X2	0.0785	0.0219	0.1004	0.10	0.278980892
X2	0.0785	0.0218	0.1003	0.10	0.277707006
X3	0.0471	0.0185	0.0656	0.06	0.392781316
X3	0.03925	0.0181	0.05735	0.05	0.411146497
X3	0.05495	0.0187	0.07365	0.07	0.340309372

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 05: DETERMINACION DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD

MUESTRA	PESO INICIAL	PESO FINAL	%HUMEDAD
X₁	0.0458	0.040001	12.66
X₁	0.0479	0.041834	12.66
X₁	0.0468	0.040732	12.97
X₂	0.0215	0.015433	28.22
X₂	0.0219	0.015834	27.70
X₂	0.0218	0.015731	27.84
X₃	0.0185	0.12433	32.79
X₃	0.0181	0.012032	33.52
X₃	0.0187	0.012630	32.46

Fuente Elaboración Propia

ANEXO 06: DETERMINACION DEL PORCENTAJE DE SOLUBILIDAD

MUESTRA	PESO INICIAL SECO	PESO FINAL	Ps-pf	%SOLUBILIDAD
X ₁	0.040001	0.046201	0.0062	15.50
X ₁	0.041834	0.048034	0.0445	14.82
X ₁	0.0400732	0.046932	0.0069	15.22
X ₂	0.015433	0.021633	0.0062	40.17
X ₂	0.015834	0.022034	0.0062	39.16
X ₂	0.015731	0.021931	0.0062	39.41
X ₃	0.011433	0.018633	0.0072	49.87
X ₃	0.012032	0.018232	0.04081	51.53
X ₃	0.012630	0.01883	0.01727	49.09

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 07: DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA TRACCION

MUESTRA	ESPESOR	RESISTENCIA A LA TRACCION	PROMEDIO ESPESOR	PROMEDIO TRACCION
X₁	0.16	0.960		
X₁	0.020	0.0800		
X₁	0.18	0.180	0.18	0.647
X₂	0.09	3.200		
X₂	0.10	2.630		
X₂	0.10	3.160	0.10	2.993
X₃	0.06	2.690		
X₃	0.05	6.190		
X₃	0.07	3.710	0.06	4.197

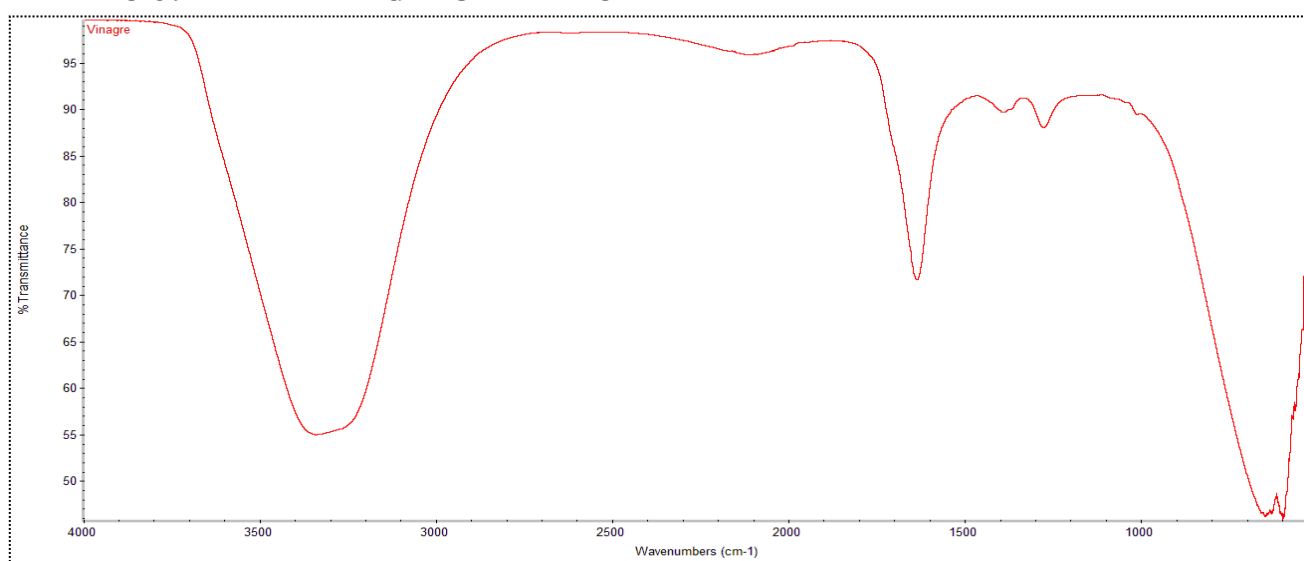
Fuente: Elaboración propia

ANEXO 08: IR DEL ALMIDON DE PAPA UTILIZADO .



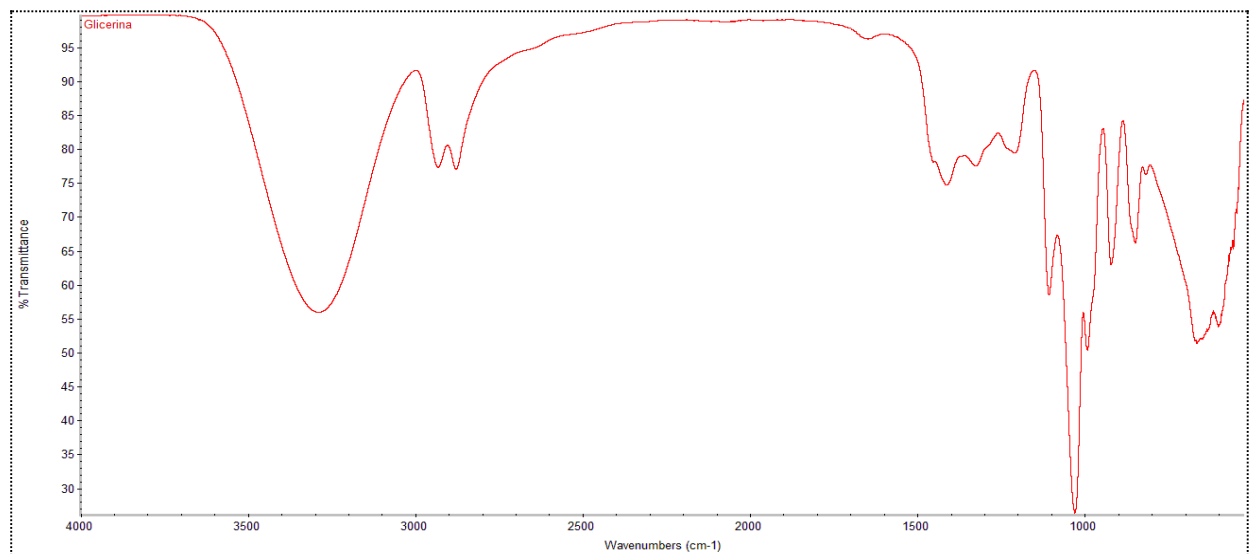
Fuente: Elaboración propia

ANEXO 09: IR DEL VINAGRE UTILIZADO



Fuente: Elaboración propia: Vinagre con 5% de acidez

ANEXO 10: FTIR DE LA GLICERINA UTILIZADA



Fuente: Elaboración propia Glicerina en estado puro utilizada en la investigación

ANEXO 11: FIGURAS



Figura 3. Obtención de biopolímero- bioplástico de almidón de papa



Figura 4 Bioplásticos preparados para la aplicación de resistencia

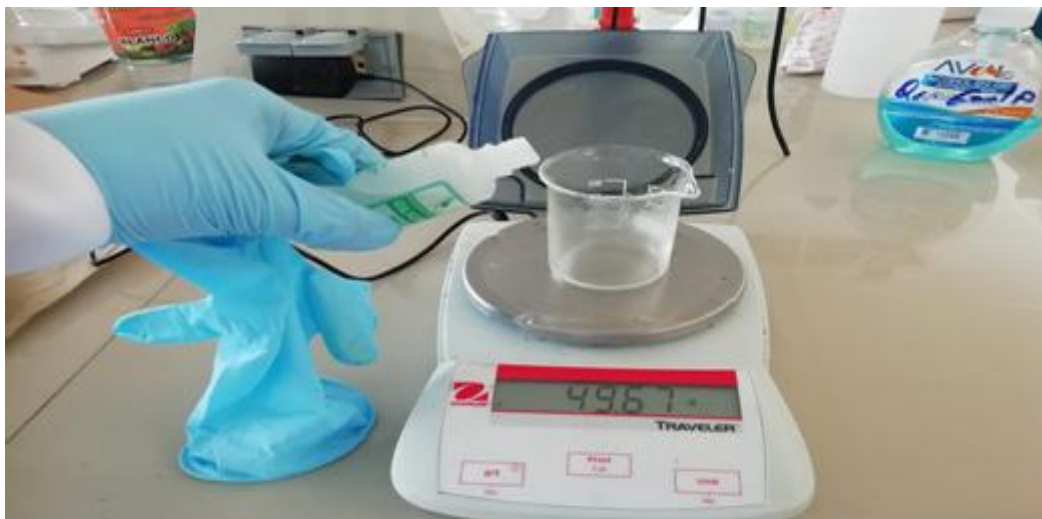


Figura 5 Glicerina como componente en la elaboración del bioplástico



Figura 6. Materiales utilizados para la obtención del bioplástico



Figura N° 7 Procedimiento de la homogenización del precipitado



Figura 8. Mesclado y homogenización

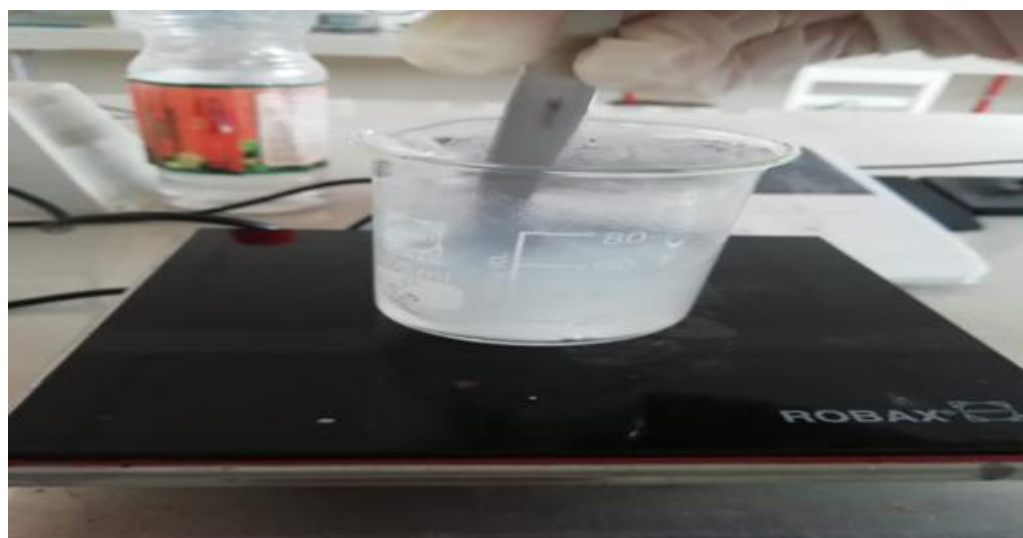


Figura 9 Tratamiento térmico de la obtención del bioplástico



Figura 10 Proceso del homogenizado del bioplástico



Figura 11 Proceso de plaqueado en placas Petri, del bioplástico

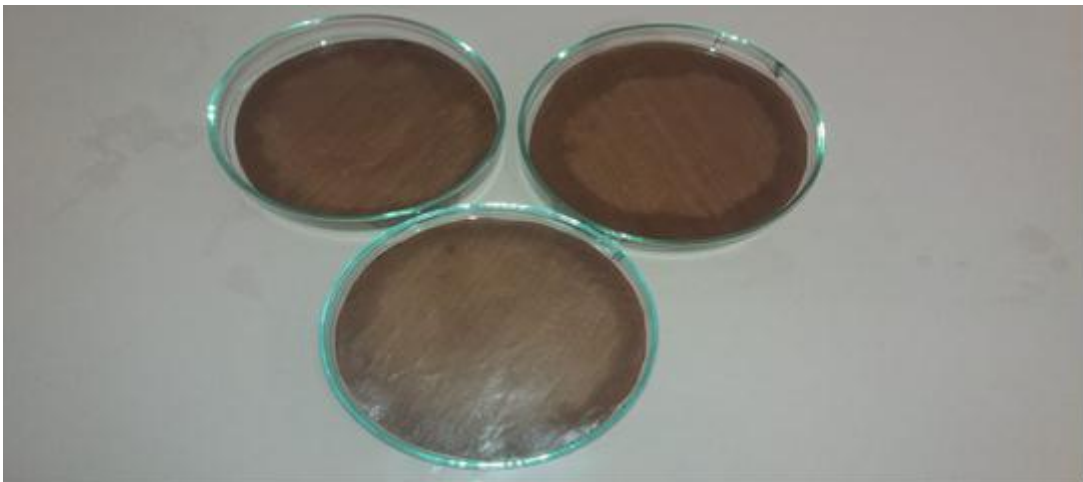


Figura 12 Placas Petri con el bioplástico de almidón de papa



Figura 13 Bioplástico obtenido

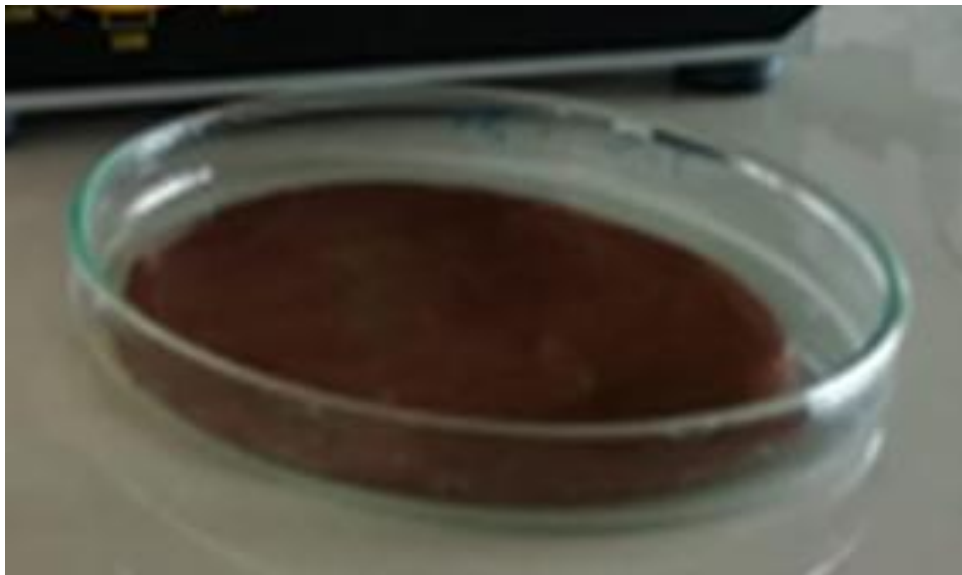
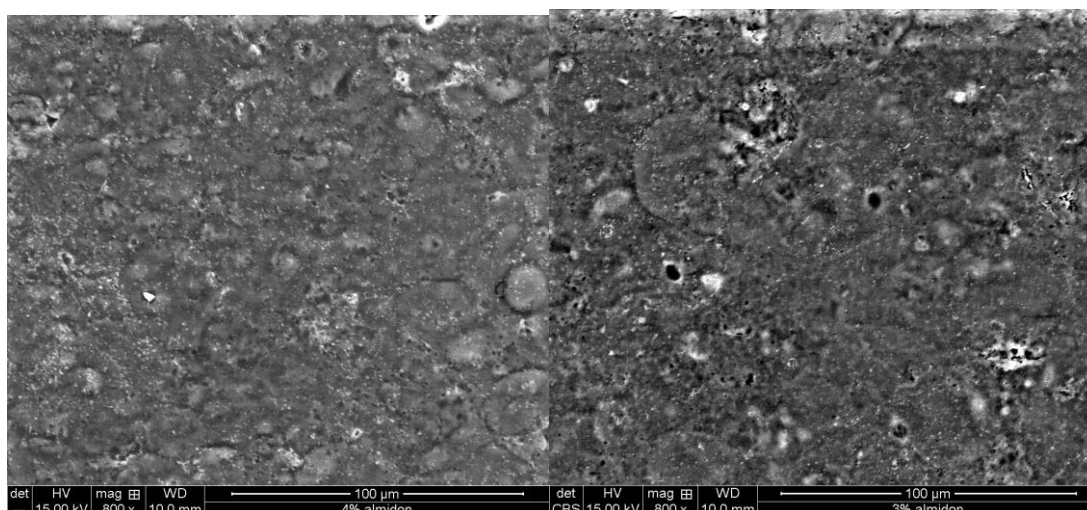


Figura 15 Bioplástico secado en placas Petri



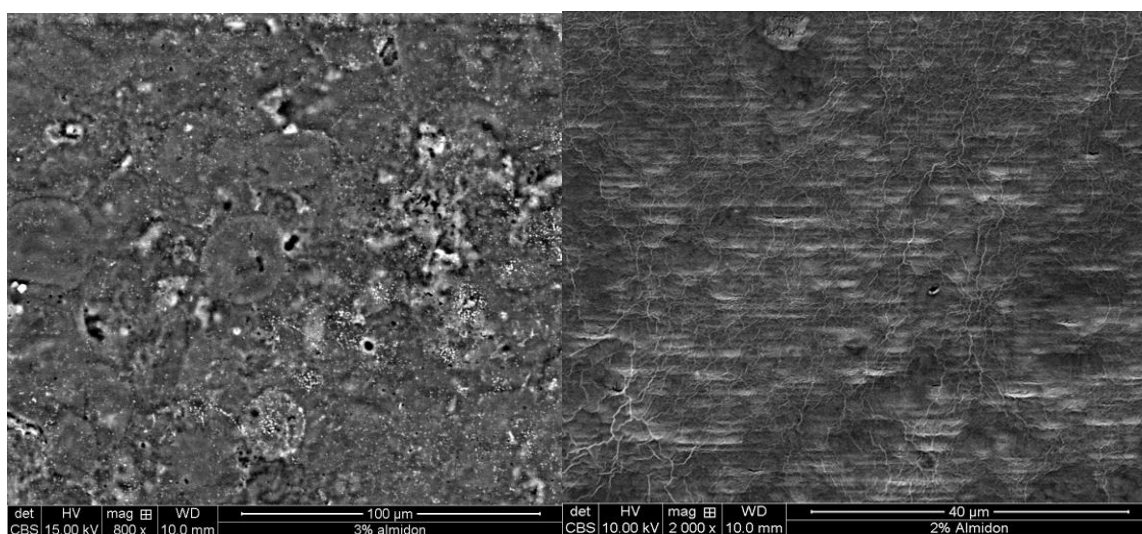
Figura 16 Equipos de microscopia electrónica para la realización de las pruebas de resistencia de las películas de almidón de papa



a)

b)

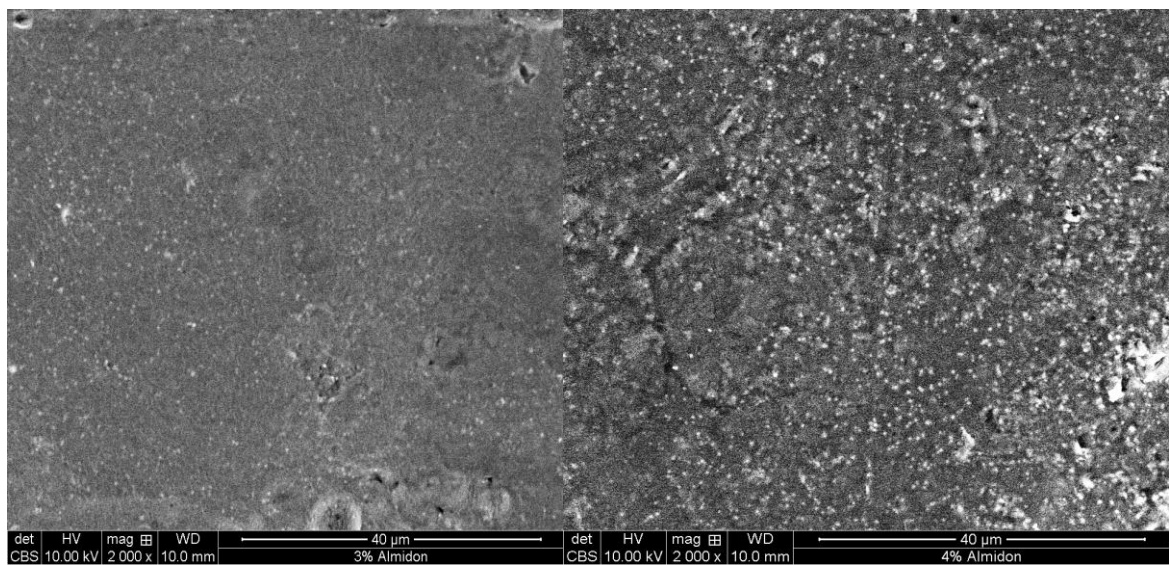
Figura 17 La microestructura de las películas del bioplástico HMM:P (80:20 y 100:0)



c)

d)

Figura 18 Granulaciones de la microestructura del bioplástico



e)

f)

Figura 19 Bioplástico sometido a microscopia electrónica



Figura 25 Equipo de análisis estructural mediante FTIR