



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS
Y AMBIENTALES**

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

**“ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR
DE ALMIDÓN DE PAPA *Solanum tuberosum* L. CON
ANTOCIANINAS DE REPOLLO MORADO *Brassica oleracea*,
COMO POTENCIAL INDICADOR DE SENESCENCIA DE
PRODUCTOS ACUÍCOLAS, CON ENFOQUE EN SEGURIDAD
ALIMENTARIA- GAD IBARRA”**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA AGROINDUSTRIAL**

AUTOR: Hidalgo Carlosama Lizbeth Maribel

DIRECTOR: Ing. Juan Carlos De la Vega, MSc.

Ibarra-Ecuador 2021

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1003855077		
APELLIDOS Y NOMBRES:	HIDALGO CARLOSAMA LIZBETH MARIBEL		
DIRECCIÓN:	Av. Atahualpa 14-153 y José Miguel Leoro		
EMAIL:	lmhidalgoc@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	062-511-736	TELÉFONO MÓVIL:	0989396188

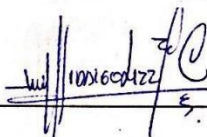
DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	“ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE ALMIDÓN DE PAPA <i>Solanum tuberosum</i> L. CON ANTOCIANINAS DE REPOLLO MORADO <i>Brassica oleracea</i> , COMO POTENCIAL INDICADOR DE SENESCENCIA DE PRODUCTOS ACUÍCOLAS, CON ENFOQUE EN SEGURIDAD ALIMENTARIA- GAD IBARRA”.
AUTOR (ES):	Hidalgo Carlosama Lizbeth Maribel
FECHA: DD/MM/AAAA	23/09/2021
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERA AGROINDUSTRIAL
ASESOR /DIRECTOR:	Ing.Juan Carlos de la Vega, MSc.

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldré en defensa de la Universidad Técnica del Norte en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 23 días del mes de septiembre del 2021.

AUTOR:



A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Lizbeth Maribel Hidalgo Carlosama', is written over a horizontal line. The signature is stylized and includes the number '1003855077' written vertically on the left side.

Hidalgo Carlosama Lizbeth Maribel

CC: 1003855077

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por la Srta. Hidalgo Carlosama Lizbeth Maribel, con cédula de ciudadanía 100385507-7, bajo mi supervisión.



Ing. Juan Carlos de la Vega, MSc.

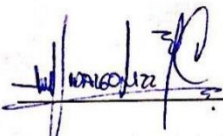
DIRECTOR DE TESIS

DECLARACIÓN

Manifiesto que la presente obra es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, es original y que soy el titular de los derechos patrimoniales; por lo que asumo la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldré en defensa de la Universidad Técnica del Norte en caso de reclamación de terceros.

Ibarra, a los 23 días del mes de septiembre del 2021.

AUTOR:



Hidalgo Carlosama Lizbeth Maribel

CC: 1003855077

DEDICATORIA

“No siempre podemos hacer grandes cosas, pero si podemos hacer cosas pequeñas con amor”

A mi familia de quien recibí todo su apoyo incondicional, nunca permitieron que abandone mi camino por más tormentoso que fuera, ellos me enseñaron a trazar mi sendero, siempre me acompañarán sus aprendizajes de luchar por lo que queremos y así lo hice y seguiré haciendo.

Lizbeth H.

AGRADECIMIENTO

A Dios y a la vida, con la fortaleza de cada día he logrado culminar con éxito y satisfacción una meta personal y profesional.

Mi total agradecimiento a la Universidad Técnica del Norte, por haberme permitido formarme en ella y ser la cuna de todo el conocimiento adquirido durante estos años llenos de esfuerzos, dedicación, grandes alegrías, llegó el día en que miro hacia atrás el camino recorrido.

De manera especial a mi director de tesis Ing. Juan Carlos de la Vega por todo su tiempo, guía, paciencia y compromiso, de igual manera a mis asesores Ing. Melissa Layana, Ing. Santiago Cabrera.

Al Gobierno Autónomo Descentralizado de Ibarra por la apertura a proyectos innovadores.

A Licoram S.A, por el mundo de experiencias que enriquecieron mi etapa de formación.

A mis amigos y compañeros de la vida que siempre me acompañaron, les llevo en lo más profundo de mi razón y mi corazón.

Lizbeth H.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS	i
ÍNDICE DE FIGURAS	ii
INDICE DE ANEXOS	iii
RESUMEN	iv
CAPÍTULO I.....	27
INTRODUCCIÓN.....	27
1.1 PROBLEMA.....	27
1.2 JUSTIFICACIÓN	28
1.3 OBJETIVOS	30
CAPÍTULO II.....	31
MARCO TEÓRICO	31
2.1 PRODUCCIÓN DEL BIOPLÁSTICO.....	31
2.1.2.1 Definición.....	32
2.1.2.2 Importancia.....	33
2.2 Papa <i>Solanum tuberosum</i> L [INIAP-Fripapa99-Superchola].	34
2.2.3.1 Estructura química del almidón.....	36
2.2.3.2 Amilosa	36
2.2.3.3 Amilopectina	37
2.3 Repollo morado <i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i> f. <i>rubra</i>	38

2.4 Seguridad alimentaria	41
CAPÍTULO III	43
MATERIALES Y MÉTODOS	43
3.1 Establecer rangos de análisis de la papa <i>Solanum tuberosum</i> L y repollo morado <i>Brassica oleracea</i>	44
3.2 Procesar los resultados de la investigación en una base teórica sustentable para la producción de bioplástico.	45
□ SECCIÓN 1: ANTECEDENTES	46
□ SECCIÓN 2: MARCO CONTEXTUAL.....	46
□ SECCIÓN 3: MARCO LEGAL	46
□ SECCIÓN 4: ESTUDIOS PREVIOS	46
□ SECCIÓN 5: METODOLOGÍA PARA LA OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO	
47	
5.1 Estructuración del proceso	47
5.2. Diagrama de flujo del proceso de extracción de antocianinas.	47
5.3. Diagrama de flujo del proceso de obtención de almidón de papa.....	47
5.4. Diagrama de flujo para el proceso de elaboración de bioplástico.....	48
5.5. Especificaciones técnicas.	48
5.5.1. Caracterización del almidón de papa	48
5.5.2. Caracterización química de antocianinas de repollo morado.....	48
5.5.3. Caracterización para el bioplástico.	48

□ SECCIÓN 6: CORRECTA MANIPULACION (BPM).....	48
3.3 Determinar el costo de producción del bioplástico mediante un esquema documental.....	49
CAPÍTULO IV	50
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	50
4.1 Estructuración de procesos, modelo metodológico sustentable.....	58
4.2 Análisis financiero, costo de producción del bioplástico	67
CAPÍTULO V	73
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	73
5.1 CONCLUSIONES	73
5.2 RECOMENDACIONES.....	74
BIBLIOGRAFÍA.....	75
ANEXOS.....	84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características bioplástico vs plástico convencional	33
Tabla 2: Descripción taxonómica de la papa.....	35
Tabla 3: Almidón, rangos porcentuales de diferentes variedades de papa.....	36
Tabla 4: Estándares apropiados para la papa <i>Solanum tuberosum</i>	51
Tabla 5: Estructura y sustituyentes de las antocianinas.....	55
Tabla 6: Estándares apropiados para el repollo morado.....	55
Tabla 7: Parámetros generales de materia prima: papa <i>Solanum tuberosum</i> y repollo morado <i>Brassica oleracea</i>	56
Tabla 8: Análisis metodológico para la caracterización del almidón de papa.	64
Tabla 9: Análisis químico para la caracterización de antocianinas.	64
Tabla 10: Variables funcionales a detallar en el análisis metodológico.....	65
Tabla 11: Parámetros y condiciones mínimas requeridas.	67
Tabla 12: Costos fijos para el desarrollo del proyecto.	68
Tabla 13: Costos variables.....	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Polímeros biodegradables	34
Figura 2: Amilosa, polímero de unidades D-glucosa unidas por enlaces α 1-4.	37
Figura 3: Amilopectina, enlaces α 1-4 y enlace α 1-6 glucosídicos.	38
Figura 4: Mecanismo de monitoreo durante el deterioro del producto (TVB -N)	41
Figura 5: Modelo metodológico para la obtención del bioplástico.	43
Figura 6: Proceso por el método sólido-líquido.	58
Figura 7: Proceso para la obtención de almidón.	61
Figura 8: Proceso de elaboración del bioplástico con antocianinas de repollo morado.	62
Figura 9: Costos fijos de producción.	68
Figura 10: Costos variables de producción	69

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: Análisis para determinar la humedad:.....	84
ANEXO 2: Análisis granulométrico:.....	84
ANEXO 3: Índice de solubilidad en agua (ISA), Índice de absorción de agua (IAA):	85
ANEXO 4: Permeabilidad al vapor de agua (PVA):	87
ANEXO 5: Solubilidad en agua:.....	88
ANEXO 6: Espesor:.....	88
ANEXO 7: Medida de opacidad:	89
ANEXO 8: Color:	89
ANEXO 9: Propiedades mecánicas -Elongación o deformación en la tensión:	90
ANEXO 10: Deformación o fuerza de Perforación:	90
ANEXO 11: Modelo Metodológico.....	91
ANEXO 12: Código de conducta y buenas prácticas editoriales, Código de ética de la Investigación Científica.	92
ANEXO 13: Declaración de Singapur (2010).	93
ANEXO 14: ORCID Investigación.....	95
ANEXO 15: Funcionamiento del bioplástico (Zhang, 2020).	95

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo analizar la producción de bioplástico a partir de almidón de papa *Solanum tuberosum* L. con antocianinas de repollo morado *Brassica oleracea*, como potencial indicador de senescencia de productos acuícolas, además de establecer rangos de aplicación, procesar los resultados en un modelo metodológico sustentable para la producción de bioplástico y determinar el costo de producción. Esto, con el fin de proyectar la elaboración de un empaque inteligente que alerte al consumidor sobre la senescencia del producto acuícola y así prevenir riesgos a la salud y garantizar la seguridad alimentaria.

En tal sentido, la metodología se basó en el análisis y procesamiento de resultados de una serie de investigaciones teóricas preliminares sobre el proceso de extracción de antocianinas de repollo morado y obtención del almidón, detallando flujograma de procesos, procedimiento, especificaciones técnicas. A partir de los resultados se obtuvo un esquema consolidado para la elaboración del bioplástico, flujograma de procesos, procedimientos y análisis de las propiedades de barrera, mecánicas y ópticas del bioplástico.

La investigación generó como resultado un modelo metodológico para la producción de bioplástico a partir de almidón de papa "*Solanum tuberosum*" con antocianinas de repollo morado "*Brassica oleracea*", que vincula las propiedades fisicoquímicas, establece los rangos de aplicación, valoración minuciosa y porcentajes idóneos en la composición para la estructuración de la fórmula con base en la materia prima de la zona de estudio. Se comprobó la funcionalidad industrial del extracto de antocianina de repollo morado *Brassica oleracea* como indicador de pH, potencial efecto colorativo y proyección de uso como mecanismo de alerta de senescencia de alimentos y presenta en detalle el análisis financiero realizado a cada uno de los rubros intervinientes para la producción de bioplástico.

Palabras clave: antocianinas, bioplástico, pH.

SUMMARY

The present research aims to analyze the production of bioplastic from potato starch *Solanum tuberosum* L. with anthocyanins from purple cabbage *Brassica oleracea*, as a potential indicator of senescence of aquaculture products, in addition to establishing application ranges, processing the results in a sustainable methodological model to produce bioplastic and determine the cost of production. This, in order to project the production of an intelligent bioplastic that alerts the consumer about the senescence of the aquaculture product and thus prevent health risks and guarantee food safety.

In this sense, the methodology was based on the analysis and processing of results of a series of preliminary theoretical investigations on the process of extracting anthocyanins from purple cabbage and obtaining starch, detailing the flowchart of processes, procedure, technical specifications. From the results, a consolidated scheme for the elaboration of the bioplastic is obtained, as well as a flow chart of processes, procedures and analysis of the barrier, mechanical and optical properties of the bioplastic.

The research results in a methodological model for the production of bioplastic from potato starch “*Solanum tuberosum*” with anthocyanins from purple cabbage *Brassica oleracea*, which links the physicochemical properties, establishes the application ranges, detailed assessment and ideal percentages in the composition for structuring the formula based on the raw material of the study area. The industrial functionality of the purple cabbage anthocyanin extract *Brassica oleracea* as an indicator of pH, potential coloring effect and projection of use as an alert mechanism of food senescence is verified and presents in detail the financial analysis carried out for each of the intervening items for the production of bioplastic.

Keywords: anthocyanins, bioplastic, pH.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 PROBLEMA

En el marco de la seguridad alimentaria, a nivel global se promueven acciones para prevenir los riesgos a la salud, los estándares establecen; disponibilidad, acceso, utilización biológica y la estabilidad de los alimentos (FAO, 2006 en Gordillo, 2013, p.4), a pesar de esto, uno de los problemas macros que vive la sociedad y la industria acuícola es el riesgo a la salud debido a la descomposición del producto cárnico, actualmente se carece de mecanismos biointeligentes en la fase de empaque que alerten al consumidor sobre la senescencia del producto acuícola. Desde diversas perspectivas se coincide en que la cadena de comercialización del producto acuícola no cumple con los mínimos requisitos higiénico-sanitarios, y en ciertos casos presenta productos en deterioro y descomposición (Prosperi, P., Vergamini, D., & Bartoloni, F, 2020,p.8).

La insuficiencia de reglas, normativas de frente a esta realidad deja lugar a posibles contaminaciones del producto derivadas de prácticas artesanales de manipulación y la propia condición de senescencia del producto acuícola, específicamente de la tilapia (PD y OT, 2020). En efecto, es imposible para el consumidor detectar de forma eficaz la calidad del producto que se expende en los centros de comercio masivo, así como el estado de senescencia de cada producto, este es el gran desafío mundial (Moges, F. D., Patel, P., Das, B., & Parashar, 2020, p.13).

Actualmente, el Gobierno Autónomo Descentralizado de San Miguel de Ibarra y la Dirección de Desarrollo Económico cuya competencia es impulsar el desarrollo productivo local (PD y OT, 2020), carece de un análisis que motive y oriente a la empresa

pública a producir un bioplástico como alternativa de empaque para enfrentar y solucionar gradualmente la problemática. Una de las causas que se determina es el no haber recopilado, integrado y evaluado resultados de estudios análogos sobre la materia prima con miras a producir bases teóricas de un empaque de monitoreo con su respectivo estudio de costos. Situaciones que ahondan el desaprovechamiento de la epistemología científica local y las potencialidades de la materia prima frente a la solución de problemas concretos.

1.2 JUSTIFICACIÓN

La investigación es coherente con los objetivos globales de reducir los riesgos señalados en las políticas de seguridad alimentaria y nutricional de la organización mundial de la salud (OMS, 2006) y el crecimiento de la comercialización de productos pesqueros como la tilapia en América Latina y el Ecuador (Dawit Moges et al., 2020). Asimismo, es coherente con el creciente cultivo de papa de la variedad *Solanum tuberosum* [INIAP-Fripapa99-Superchola]. En Ecuador, las provincias de Imbabura y Carchi representan el 25 % siendo uno de los principales cultivos tradicionales (Basantes, Albuja, & Vélez, 2016, p.21). La tendencia en el volumen de producción de papa ha crecido y por ende es abundante los residuos para procesamiento industrial (Haverkort et al., 2013).

Esta investigación aporta en la recopilación de estudios relacionados a análisis de la papa *Solanum tuberosum* L [INIAP-Fripapa99-Superchola] y repollo morado *Brassica oleracea* var. *capitata* f. *rubra* los cuales se seleccionarán y examinarán, se procesarán y se consolidarán para obtener una base teórica para la producción de bioplástico, así como en el respectivo análisis de costos, provee información relevante relativa al aprovechamiento del almidón de papa *Solanum tuberosum* L. con antocianinas de repollo morado *Brassica oleracea*, rangos de aplicación en la elaboración de bioplásticos con

cualidades de indicador de senescencia por la acción de los pigmentos antociánicos (Dawit Moges et al., 2020), finalmente contribuye en la generación de conocimiento aplicado y el uso de residuos agroindustriales con valor agregado (Amin et al., 2019).

Los bioplásticos responden a la necesidad mundial de garantizar la seguridad alimentaria,(Confente et al., 2020) expone que son alternativas para mejorar los procesos de control de calidad mejorando la cadena productiva y acorde a la exigencia de la norma internacional ISO 22000. La generación de bioplástico a partir de residuos es ahora técnicamente factible en procesos de empaque y almacenamiento del producto (Cao et al., 2007).

Se enmarca en la Agenda 2030 de Desarrollo Sostenible que señala para América Latina y el Caribe, objetivo 2; “poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria, mejorar la nutrición y promover la agricultura sostenible”(CEPAL, 2018), objetivo 12; garantizar modalidades de consumo y producción sostenible. Así mismo se alinea a la meta concerniente a la eficiencia en el uso, la gestión de los recursos naturales y de desechos.

El análisis y elaboración de una base teórica reúne valiosa información que aporta al estudio de la materia prima para la obtención del bioplástico inteligente y contribuye a la planificación territorial conforme a la disposición del Código Orgánico de Organización Territorial (COOTAD) en los objetivos del desarrollo y la mejora de la calidad de vida, es un avance institucional para el Gobierno Autónomo Descentralizado de San Miguel de Ibarra conforme a los objetivos del “Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021 Toda una Vida”, objetivo 3 literal 6 que señala la necesidad de impulsar la generación de bioconocimiento como alternativa a la producción primario-exportadora (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2017).

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar la producción de bioplástico a partir de almidón de papa *Solanum tuberosum* L. con antocianinas de repollo morado *Brassica oleracea*, como potencial indicador de senescencia de productos acuícolas, con enfoque en seguridad alimentaria - GAD Ibarra.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Establecer rangos de aplicación del modelo metodológico para la papa *Solanum tuberosum* L y repollo morado *Brassica oleracea*.
- Procesar los resultados de la investigación en un modelo metodológico sustentable para la producción de bioplástico.
- Determinar el costo de producción del bioplástico mediante un esquema documental.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 PRODUCCIÓN DEL BIOPLÁSTICO

2.1.1 GENERALIDADES

La sociedad contemporánea presenta una disyuntiva en la preservación del medio ambiente y los posibles impactos que estos representan, por tal razón se discute el papel del Estado, los gobiernos locales y seccionales para impulsar y desarrollar normas que permitan gestionar los residuos en un amplio volumen (Dilkes-Hoffman et al., 2019).

El uso de los bioplásticos sin duda está ganando espacio en el mercado al ser el principal embalaje que permite degradarse sin afectar significativamente al ambiente, se ha convertido en una alternativa objetiva debido a sus componentes biodegradables que permiten un equilibrio sostenible por su embalaje ecológico centrado en la voluntad reflexiva del consumidor dispuesto a cuidar y proteger el planeta.

Múltiples estudios sostienen que existe interés en la industria y consumidores en priorizar el uso industrial del bioplástico biodegradable, “es notable la preferencia y la aceptación que tiene este producto innovador y bioético, coherente con las demandas ambientales, que fidelizan la confianza en la adquisición de productos sanos y compromiso con la preservación ecológica” (Dilkes-Hoffman et al., 2019).

Los plásticos basados en el petróleo han generado la mayor contaminación, según la Fundación Ellen MarArthur el peso de los plásticos en los océanos será mayor que el de los peces en el 2050 por su baja degradabilidad y que son utilizados por el gran número de aplicaciones industriales que además la mayoría de los productos que consumimos

tienen grandes trazas de plástico. En este contexto, es primordial la sustitución por bioplásticos para reducir la dependencia del consumo de los combustibles de la gasolina y la presión de los vertederos de los residuos sólidos. “La industria agroalimentaria tiene la corresponsabilidad de aprovechar los subproductos o desechos que sin duda cierran el ciclo de vida y contribuyen a la economía” (Jiménez, M., Bouroudian, E., Pérez, B., Guerrero, A., & Romero, A,2020, p.7).

2.1.2 PROCESO TÉCNICO DE ELABORACIÓN

2.1.2.1 Definición

El termino bioplástico hace referencia a los plásticos que se obtienen de materias primas renovables a partir de mezclas de biopolímeros y plastificantes que gracias a estas características termo mecánicas llegan a desempeñar el cometido de los plásticos sintéticos capaces de desarrollar una descomposición aeróbica y anaeróbica por acción de los microorganismos tales como bacterias, hongos y algas bajo condiciones normales del medio ambiente (Meza Ramos, 2016, p.14 y Gómez Martínez, 2013, p. 227)

Se puede detallar algunas características del bioplástico:

- Reducen la huella de carbono.
- Suponen un ahorro energético en la producción.
- No emplean materias primas de naturaleza no renovable.
- Reducen residuos que contaminan el medio ambiente.
- No presenta aditivos perjudiciales para la salud.
- No cambian el aroma y el sabor de los alimentos (Pizá et al., 2017).

2.1.2.2 Importancia

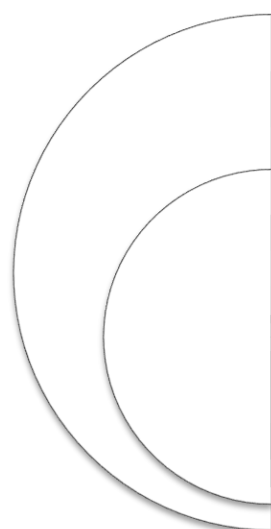
La importancia de la preservación del medio ambiente y el uso del bioplástico con sus ventajas se detallan a continuación, en la Tabla 1.

Tabla 1: Características bioplástico vs plástico convencional

Características	Plástico convencional	Bioplástico
Moldeable	+	+
Reciclable	-	+
Tiempo promedio de degradación	<1 año	>100años
Disminuye la contaminación	-	+
Aislante eléctrico	+	+
Baja densidad	+	+
Resistente a la humedad	-/+	+
Impermeable	+	+
Degradable al 100%	-	+
Transparente	+	-

Fuente:(Pizá et al., 2017)

Los polímeros biodegradables se pueden clasificar a partir de su proceso de fabricación de la manera en la que se muestra en la Figura 1(Meza, 2016).



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 poliláctico (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-hidroxi-butarato (PHB).

Figura 1: Polímeros biodegradables

Fuente: (Meza, 2016)

En último término, expuestas las ventajas de la aplicación del bioplástico y sus características, cabe señalar que su elaboración demanda de almidón presente en una variedad específica de la papa.

2.2 Papa *Solanum tuberosum* L [INIAP-Fripapa99-Superchola].

2.2.1 DESCRIPCIÓN

La papa es uno de los cultivos alimentarios más importantes del mundo:

La papa *Solanum tuberosum* L tiene origen andino, América del Sur y posee una diversidad genética, es la que mayormente se cultiva en el Ecuador, la zona norte registra la mayor producción a nivel nacional. El 25 % de la superficie de la tierra cultivable está dedicada a la producción de papa, solo la provincia del Carchi provee el 40 % de la cosecha anual del país, posee una diversidad de climas y más de 400 diferentes tipos (Quinteros Palloroza, 2015).

La taxonomía describe la clasificación científica de la papa utilizada para este estudio como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2: Descripción taxonómica de la papa.

Descripción	Característica
Familia:	Solanaceae
Género:	Solanum
Subgénero:	Potatoe
Sección:	Petota
Serie:	Tuberosa
Especie:	Tuberosum L
Subespecie:	Andígena

Fuente: (Quinteros Palloroza, 2015,p.23)

Profundizando el estudio de la papa es indispensable centrar la atención en el almidón, principal componente de estudio.

2.2.2 ALMIDÓN

El almidón se produce en la mayoría de las plantas, pero sólo a partir de determinadas especies de forma industrial. A continuación, en la Tabla 3 se muestra el porcentaje de almidón en distintos tipos de papa (Martínez P., Málaga, Betalleluz, Ibarz, & Velezmoro, 2015, p.8).

Tabla 3: Almidón, rangos porcentuales de diferentes variedades de papa.

	% Almidón base húmeda	% Humedad	% Almidón base seca
<i>Solanum phureja</i>	13,99	74,80	55,51
<i>Solanum tuberosum</i> L	19,41	74,41	75,87
<i>Solanum pausissectum</i>	14,69	79,42	71,39
<i>Solanum tuberosum vitelotte</i>	14,04	70,68	47,91
<i>Solanum chaucha</i>	10,73	77,91	48,59
<i>Solanum phureja</i>	15,1	78,90	71,55

Fuente: (Quinteros Palloroza, 2015)

2.2.3.1 Estructura química del almidón

El almidón está constituido por unidades de glucósidos dispuestas en dos componentes: amilosa y amilopectina; su proporción varía de un tipo a otro según sea su fuente. Estas macromoléculas se caracterizan por su grado de polimerización o ramificación lo cual afecta su comportamiento frente a los procesos de degradación. El contenido de amilosa y el grado de polimerización son importantes en la determinación de las propiedades físicas, químicas y funcionales del almidón (Sánchez y Aristizábal, 2007, p.33).

2.2.3.2 Amilosa

Las moléculas de amilosa constituyen la parte más esencial para el desarrollo del bioplástico, por ello en la opinión Sánchez y Aristizábal (2007) ratifica que la amilosa: “Es un polímero lineal que consta de moléculas de glucosa unidas por enlaces glucosídicos α -D-(1→4), el número de unidades varía entre los diferentes tipos de almidones, pero generalmente se encuentra en un promedio de 1000 unidades de glucosa por cada molécula de amilosa y presenta una forma de espiral. En un extremo de la

macromolécula la unidad de glucosa contiene el hidroxilo del carbono anomérico (a) libre, por lo cual se llama extremo reductor” (p. 34).

Específicamente la papa *Solanum Tuberosum* L [INIAP-Fripapa99-Superchola] presenta el 19,4 % de amilosa aportando de manera positiva al moldeo y gelificación del bioplástico a desarrollar (Aspinal, 1983 en Sánchez y Aristizábal 2007, p.34) y (Wurzberg, 1986 en Sánchez y Aristizábal 2007, p.35). A continuación, en la figura 2, se puede apreciar la estructura de la cadena de amilosa.

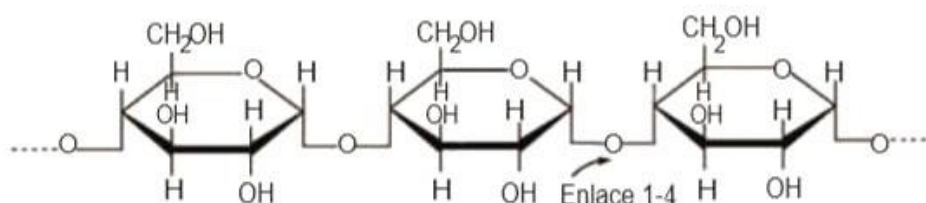


Figura 2: Amilosa, polímero de unidades D-glucosa unidas por enlaces α 1-4.

Fuente: (Sánchez y Aristizábal, 2007).

2.2.3.3 Amilopectina

La Amilopectina es un hidrato de carbono necesario para complementar la fase de gelificación y que el almidón mejore las condiciones sobre las propiedades mecánicas del bioplástico. Con referencia a lo anterior (Duprat, 1980, en Sánchez y Aristizábal, 2007) indica:

“Es un polímero formado por ramificaciones y cadenas lineales organizadas por 15-35 moléculas de glucosa unidas por enlaces α -D-(1-4). Estas cadenas están fusionadas entre ellas por enlaces α -D-(1-6) que forman los puntos de ramificaciones. La amilopectina se define como moléculas de glucosa” (p.36).

A continuación, en la Figura 3, se observa la estructura de la amilopectina y sus ramificaciones.

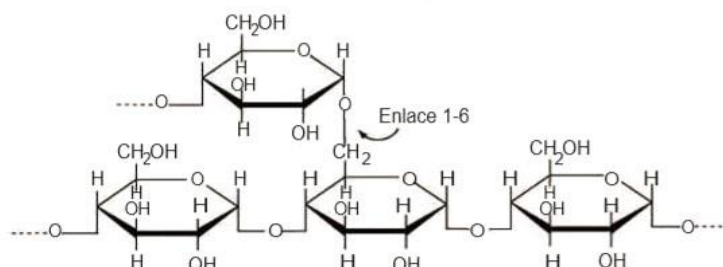


Figura 3: Amilopectina, enlaces α 1-4 y enlace α 1-6 glucosídicos.

Fuente: (Duprat, 1980, en Sánchez y Aristizábal, 2007, p.35)

2.3 Repollo morado *Brassica oleracea var. capitata f. rubra*

2.3.1 CARACTERIZACIÓN

El repollo pertenece a la familia botánica Brassicaceae, es una planta dicotiledónea herbácea y bienal (Rullán, Guillermo J. Fornaris, 2014). Las antocianinas son pigmentos solubles presentes en flores, frutas y vegetales, sus propiedades que pueden ser consideradas como un indicador potencial de pH dependiendo de las condiciones climáticas y geográficas, son factores importantes en su desarrollo para la producción del ingrediente funcional con alto contenido de cianidina 3, 5 glucósido (Chaiyasut et al., 2016).

Así, por ejemplo, la variación en el patrón de pigmentación según el desarrollo de las mismas en las distintas etapas del desarrollo reflejan características en sus hojas interiores y pueden ser rojas, rosadas, lavanda, azules, violetas o blancas que se exhiben y permanecen coloridas formando una atractiva planta paisajística (Chaiyasut, et al., 2016, p.3).

Se indica que el alto nivel de biosíntesis de antocianinas de clorofila, así como también el bajo nivel de biosíntesis producen pigmentación variada en las hojas interiores y exteriores, “el conocimiento de los mecanismos moleculares de la pigmentación de las hojas ofrece y requiere de una evaluación de sus especies según las condiciones en las que se encuentre” (Won Jin, S., Rahim, A., Shazia, K., En el parque, J., Goo Kang, J., & Sup Nou, I, 2018, p.13).

2.3.2 Influencia sobre la producción de bioplástico.

La ventaja de las variaciones del pH se debe a las aminas orgánicas producidas por la proteína en la descomposición de la carne, por lo que el empaque inteligente de bioplástico con antocianinas puede proporcionar una mejor preservación y una avanzada conveniencia para los consumidores, ya que produce respuestas de color fiables para detectar el grado de deterioro durante su almacenamiento. Las películas biodegradables presentan cambios visuales de color para los alimentos que no se encuentran aptos para el consumo, mostrando su gran potencial como indicador al monitorear el estado de frescura de la tilapia (Zhang, K., Huang, S., Yan, H., Hu, X., & Ren, T, 2020, p.5). El empaque inteligente de alimentos es de gran utilidad en la industria alimentaria para vigilar con precisión la verdadera calidad temporal de los productos.

Las condiciones de los alimentos, la manipulación del producto y su fecha de caducidad no son parámetros que aseguren una vigilancia de su calidad. “Existen productos químicos sintéticos, como el verde de bromocresol y el rojo de clorofenol que tienen la capacidad de detectar el deterioro de los alimentos a través del cambio de pH, pero no se permiten en los alimentos debido a su toxicidad” (Zhang et al., 2020).

El polímero de almidón permite desarrollar el bioplástico para proponer el embalaje inteligente para los productos sensibles o vulnerables a su deterioro en base a su variación

de pH. “Los iones positivos del flavión mantienen el rojo en un intensivo entorno ácido, así como también las antocianinas se convierten en pseudobase de carbinol incoloro a un pH de 4 - 6 y en condiciones alcalinas, la base quinoidal aniónica se forma y el color cambia a azul como resultado de la desprotección de los grupos hidroxilo” (Zhang, et al., 2020, p.6).

Finamente se demuestra que el nitrógeno básico volátil total (NBVT), compuesto principalmente por trimetilamina (TMA), dimetilamina (DMA) y amoníaco (NH₃), fue liberado al espacio de cabeza de la placa de Petri sellada. A medida que aumentaba el período de almacenamiento, estos compuestos básicos liberados se hacían más densos en el espacio libre superior del paquete, y estos compuestos eran absorbidos aún más por la película de PS-PSPE adherida en la superficie interior del fondo.

En otras palabras, se sostiene que el aumento del tiempo de almacenamiento en los compuestos básicos liberados adquiere mayor densidad en la parte superior del empaque y por ende son retenidos por el bioplástico que se encuentra adherido en la superficie del empaque.

Estos compuestos dan lugar a un aumento de los iones de hidroxilo en la película. En consecuencia, “la desprotonación de los grupos hidroxilo alteró la estructura de la antocianina a base quinoidal aniónica, cambiando el color púrpura claro inicial a azul. Estos resultados sugirieron que esta película sensible al pH podría ser usada como un indicador para monitorear la frescura” (Zhang, et al., 2020).

Consecuentemente, este bioplástico sensible al pH tiene la característica de ser usado como indicador para monitorear la frescura de la tilapia y garantizar la calidad del alimento. A continuación, se observa en la Figura 4 lo antes descrito.

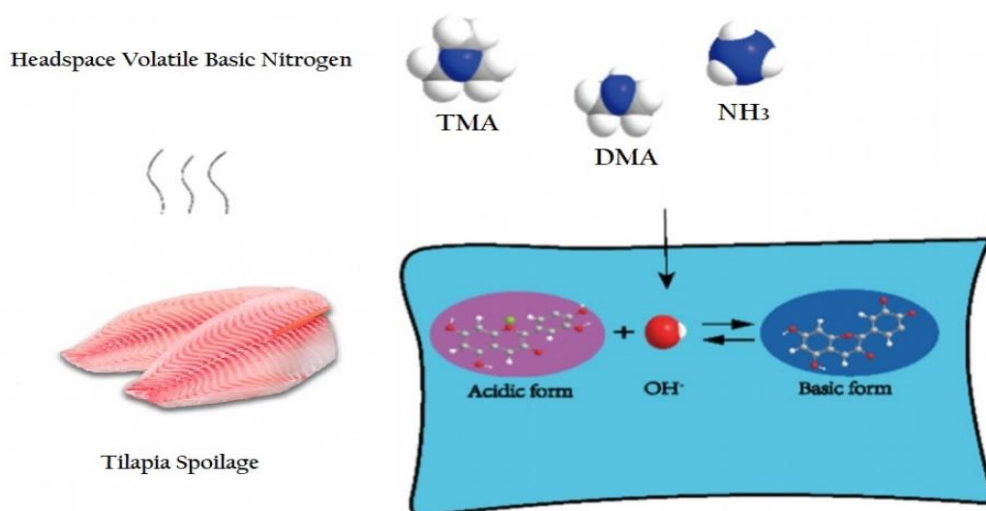


Figura 4: Mecanismo de monitoreo durante el deterioro del producto (TVB -N)

Fuente: (Zhang et al., 2020)

2.4 Seguridad alimentaria

La investigación permite garantizar la inocuidad de los alimentos, principalmente en fortalecer la industria acuícola asegurando a los productores y organismos sanitarios encargados de su control a identificar aquellos parámetros de evaluación en los procesos de empaque y almacenamiento aplicando el bioplástico de papa y antocianinas de repollo morado que permite monitorear la senescencia del producto como lo señala (Gutiérrez-Guzmán, 2017, p.4) según la gestión de higiene de las industrias.

Por otra parte, desde una perspectiva histórica Hidalgo, (2007) afirma lo siguiente:

“El ser humano desde sus primeras etapas del desarrollo evaluó la calidad de los alimentos por los sentidos como el tacto, la vista, el olfato el gusto. Los alimentos que son de origen animal, vegetal son de fácil deterioro lo que hace necesario que se tomen precauciones para que se consuman alimentos inocuos” (p 5).

Cabe enfatizar, que los alimentos de origen animal y vegetal han sido evaluados por el ser humano en sus distintas etapas del desarrollo a través de los sentidos, mismo que ha requerido de un estudio minucioso para la identificación del proceso de deterioro en los alimentos que garanticen un consumo sano preservando la salud que exige la certificación ISO 22000 basada en buenas prácticas y con enfoque de riesgo que sigue una estructura de alto nivel internacional y garantiza la calidad en toda la cadena alimentaria (ISO 22000, 2018) es decir, se mejora la protección del consumidor y se fortalece su confianza.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología con componente teórico se basa en el análisis y procesamiento de resultados de una serie de investigaciones teóricas preliminares. En relación con los objetivos planteados, la metodología considera las siguientes fases como se muestra en la figura 5.

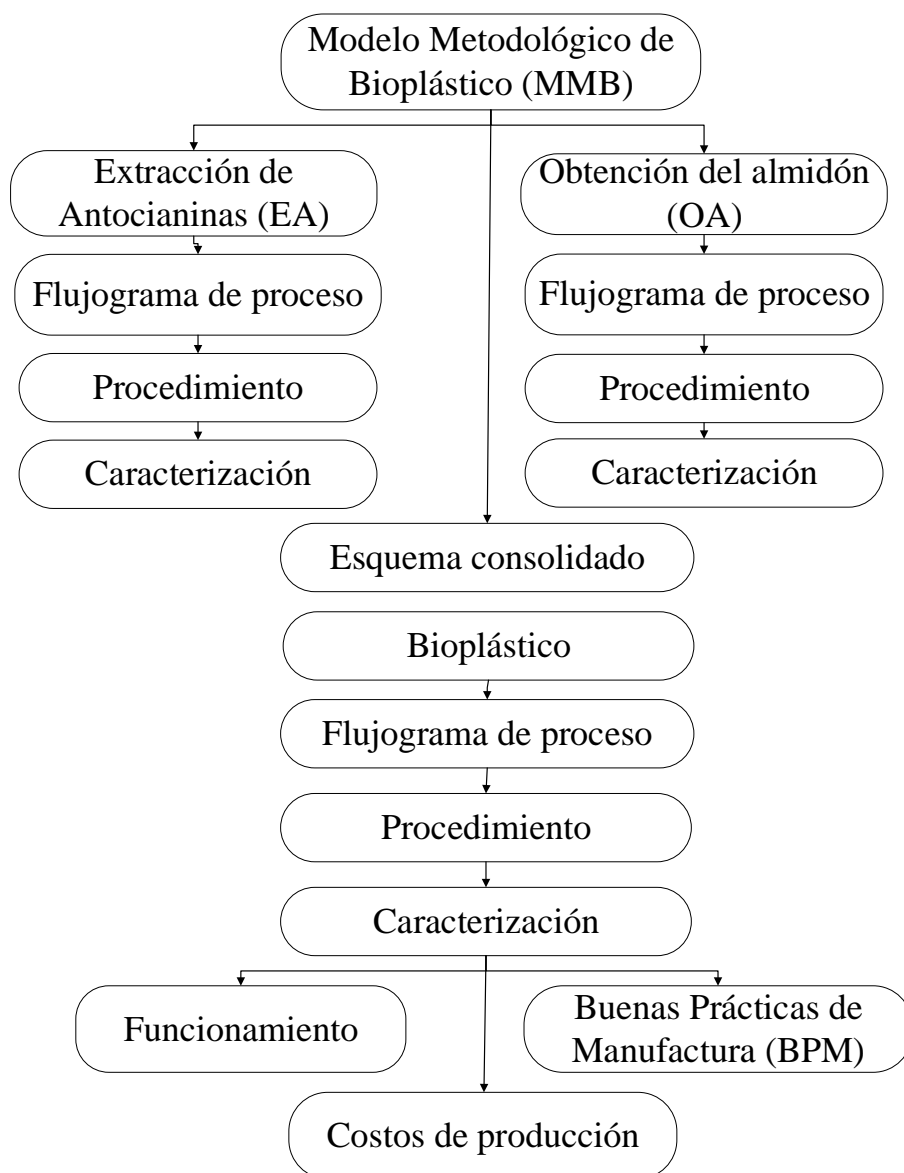


Figura 5: Modelo metodológico para la obtención del bioplástico.

3.1 Establecer rangos de análisis de la papa *Solanum tuberosum* L y repollo morado *Brassica oleracea*.

En esta fase se recopiló información de estudios relativos a la materia prima a partir de repositorios digitales de trabajos de grados y/o artículos científicos referentes a la zona de investigación. Se valoró, seleccionó la documentación y se examinó resultados, comparando análisis sobre el almidón de papa (amilosa y amilopectina) y antocianinas de repollo morado, finalmente se estableció un rango de trabajo referente a la materia prima del sector en estudio. En la siguiente sección se especifica la importancia de la información antes mencionada.

3.1.1 Amilosa y amilopectina.

Se obtuvo información de artículos científicos y fuentes confiables sobre la caracterización del almidón de la variedad *Solanum tuberosum* L. existente en la zona en estudio, así como análisis y resultados del Instituto Nacional De Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

Esta información se organizó en base a las variables de: cantidades de producción de la Zona 1 referente a la cantidad de producción de la papa *Solanum tuberosum*, estructura y detalle de las cadenas de amilosa y amilopectina, factores importantes para la gelatinización del almidón en la que se estableció la fórmula estructural de sus cadenas lineales, ramificaciones y enlaces de monómeros según las unidades de glucosa que presenta cada polímero.

Del mismo modo, de la información se extrajo una tabla de porcentajes de las variedades de papa, estableciendo una clasificación y un rango de idoneidad.

3.1.2. Repollo morado *Brassica oleracea* var. *capitata* f. *rubra*.

Se recopiló estudios internacionales de Kagoshima University Japón, estudios de Vietnam Sudeste Asiático, México y Centroamérica que aportaron con valiosa información, de estos se derivaron métodos de extracción de antocianinas y sus diversas aplicaciones, estos fueron analizados y seleccionados con base en procesos experimentales relacionados a los objetivos de la investigación, dichos métodos amplían información detallada sobre tipos de aplicaciones, variantes en el uso del extracto, validando la calidad teórica de los resultados.

Por otra parte, permitieron consolidar un esquema actualizado sobre el potencial de antocianinas y efectos en el cambio de color, la estructura del anillo detallando el número y orientación de los grupos hidroxilo y metoxilo, reacción de su estructura con la cadena de biopolímeros. De esta forma se integrará la información óptima como base teórica para la realización del bioplástico.

Así mismo, se comparó la información recopilada de fuentes seleccionadas para obtener la codificación de los colorantes de origen natural y aspectos bioquímicos importantes.

3.2 Procesar los resultados de la investigación en una base teórica sustentable para la producción de bioplástico.

En esta fase se consolidó los componentes; obtención del almidón, extracción de antocianinas y elaboración del bioplástico.

3.2.1. Estructura de base teórica.

La consolidación de información se definió acorde a normativas nacionales que tienen similitud a la Norma Técnica Colombiana NTC 4580 “Frutas Frescas Uchuva.

Especificaciones”, dicha norma permitió la estructuración de contenidos con referencia a secciones (ICONTEC, 1999).

- ***SECCIÓN 1: ANTECEDENTES***

El análisis es una acción alineada a la solución de una problemática, en este contexto se describió los antecedentes que son los marcos de análisis de la investigación.

- ***SECCIÓN 2: MARCO CONTEXTUAL***

Fue necesario precisar la problemática, la justificación y objetivos para brindar una mirada amplia del fenómeno en estudio, contrastando el árbol de problemas y de objetivos.

- ***SECCIÓN 3: MARCO LEGAL***

Se estableció los marcos legales con el fin de sustentar, proyectar objetivos y definir procesos, así como la competencia del Gobierno Autónomo Descentralizado de Ibarra y políticas institucionales de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales de la Universidad Técnica del Norte.

- ***SECCIÓN 4: ESTUDIOS PREVIOS***

Los estudios comprendieron; en primer lugar, el análisis del almidón de papa *Solanum tuberosum* L [INIAP-Superchola y Frippapa99], del mismo modo se examinó el estudio del extracto de antocianinas de repollo morado contrastando información.

Por otro lado, se detalló características fisicoquímicas del bioplástico, involucrando directamente el estudio de las propiedades de barrera del bioplástico.

Finalmente, se identificó la información de los porcentajes de variación que se obtuvo para la fórmula óptima y la identificación de un cambio de los valores.

- **SECCIÓN 5: METODOLOGÍA PARA LA OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO**

En esta se identificó y graficó el proceso por etapas con base en la revisión bibliográfica contrastada.

5.1 Estructuración del proceso

Se construyó; flujograma de proceso, obtención de almidón de papa, extracción de antocianinas de repollo morado y elaboración de bioplástico.

5.2. Diagrama de flujo del proceso de extracción de antocianinas.

Se usó el diagrama de flujo de proceso descriptivo y el software de dibujo vectorial Visio, permitiendo describir las nueve etapas del proceso, esquematizando el método de extracción sólido-líquido de antocianinas (ESLA), cantidades exactas de sustancias, reactivos, de la misma manera se detalló especificaciones técnicas de cada equipo y factores indispensables como temperatura y tiempo.

5.3. Diagrama de flujo del proceso de obtención de almidón de papa.

Para la obtención de almidón se realizó un diagrama de flujo de proceso de las seis fases detallando las sustancias y cantidades de materia prima como base del lote y en relación a la cantidad detallar tiempo y temperatura, de esta manera conocemos incluso porcentajes de pérdida y lo que vamos obteniendo en cada etapa del proceso. Del mismo modo se trabajó en diagrama de flujo en el software Visio, se especificó marcas del equipo y materiales optimizando el proceso y materia prima.

5.4. Diagrama de flujo para el proceso de elaboración de bioplástico.

Para obtener el bioplástico se realizó un flujograma fusionando los resultados de los dos componentes principales, examinando cada etapa de los siete pasos, de manera muy didáctica y explícita para que el lector pueda entender fácilmente.

Se utilizaron cantidades en unidades de porcentajes, tiempo y temperatura para manipular cada equipo.

5.5. Especificaciones técnicas.

Se determinaron los métodos de análisis adecuados para cada estudio de la materia prima utilizada como son: caracterización del almidón de papa, caracterización química de las antocianinas y bioplástico.

5.5.1. Caracterización del almidón de papa

Se consideraron como parámetros relevantes de estudio; humedad, granulometría, índice de solubilidad en agua e índice de absorción de agua.

5.5.2. Caracterización química de antocianinas de repollo morado.

Se consideró como parámetro relevante de estudio el rango de pH.

5.5.3. Caracterización para el bioplástico.

Se consideraron como parámetros relevantes de estudio; propiedades de barrera ópticas y mecánica.

- ***SECCIÓN 6: CORRECTA MANIPULACION (BPM)***

En este apartado se especificaron las prácticas y procedimientos a seguir para llevar a cabo un proceso eficiente y adecuado para la obtención del bioplástico, tomando en

cuenta aspectos claves específicos en la normativa nacional determinada por la Agencia de Regulación y Control Sanitario (Resolución ARCSA de 067-2015-GGG).

3.3 Determinar el costo de producción del bioplástico mediante un esquema documental.

Basado en el esquema de análisis de costos de Arias (2009) se determinó el monto para la obtención de un bioplástico. Para este trabajo se consideró los costos directos entre los que se muestran los valores de los equipos, materiales, insumos, el costo del personal, reactivos, materia prima, cotizaciones de proveedores ubicados en la zona de estudio. De la misma manera, la suma de costos indirectos de producción hace referencia a los implementos y servicios.

3.3.1 Costos de producción de bioplástico de almidón.

Se determinó costos de producción de bioplástico tomando en cuenta los factores intervinientes, directos, indirectos, volumen de producción, esto para establecer el punto de equilibrio como mecanismo de toma de decisiones como lo sostiene el Método de la ecuación basado en la aplicación de fórmulas y procedimientos matemáticos (Castillo, 2018).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el marco del análisis de la producción de bioplástico a partir de almidón de papa *Solanum tuberosum* L. con antocianinas de repollo morado *Brassica oleracea*, como potencial indicador de senescencia, se establece rangos de aplicación de la papa *Solanum tuberosum* L y repollo morado *Brassica oleracea*.

La base teórica para la producción de bioplástico está sustentada en los estudios de varios autores en los que destaca Muñoz (2014), Herrera (2016), Chariguamán (2015) y Quinteros (2015). Se obtiene como resultado que los componentes que sustentan el modelo metodológico se subdividen en tres secciones; obtención del almidón, extracción de antocianinas y la elaboración de bioplástico. Así mismo el estudio de Chariguamán (2015) muestra el método de casting como alternativa efectiva para reforzar la base de almidón para la formulación de bioplástico.

A partir de los hallazgos encontrados en los estudios de Quinteros (2015) sobre la variedad de papa *Solanum tuberosum* realizados en la estación experimental Santa Catalina del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Parroquia Cutuglahua, Cantón Mejía, Provincia Pichincha, se determina que la materia prima papa *Solanum tuberosum* a comparación de otras variedades presenta una estructura óptima de almidón y los porcentajes adecuados en la cadena de amilosa de 19,41 % base húmeda y de amilopectina 75,87 % base seca.

En este mismo orden de ideas, Sánchez (2007) aporta que la variedad *Solanum tuberosum* L [INIAP-Fripapa99-Superchola] contiene el 19,4 % de amilosa, el grado de polimerización y la amilopectina que son características importantes en la determinación

de las propiedades físicas químicas, mecánicas y funcionales cuyo resultado aporta de manera positiva al moldeo y gelificación siendo ideal para el desarrollo del bioplástico.

Al respecto, la papa es el producto idóneo para la producción de bioplástico, la investigación de Basantes, Albuja, & Vélez, (2016) establece que el tubérculo de esta variedad mantiene un alto volumen de producción en la Zona 1 (42 %), con tendencia de crecimiento. Del mismo modo esta variedad contiene almidón 80,41 %, amilosa 21,0 % y amilopectina 69,0 %. Se detalla que la β -amilosa consta de cadenas lineales con una disposición helicoidal que comprende seis unidades de glucósido y un diámetro de 1,3 mm, complementando con la amilopectina (α -amilosa) que presenta una estructura ramificada representando más del 80 % en la estructura de muchos almidones (Ramírez Hernández, 2018). A continuación, se expone la tabla 4 con los estándares apropiados para trabajar con la guía propuesta en este estudio.

Tabla 4: Estándares apropiados para la papa *Solanum tuberosum*.

Variedad	Madurez fisiológica	Almidón	Amilosa	Amilopectina
Solanum tuberosum L [INIAP-Fripapa99- Superchola]	130 -150 días a la cosecha	74,44 - 80,41 %	19,41 - 21,05 %	75,87 - 79,23 %

Fuente: Adaptado de (Ramírez Hernández, 2018) y (Vargas, Martínez, & Velezmoro, 2016)

Añadiendo a lo antes mencionado, la variedad *Solanum tuberosum* presenta un alto contenido de amilosa, incluso facilita la formación de películas con modificación química, pero es poco soluble en agua y es más difícil de degradar con respecto a un almidón con alto contenido de amilopectina.

Por otro lado, el estudio de Cáceres (2012) indaga las propiedades de la papa *Solanum phureja* obteniendo como resultado que esta variedad tiene un menor tamaño de los gránulos de almidón y en consecuencia un menor poder de hinchamiento y una mayor proporción de amilopectina de cadenas largas produciendo menor capacidad de gelatinización, afectando la orientación paralela de las cadenas macromoleculares que le permite formar enlaces de hidrógeno entre grupos hidroxilos de polímeros adyacentes.

Comparando los estudios expuestos se obtiene como resultado que la variedad *Solanum tuberosum* L [INIAP-Fripapa99-Superchola] de la Zona en estudio es la variedad de mejor condición para la elaboración del bioplástico, además cumple con la adherencia a la formulación de la estructura básica de la antocianidina como es cianidin-3-glucósido del anillo de carbono ideal para la formación de polímeros biodegradables.

Por otra parte, en cuanto al análisis del extracto de antocianinas de repollo morado *Brassica oleracea* var. *capitata* f. *rubra* se conoce que la extracción de las antocianinas se puede obtener mediante el método de secado por aspersion, considerando que este proceso contiene tres fases; evaluación de la temperatura, relación sólido líquido, concentración de antocianinas extraídas. De sus resultados se deduce que el rendimiento por el método de pH diferencial en 3000 mg/L de antocianinas extraídas en sus dos tratamientos contienen: sólido-líquido 29,72 % y etanol 41,59 % de rendimiento (Soto Mayor 2017, Vargas, 2017). Al respecto, cabe señalar que dichos resultados son favorables para evaluar la capacidad antioxidante cumpliendo con la Ley de Beer Lambert: relación exponencial entre la transmisión de luz a través de una sustancia y la concentración de la sustancia, así como también entre la transmisión y la longitud del cuerpo que la luz atraviesa.

En el análisis precedente a la antocianina de repollo morado como indicador de pH, es necesario destacar que Totoy (2018) establece tres tipos de alimentos aptos para extraer colorantes o pigmentos naturales como; en el repollo morado, camote y grano de maíz morado. Mediante el análisis bromatológico proximal se muestra como resultado en el repollo un contenido de humedad de 91,49 %, cenizas 1,47 %, fibra 0,68 % y proteína 1,69 %; además alcanza un mayor rendimiento en porcentaje de volumen en $14 \pm 0,25$ %, este resultado refuerza la aplicación con resultados validos cumpliendo con análisis fisicoquímicos y microbiológicos adecuados, de esta manera minimizamos riesgos de toxicidad para el uso en el bioplástico.

En este sentido, Herrera (2016) presenta resultados de cambio de coloración de pH: debido a que el nitrógeno básico volátil total (TVB-N) del deterioro del pez alcalinizó el medio y provoca una deprotonación de la base quinoidal como producto de la pérdida de humedad de la muestra de pescado generando cambios en la estructura de anhídrido base. Es preciso señalar que para esta aplicación utilizó antocianinas comerciales.

El estudio de Chaiyasut (2013) subraya la importancia de la cianidina, en su estudio destaca que el extracto contiene pigmentos bioactivos que actúan como indicadores ácido- base, características de las antocianinas que otorga coloraciones diferentes por lo que puede ser considerado un indicador de pH. A esto se agregan los resultados de Kagoshima University Kawasoe, Wakamatsu, Hamada, & Arata (2021) que muestra la estructura del componente existente en el pericarpio del fruto de maracuyá (*Passiflora edulis*): cianidin-3-glucósido, el peonidin-3-glucósido, la calistefina y el cianidin-3-rutinosido dando un colorante púrpura.

Sa Do, Nguyen, Lam, & Bao (2020) amplía información de estudios realizados sobre antocianinas en los alimentos, cuantitativamente por espectrofotometría UV-vis,

cromatografía y métodos electroquímicos, mismos que muestran que la estructura resonante del ión flavión causa los cambios en el color o intensidad de color, dependiendo del pH. Además, precisa que las coloraciones y estabilidad varían por factores intrínsecos como tipos de antocianinas, enlaces intermoleculares, pH, luz temperatura, oxígeno y disolvente. Hay que hacer notar que en el estudio mencionado fue enfocado directamente como biosensor para detectar la presencia de urea, nitrito de sodio, benzoato de sodio, bórax y formaldehído en los alimentos de análisis en Ho Chi Minh (Vietnam). La fase preliminar de extracción de antocianinas se llevó a cabo a temperatura ambiente, pigmento que gracias a las cadenas de hidrocarburos hidrofóbicos disolvió otros componentes identificados (como el azúcar, el almidón) con un mayor rendimiento de extractos apropiados para las pruebas cualitativas.

Estos resultados se complementan con el análisis realizado por Herrera (2016) en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano de Honduras y describe la aplicación como indicador de pH en productos de mar mediante el método de extracción sólido- líquido (ESLA) en unidades de (mg/L). Del mismo modo, focaliza el proceso concreto de pH requerido en un rango de (5 a 6), y de forma ideal un pH de 5,62 utilizando en porcentajes de (2, 6 y 10 v/v) de extracto de antocianinas evaluando en condiciones ambientales y de esta manera se optimiza todas las variables del bioplástico. Cabe decir que este estudio ocupó almidón de otro producto no obstante los resultados conservan validez por sus características análogas fundamentales.

En el mismo orden de ideas Chariguamán (2015) muestra información consolidada sobre las propiedades bioactivas de las antocianinas detallando las variaciones estructurales del anillo que son responsables en el cambio de color, aporta con su fórmula química y con

el detalle de codificación. A continuación, en la Tabla 5, se muestra las variaciones estructurales del anillo, base para conocer variables de coloración.

Tabla 5: Estructura y sustituyentes de las antocianinas

Aglicona	Sustitución		$\lambda_{\text{máx}}$ / (nm) espectro visible
	R1	R2	
Pelargonidina	H	H	494 (naranja)
Cianidina	OH	H	506 (naranja-rojo)
Delfinidina	OH	OH	508 (azul-rojo)
Peonidina	OCH3	H	506 (naranja-rojo)
Peninidina	OCH3	OH	508 (azul-rojo)
Malvidina	OCH3	OCH3	510 (azul-rojo)

Fuente: (Chariguamán, 2015)

En síntesis, el color de las antocianinas depende del número y orientación de los grupos hidroxilo y metoxilo de la molécula. Los aumentos en la hidroxilación ocasionan desplazamientos hacia coloraciones azules mientras que incrementos en las metoxilaciones producen tonalidades rojas. Otra posible variación en la estructura es la presencia del compuesto orgánico llamado cianidina OH que producen un desplazamiento hacia las tonalidades púrpura (Garzón, 2008). A continuación, en la Tabla 6, se detalla estándares apropiados para el repollo morado.

Tabla 6: Estándares apropiados para el repollo morado

Variedad	Madurez fisiológica	Antocianinas
Repollo morado	60 -70 días (trasplante)	Extracción con 1:3 disolvente etanol al
<i>Brassica Oleracea</i> var. <i>capitata</i> f. <i>rubra</i>	90 -120 días (cosecha)	50 %; pH 5,0 – 6,0

Finalmente, la información se agrupa en la siguiente Tabla 7, con el fin de integrar datos que brinden una perspectiva general de la materia prima a utilizar.

Tabla 7: Parámetros generales de materia prima: papa *Solanum tuberosum* y repollo morado *Brassica oleracea*.

Parámetros	Rango	Condiciones y parámetros favorables
Variedad	<i>Solanum tuberosum</i> [INIAP-Fripapa99-Superchola].	Variedad de mejor condición y contenido de almidón ideal para el proceso de obtención del bioplástico
Madurez fisiológica	130 - 150 días a la cosecha	Este estado de cosecha presenta mayor grado de resistencia y mejores características mejor desarrollo del tubérculo, completando las fases de crecimiento.
Almidón	74,44 - 80,41 %	Porcentaje de almidón óptimo en el tubérculo como materia prima para obtener polímeros biodegradables.
Amilosa	19,41 – 21,05 %	Porcentaje de amilosa esencial para el desarrollo del bioplástico, estructura del almidón que aporta al moldeo y gelificación.
Amilopectina	75,87 - 79,23 %	Rango específico del porcentaje de amilopectina para mejorar las condiciones sobre las propiedades mecánicas del bioplástico.
Factor meteorológico	Planta termo periódica T° 17 a 23 °C	Temperatura óptima para una mejor producción. La T° del suelo adecuada para el desarrollo de tubérculos 10 -16 (noche); 16-22 °C (día), aumenta rendimiento y calidad.

Variedad	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata f. rubra</i>	Variedad ideal, además cumple con la adherencia a la formulación para la formación de polímeros biodegradables.
Madurez fisiológica	8 - 9 semanas Tipo de suelo pesado-arcilloso y pH aproximadamente 7,0 tamaño y grado de compactación. Peso: 1-2 kg	Tiempo adecuado para el aumento de rendimiento, influye el tipo de suelo en el que se obtiene un crecimiento más firme, compacto y de mayor calidad. El repollo es sensible a la falta de aire, el límite está en que aproximadamente 15 % del volumen debe ser aire.
Antocianinas	Extracción por el método sólido líquido (ESLA) 300 ml de etanol al 50 %	Método adecuado para la extracción para la aplicación como indicador de senescencia en productos de mar.
pH	5 - 6 T° de conservación: 5 -7 °C	pH óptimo para que sea efectivo detectar el posible deterioro del producto.
Factores meteorológicos	La tasa de producción de Etileno es baja, tasa de Respiración es alta y sensible a la compresión.	Garantizar buen manejo de la cosecha y postcosecha para mejor calidad, mayor tiempo de vida comercial.

4.1 Estructuración de procesos, modelo metodológico sustentable.

Correspondiente con los resultados expuestos, se establece la estructuración de procesos; flujograma de proceso, obtención de almidón de papa, extracción de antocianinas de repollo morado y elaboración de bioplástico.

En lo que corresponde al diagrama de flujo del proceso de extracción de antocianinas se hace referencia a Zapata (2014) y se muestra a continuación en la Figura 6, el esquema del proceso por el método sólido-líquido.

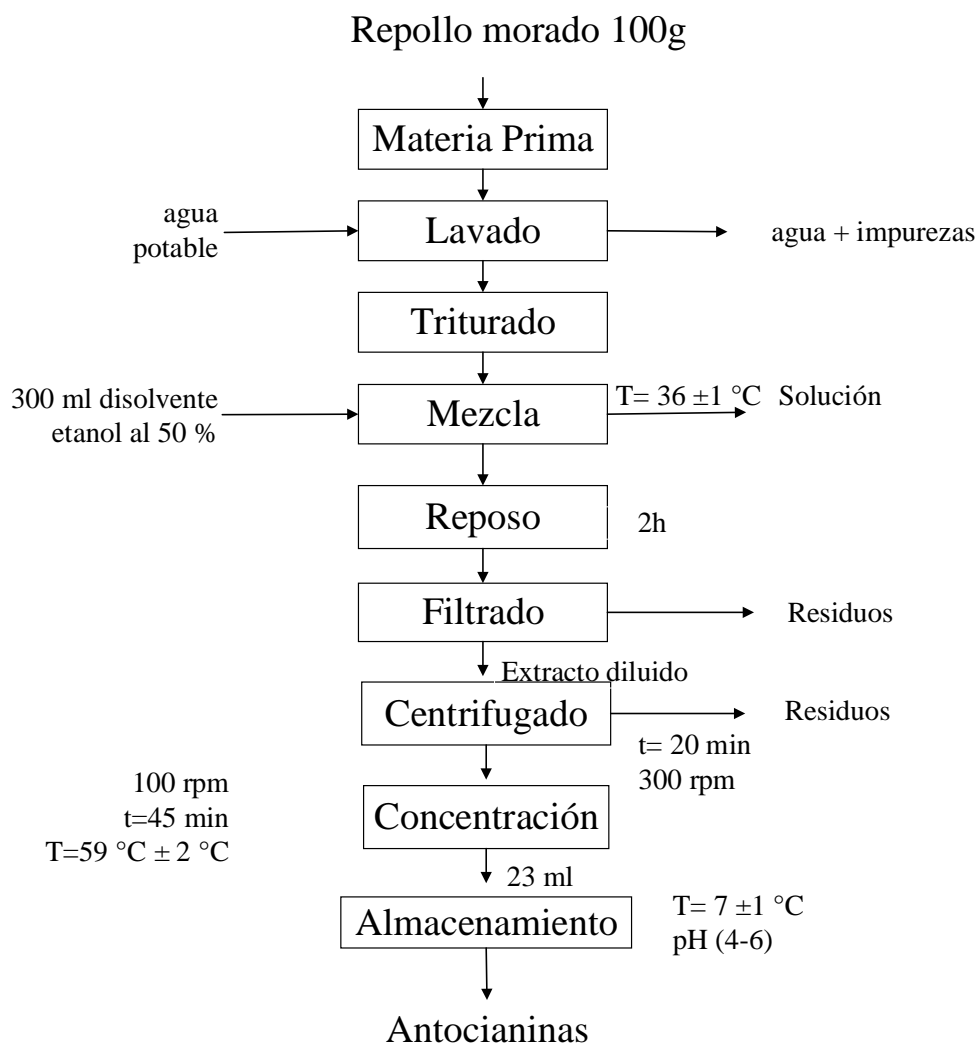


Figura 6: Proceso por el método sólido-líquido.

Fuente: (Zapata, 2014)

Como Zapata (2014) precisa en el flujograma anterior, se aprecia las fases del proceso y porcentajes de sustancias y reactivos utilizados. No obstante, esta formulación varía en caso de utilizar el solvente etanol a 41,59 %. La fase experimental de Zapata (2014) en la extracción de arándanos por el método (EAF) Extracción por fermentación, el rendimiento de antocianinas totales en cuanto al pH refleja un rango de (4,0 - 4,5) siendo valores muy bajos que dificulta el desarrollo de las levaduras, como consecuencia las antocianinas no fueron estables frente a los obtenidos por el método sólido líquido.

En este contexto, el flujo de proceso aporta que; para la recepción de materia prima se verifica que se encuentre en buenas condiciones, luego se elimina completamente las impurezas y residuos presentes en el repollo morado y se procede a lavar el vegetal con abundante agua potable.

Con ayuda de un procesador de alimentos se tritura 100 g de repollo morado para cada tratamiento. Se maneja la metodología de extracción ESLA (Extracción de antocianinas sólido-líquido) que menciona (Zapata, 2014). Para la mezcla se requiere 300 ml de solución total para cada tratamiento, para ello contaremos con 100 gramos de repollo morado, 300 ml de disolvente etanol al 50 %, lo colocamos en un frasco de vidrio de 500 ml controlando la temperatura a 36 ± 2 °C (Zapata, 2014, p.15)

De acuerdo con el flujograma se infiere que la solución de la extracción debe permanecer en reposo durante un lapso de 2 horas. Para el filtrado se separa los fragmentos de repollo morado de la solución etílica con ayuda de un colador y se coloca la solución diluida a una centrifugadora por 20 minutos a 300 rpm, de este modo se separa la parte sobrenadante de la mezcla. Además, para la concentración se trabaja con un rotavapor controlando la temperatura del equipo a 59 °C, 100 rpm durante 45 minutos para reducir aproximadamente 13 veces el volumen del extracto de antocianinas, esta temperatura

utilizamos debido que a una temperatura que sobrepasa, las antocianinas se degradan. Como resultado se obtiene un extracto de antocianina de 23 ml con un pH ideal de 5,62 o en un rango de 4 y 6, pH característico de las frutas y hortalizas frescas o procesadas, posteriormente se almacena en los frascos de vidrio y directamente a temperatura de refrigeración entre 5 a 7° C.

De la centrifugación se logra la mezcla principal para obtención de antocianinas libre de sobrenadante, almacenando en un rango de temperatura óptimo para la estabilidad y de esta manera evitamos la degradación del componente principal.

Este flujograma elaborado por el método de casting reforzado con albedo de maracuyá que aporta Chariguamán (2015) contiene la información necesaria para el manejo de los residuos orgánicos, se resalta que la materia prima utilizada en este proceso experimental fue realizado con *Manihot esculenta* (yuca) y *Zea mays* (maíz), sin embargo, el método de obtención para el almidón usado es equivalente con otra fuente de almidón como es la papa.

En lo concerniente al flujo del proceso de obtención de almidón de papa al igual que para la extracción de las antocianinas, los resultados consolidan un modelo para producir bioplástico de almidón de papa con antocianinas de repollo morado, referente al proceso de obtención de almidón como se describe en la Figura 7.

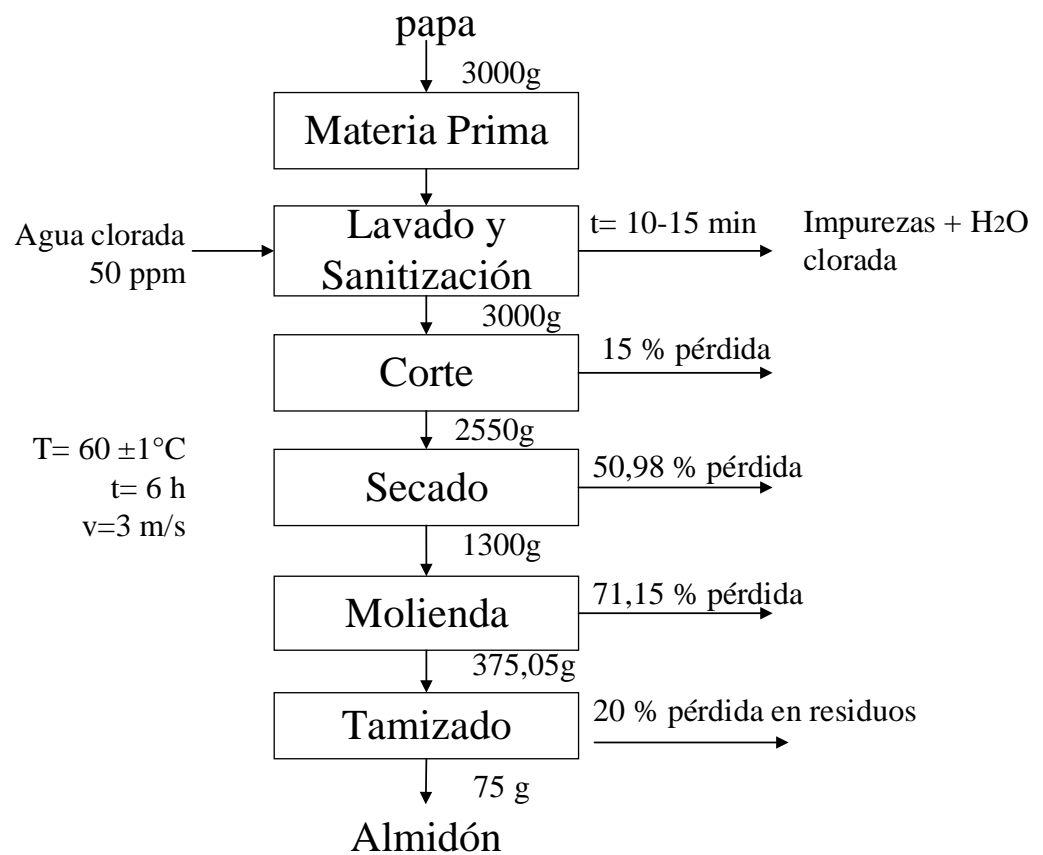


Figura 7: Proceso para la obtención de almidón.

Fuente: Basado en Alves, 2015, Chariguamán, 2015, Herrera, 2016

En el desarrollo del proceso se verifica que la papa se encuentre en buenas condiciones para luego colocarla en gavetas con capacidad para 3 kg que comprende a la cantidad de un lote. Con el objetivo de eliminar impurezas se procede al lavado y sanitización utilizando agua clorada a 500 ppm de cloro residual libre en un lapso de 10 a 15 minutos. Consecutivamente se realiza un corte en trozos aproximadamente de 8 x 2 cm, con ayuda de un deshidratador se debe controlar a una temperatura de 60 °C por un periodo de 6 horas y a una velocidad de flujo de aire de 3 m/s. Para la molienda es preciso el uso de un molino obteniendo partículas de 1mm de diámetro siguiendo el método AOAC (oficial method 965,22 sorting corn grits), seguido a ello se procede al tamizado con el tamiz

Nº80, de esta manera se obtiene el almidón de papa variedad *Solanum tuberosum* por el método seco (Sánchez, 2007).

Finalmente, los resultados consolidan un diagrama de flujo de elaboración del bioplástico a partir de almidón de papa *Solanum tuberosum* L. con antocianinas de repollo morado *Brassica oleracea*.

Destacando la fase experimental que presenta Muñoz (2014) se construye un modelo metodológico que describe cada etapa con sus especificaciones técnicas como se muestra a continuación en la Figura 8.

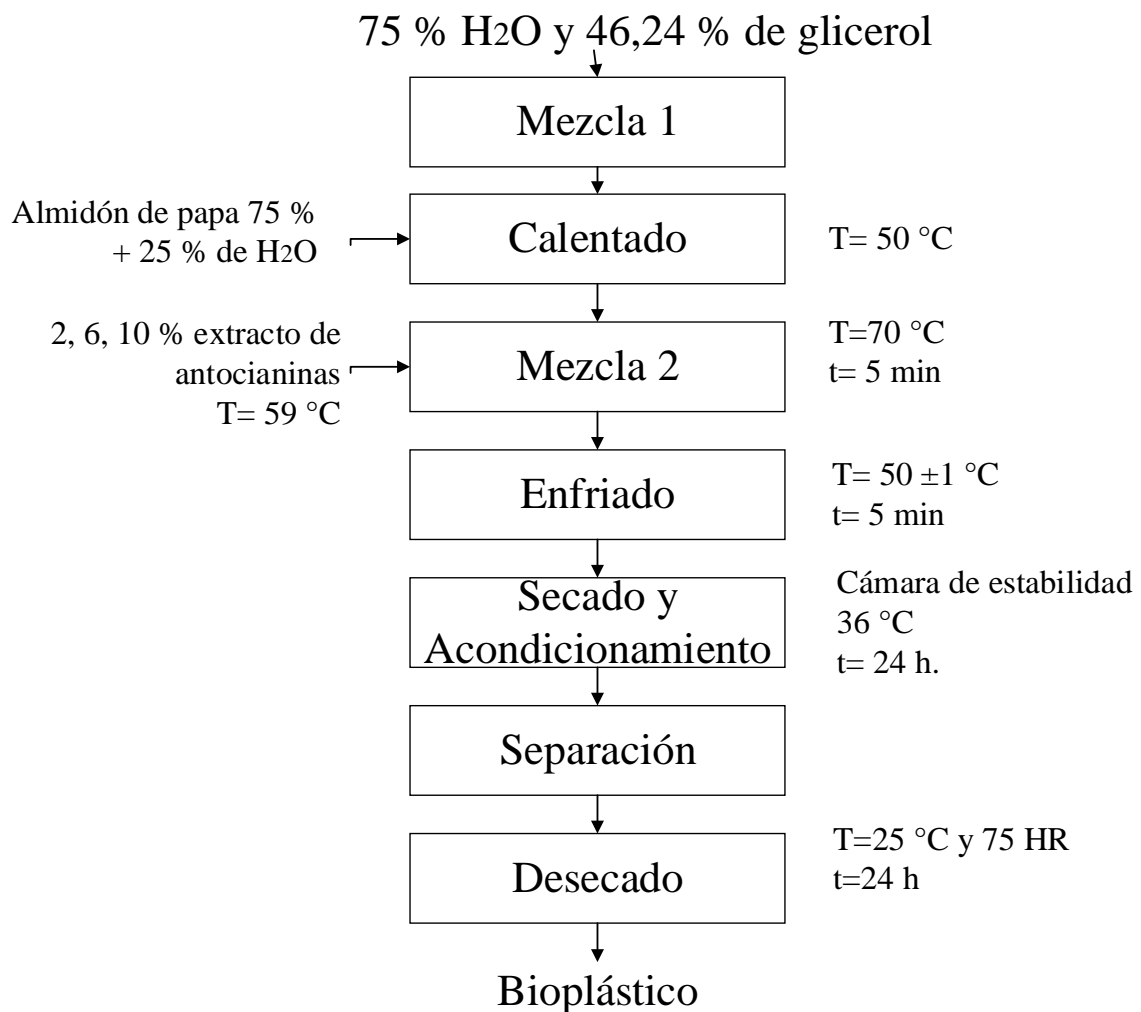


Figura 8: Proceso de elaboración del bioplástico con antocianinas de repollo morado.

Fuente: (Muñoz, 2014)

Especificando lo expuesto en el flujograma, se obtiene una mezcla final y para ello se utiliza el almidón de papa; para obtener el primer resultado se procede a mezclar 75 ml de agua y 46,24 ml de glicerol, con ayuda de una plancha de agitación magnética se calienta la mezcla 1 hasta llegar a una temperatura de 50 °C. Para la segunda mezcla se añade una solución que comprende 75 % de almidón de papa y 25 % de agua, de esta manera evitamos la formación de grumos y se calentará hasta llegar a una temperatura de 70 °C durante 5 minutos. Se enfría la solución a 50 °C para añadir diferentes concentraciones de antocianinas en porcentajes de 2, 6 y 10 % v/v, controlando la temperatura de 50 °C para evitar que las antocianinas lleguen a su etapa de degradación. Para el secado y acondicionamiento se colocará 25 g de solución en cajas petri a una cámara de estabilidad controlando la temperatura de 36 °C durante 24 horas. Posteriormente del secado de las películas se separan de las cajas petri y previo a ser analizadas se colocan en un desecador con una temperatura de 25 °C, 75 % HR controlada durante un periodo de 24 horas.

En último término, se presenta las especificaciones técnicas de los métodos de análisis adecuados para cada proceso; almidón de papa, caracterización química de antocianinas de repollo morado, caracterización para el bioplástico; propiedades de barrera, mecánicas y ópticas. En lo concerniente a la papa la siguiente Tabla 8, explica los análisis relevantes necesarios para comprobar la calidad de almidón obtenido.

Tabla 8: Análisis metodológico para la caracterización del almidón de papa.

Variable	Rango	Método	Equipo
Humedad	87 – 90 %	AOAC 925,09, (2005)	Balanza infrarroja
Análisis Granulométrico	400 - 500 μ m	Tamizado	Tamiz eléctrico
Índice de solubilidad en agua (ISA)	0,27 - 12,32 %	Centrifugación	Centrifugadora
Índice de absorción de agua (IAA)	0,82 - 15,52 g gel/g muestra	Anderson (1969)	Estufa Balanza analítica

Fuente: Joaqui D & Villada C (2013).

En la Tabla 8, se consolida la información derivada de varios autores y sistematizada bajo un criterio profesional con el objetivo de proveer una formulación precisa para la caracterización del almidón.

Para el análisis de Humedad encontramos en el Anexo 1; análisis granulométrico se detalla en el Anexo 2; Índice de solubilidad en agua (ISA) e índice de absorción de agua (IAA) se muestra en el anexo 3.

En cuanto a los análisis químicos de antocianinas de repollo morado, se establece la siguiente información consolidada en la Tabla 9.

Tabla 9: Análisis químico para la caracterización de antocianinas.

Rango de pH	Método /Equipo	Temperatura (T°)
5,0 – 6,0	Potenciómetro	56 – 60 °C

De la tabla se reflexiona que el rango no sobrepase la temperatura establecida entre 56 – 60 °C como máximo para evitar su degradación, puesto que de esta propiedad química depende la efectividad en el resultado.

Con respecto a la elaboración del bioplástico se obtiene como resultado especificaciones técnicas relativas a las propiedades; mecánicas, de barrera y ópticas que garantizan la efectividad del producto final, como se presenta en la tabla 10.

Tabla 10: Variables funcionales a detallar en el análisis metodológico.

Características	Variables	Método/Equipo	Resultado
Propiedades de barrera	Permeabilidad al vapor de agua (PVA)	ASTM E96-80	1,03 - 1,75 g.mm/h.m ² . kPa
	Solubilidad en agua	ASTM D570, UNE 53028	Desde 34,39 % hasta 55,78 % de material de característica soluble. Con (8-10 %) extracto y 44-46 % glicerol (p/v). No sobrepasar la cantidad de plastificante debido a que puede causar mayor solubilidad en agua siendo muy negativo para el indicador y su contacto con el producto.
Propiedades ópticas	Espesor	Micrómetro manual	0,15 nm a 0,16 nm % de EA no tiene efecto en el espesor.
	Medida de opacidad	ASTM D 2244, DIN 5033	6,1 nm Directamente proporcional entre: opacidad y % EA (5,6 – 6 %) Se requiere mayor opacidad para mejor visualización del color del extracto y que pueda proteger a la muestra del producto de la luz solar.

Características	Variables	Método/Equipo	Resultado
	Color	ColorMeterFree escala RGB, HSV	Luminosidad $\Delta E = 7$ a 8 nm
Propiedades mecánicas	Elongación o deformación en la tensión	ASTM D882 (ASTM 1995)	7,3-8 % Relación: 1:2 concentración de EA-plastificante aumenta la deformación por tensión disminuyendo resistencia.
	Deformación o fuerza de Perforación	ASTM D638, ISO 527	55,54 hasta 58 % Relación: almidón 75 % glicerol: 46.24 % EA: 8,3 %

Fuente: Chariguamán (2015)

Como se aprecia en la tabla 10, la información se agrupa con el fin de describir los análisis de caracterización para el bioplástico. Con estos resultados se garantiza la calidad y funcionalidad. La consolidación de resultados de estudios análogos anteriores relaciona aportes de varios autores interpretados en el marco de los objetivos de este estudio.

Las propiedades de barrera como la permeabilidad al vapor de agua (PVA) se precisa en el Anexo 4; Solubilidad en agua Anexo 5; Espesor Anexo 6. En cuanto a las propiedades ópticas como medida de opacidad Anexo 7; Color Anexo 8; Como propiedades mecánicas elongación o deformación en la tensión y deformación o fuerza de perforación se encuentra en el Anexo 9,10, respectivamente.

Cabe considerar, por otra parte, en el marco de buenas prácticas de manufactura (BPM) la Resolución ARCSA de 067-2015-GGG de la Agencia de Regulación y Control Sanitario condiciona parámetros y la ejecución de los procesos inherentes a la producción

de bioplástico para reducir el margen de error al momento de elaborar el bioplástico, garantizando de esta manera un producto inocuo y seguro para ser aplicado dentro de la industria alimentaria, como se especifica en la Tabla 11.

Tabla 11: Parámetros y condiciones mínimas requeridas.

Parámetros	Indicadores
1 Requisitos higiénicos de fabricación	Higiene y cuidado personal. Perfil acorde al cargo desempeñado Indumentaria obligatoria Rigurosos protocolos de aseo, limpieza y desinfección.
2 Condiciones del ambiente	Pertinencia en el diseño y distribución de las áreas de trabajo.
3 Materiales y equipos	Maquinaria o equipo provisto de manuales de operación, control y mantenimiento. Superficies y materiales esterilizados.
4 Operaciones de producción y áreas	Suministro de agua y vapor Manejo adecuado de desechos líquidos y sólidos. Control de temperatura y humedad ambiental, calidad del aire y ventilación, iluminación, instalaciones eléctricas.

Fuente: Elaboración propia con referencia en disposiciones de (ARCSA, 2015)

4.2 Análisis financiero, costo de producción del bioplástico

En cuanto al análisis de costos, es indispensable determinar costos fijos/indirectos, variables/directos, con énfasis en reducir precios y mejorar la productividad. Los rubros y análisis estadísticos se detallan a continuación en las Tablas 12 y 13.

Tabla 12: Costos fijos para el desarrollo del proyecto.

Costos fijos				
ORD	ITEM	COSTO TOTAL (mensual)	XI	%
1	Servicios básicos	\$ 42,00	0,202	20,28
2	Arriendo	\$ 150,00	0,724	72,48
3	Gastos generales	\$ 15,00	0,072	7,24
	Total	\$ 207,00		

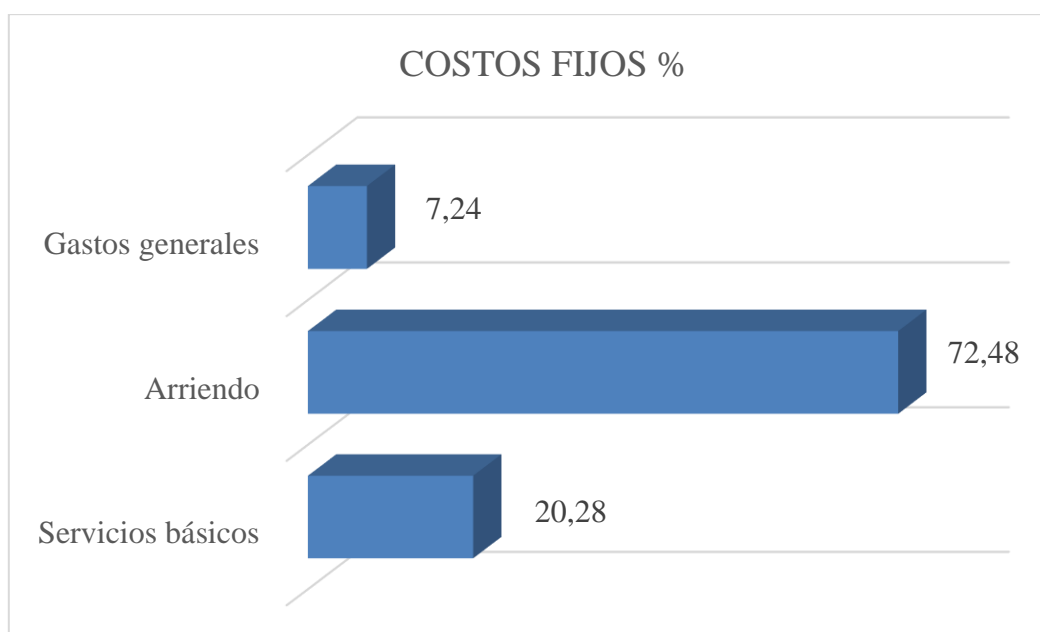


Figura 9: Costos fijos de producción.

El análisis de costos fijos se determina de acuerdo al proceso que se van delineando con los rubros de los diferentes ítems en estudio conforme un seguimiento permanente y revisión constante por parte de la alta gerencia y el nivel técnico. Como se nota en los resultados sobre los costos fijos, el 20,28 % de los servicios básicos que comprende; agua, luz, teléfono, internet; además el arriendo cubre una inversión en un 72,48 % y en gastos

generales un 7,24 % acorde a la necesidad del proceso productivo en la elaboración del bioplástico.

Tabla 13: Costos variables.

Costos variables				
ORD	ITEM	COSTO TOTAL (mensual)	XI	%
1	Materia prima e insumos	\$ 120,00	0,1052	10,52
2	Mano de obra	\$ 200,00	0,1755	17,55
3	Equipos	\$ 820,80	0,719	71,93
	Total	\$ 1 140,38		

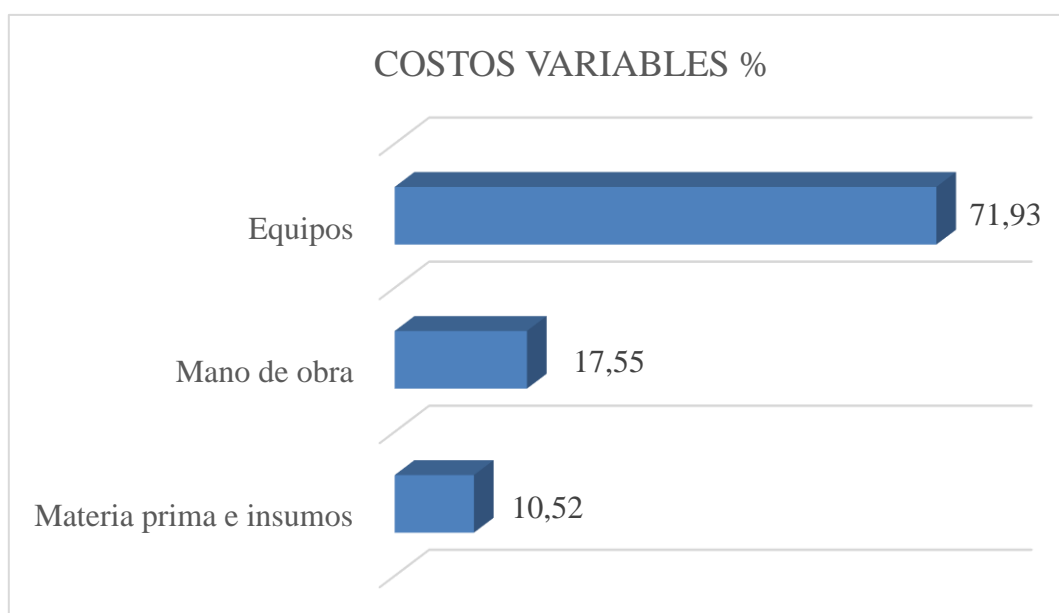


Figura 10: Costos variables de producción

Como resultado, se establece un inventario estándar, equipos y maquinaria con lo esencial, a fin de poder elevar el volumen de producción y ventas para alcanzar el punto de equilibrio empresarial. Los costos variables oscilan en parámetros conforme revisión y análisis del equipo técnico conforme demanda, tomando en cuenta que el gasto de personal no debe ser excesivo debido a que toda la inversión se enfoca a equipos de

tecnología garantizada. Como se puede apreciar en la figura de costos variables en un periodo del primer mes, el 17,53 % está representado por mano de obra y 10,52 % por materia prima e insumos que comprende a reactivos de laboratorio abarcando los gastos para el desarrollo de las actividades para la producción del bioplástico.

Con una cantidad de 100 g de repollo morado y 3000 g de papa se obtiene 25 g de bioplástico por lote, es decir, cantidad diaria que corresponde a 108 unidades de bioplástico y por 20 días laborables genera un total de 2160 unidades de bioplástico de producción mensual. El costo de producción total es de \$ 527,00 y el costo unitario es \$ 0,245 ctvs. logrando así el punto de equilibrio empresarial que a futuro la empresa podrá considerar el producto a la venta con el 30% de margen de ganancia a un valor de \$ 0,31 ctvs. por unidad.

Finalmente, se obtiene una tabla general de costos basada en cotizaciones locales para lograr una amplia visión de en cuanto a la inversión, como se muestra a continuación en la tabla 14.

Tabla 14: Costos de producción total.

Costos variables	Unidades totales	Valor unitario	Costo fijo	Costos variables
Materia Prima e Insumos				
Papa (q)	4	15,00		60,00
Repollo morado (q)	5	6,00		30,00
Insumos	1	30,00		30,00
Total				120,00
Mano de obra				
Operarios	1	200,00		200,00
Equipos/ Maquinaria				
Reactivos de laboratorio				
Agua destilada (L)	1	7,00		7,00
Glicerol (3 785 L)	1	42,00		42,00
Etanol 50% (L)	1	5,00		5,00
Hipoclorito de sodio 10% (L)	1	8,00		8,00
Total				62,00
Materiales de laboratorio				
Frascos de Vidrio	3	6,10		18,30
Cajas petri	3	2,10		6,30
Vaso de precipitación	3	1,50		4,50
Papel filtro	4	1,00		4,00
Potenciómetro	1	33,00		33,00
Total				66,10
Equipos				
Estufa agitadora		1		84,00
Texturómetro		1		35,00

Cámara de estabilidad		1	214,00
Balanza analítica		1	61,28
Molino		1	39,00
Rotavapor		1	259,52
Total			692,28
Total, maquinaria			820,38
TOTAL, COSTOS			1140,38
VARIABLES			
COSTOS FIJOS			
Servicios básicos			
Luz	1	27,00	27,00
Agua	1	15,00	15,00
Total			42,00
Arriendo local	1	150,00	150,00
Gastos generales			
Implementos de seguridad	7,00		7,00
Gastos administrativos	8,00		8,00
Total			15,00
TOTAL, COSTOS FIJOS			207,00
COSTO MENSUAL TOTAL		527,00	

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- El modelo teórico metodológico desarrollado vincula las propiedades fisicoquímicas de la papa variedad *Solanum tuberosum* L [INIAP-Fripapa99-Superchola] y repollo morado *Brassica oleracea* var. *capitata* f. *rubra* para la producción del bioplástico como indicador de senescencia de productos acuícolas.
- Se establece los rangos de aplicación, valoración minuciosa y porcentajes idóneos en la composición para la estructuración de la fórmula con base en la materia prima de la zona de estudio.
- De acuerdo con los análisis previos se diseñó el flujograma de procesos; obtención del almidón, extracción de antocianinas de repollo morado, elaboración del bioplástico, y respectivo análisis relevantes necesarios procurando la objetividad para cada proceso.
- Se comprueba la funcionalidad industrial del extracto de antocianina de repollo morado (*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *rubra*) como indicador de pH, potencial efecto colorativo y proyección de uso como mecanismo de alerta de senescencia de alimentos.
- Se determina costos fijos/indirectos, variables/directos como resultado del análisis y con base en los porcentajes obtenidos se interpreta una alta factibilidad financiera.

- Los costos de producción de bioplásticos intervinientes indican rentabilidad, equipos de fácil operación, disponibilidad de materia prima, los procesos de producción establecidos en sus tres etapas permiten reducir precios y optimizar la productividad.

5.2 RECOMENDACIONES

- La estructura del almidón está sujeta a mejora mediante un proceso de modificación química por acetilación para un mayor aprovechamiento de sus características físicas, químicas y mecánicas.
- Se recomienda desarrollar el bioplástico y aplicar en la zona de investigación para comprobar sus resultados.

BIBLIOGRAFÍA

- Alimentaria, L. O. (Diciembre de 2010). *Registro Oficial Suplemento 583:Oficio No. T. 3241-SGJ-09-1202*. Obtenido de <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu88076.pdf>
- Alves, P. L. (2015). *Exploração de co-produtos do maracujá: elaboração de farinha instantânea mista de arroz/maracujá por extrusão termoplástica e seu uso em bebidas*. Brazil: Universidad Federal Rural Río de Janeiro.
- Amin , R., Asaduzzaman, M., & Kowser, A. (2019). Characterization and performance analysis of composite bioplastics synthesized using titanium dioxide nanoparticles with corn starch. *Heliyon*, volume 5, 2405-8040. Obtenido de doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02009
- ARCSA, A. N. (21 de Diciembre de 2015). *La dirección ejecutiva de la agencia nacional de regulación, control y vigilancia sanitaria*. Obtenido de https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/12/Resolucion_ARCSA-DE-067-2015-GGG.pdf
- Aristizábal, J., Sánchez, T., & Mejía Lorío, D. (2007). *Guía técnica para la producción y análisis de almidón de yuca*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Basantes, F., Albuja, M., & Vélez, A. (2016). Caracterización de la cadena agroproductiva de la papa (*Solanum tuberosum*) en la provincia del Carchi y su fluctuación de los precios en los mercados mayoristas de Carchi, Imbabura y Pichincha. *Economía Agraria, Volumen 19*, 30.

- Cáceres , M., Mestres, C., Pons, B., Gibert, O., Amoros , W., Salas, E., & Dufour , D. (August de 2012; Volume 64, Issue 8). *Physico-chemical characterization of starches extracted from potatoes of the group Phureja*. Obtenido de doi.org/10.1002/star.201100166
- Cao, N., Fu, Y., & He, J. (2007). Preparation and physical properties of soy protein isolate and gelatin composite films. *ScienceDirect, volumen 21*, 1153-1162. Obtenido de doi.org/10.1016/j.foodhyd.2006.09.001
- CEPAL, N. U. (Diciembre de 2018). *La agenda 2030 y los objetivos de desarrollo sostenible:una oportunidad para América Latina y el Caribe*. Obtenido de *Objetivos, metas e indicadores mundiales*: ISBN: 978-92-1-058643-6
- CFC/FAO/INFOPESCA. (s,f de s,f de 2014). *Manual para empresas elaboradoras de filetes de tilapias* . Obtenido de Infopesca : <https://www.infopesca.org/sites/default/files/complemento/publibreacceso>
- Chaiyasut, C., Sundaram, B., Pengkumsri, N., Sirilun, S., Peerajan, S., Chaiyasut, K., & Kesika, P. (2016). Anthocyanin profile and its antioxidant activity of widely used fruits, vegetables, and flowers in Thailand. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research, Volumen 9, Issue 6*, 218-224.
- Chariguamán, J. A. (Noviembre de 2015). *Caracterización de bioplástico de almidón elaborado por el método de casting reforzado con albedo de maracuyá (Passiflora edulis spp.)*. Obtenido de Biblioteca digital Zamorano: <file:///C:/Users/Usuario/Desktop/AGI-2015-014.pdf>

Commission, S. o. (2007). *Recommended methods of analysis and sampling*. CODEX STAN.

Confente, I., Scarpi, D., & Russo, I. (2020). Marketing a new generation of bio-plastics products for a circular economy: The role of green self-identity, self-congruity, and perceived value. *Journal of business Research*, Volumen 30, Issue 40, xxx-xxx. Obtenido de doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.10.030

Garzón, G. A. (2008). Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos. *Acta Biol. Vol, 13, 27-36*. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/abc/v13n3/v13n3a2.pdf>

Gómez Martínez, D. P. (2013). Desarrollo de bioplásticos a partir de subproductos agroalimentarios. España : En la Universidad de Huelva .

Gordillo, G. (2013). *Seguridad y Soberanía alimentaria* . Buenos Aires : FAO .

Gutiérrez-Guzmán, N. (2017). Identificación de peligros que afectan la inocuidad en una planta de procesamiento de tilapia roja: un estudio de caso. Caracas, Venezuela: Interciencia, vol. 42.

Hamlet Pizá, S. R. (2017). Análisis experimental de la elaboración de bioplástico a partir de la cáscara de plátano. Piura: Universidad de Piura.

Haverkort , A. J., Franke , A. C., Engelbrecht, F. A., & Steyn, J. M. (2013). Climate Change and Potato Production in Contrasting South African Agro-ecosystems 1. Effects on Land and Water Use Efficiencies. *EAPR, Volúmen 56*, 31-50.

- Hernández Medina, M., Torruco Uco, J. G., Chel Guerrero, L., & Betabcur Ancona, D. (2008). Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 718-726.
- Herrera, A. E. (2016). *Caracterización de un bioplástico de almidones de maíz y yuca con extracto de antocianina como potencial indicador de pH*. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana. Universidad Zamorano.
- Hidalgo, F. K. (2007). *El HACCP y la ISO 22000: Herramienta esencial para la inocuidad y calidad de los alimentos*. Lima : Universidad de Lima .
- Hoffman , D. L., Ashworth, P., Laycock, B., Pratt, S., & Lant, P. (2019). Public attitudes towards bioplastics – knowledge, perception and end-of-life management. *Resources, Conservation and Recycling, Volumen 151*, 104-179. Obtenido de doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104479
- Ibarra, G. A. (2020). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Ibarra*. Ibarra.
- INAMHI Pronóstico para Ibarra. (14 de Abril de 2018). *Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología*. Obtenido de <http://186.42.174.241/InamhiPronostico/>
- Jiménez, M., Bouroudian, E., Perez, B., Guerrero, A., & Romero, A. (2020). Evaluation of different strengthening methods in the mechanical and functional properties of soy protein-based bioplastics. *Journal of Cleaner Production, Volumen 102*, 461-476. Obtenido de doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.04.139

- Joaqui D, D. F., & Villada C, H. S. (2013). Propiedades ópticas y permeabilidad de vapor de agua en películas producidas a partir de almidón. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 59-68.
- Kawasoe, H., Wakamatsu, M., Hamada, S., & Arata, Y. (2021). Analysis of natural colourant extracted from the pericarp of passion fruit. *LWY-Food Science and Technology* 136, 110412. Obtenido de doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110412
- Malajovich, M. A. (s,f de s,f de 2012). *Guías de actividades Biotecnología: enseñanza y divulgación*. Obtenido de <http://www.bteduc.bio.br>
- Martínez, P., Málaga, A., & Betalleluz. (2015). *Scientia Agropecuaria*. Trujillo : Universidad Nacional de Trujillo Perú.
- Martínez, P., Málaga, A., Betalleluz, I., Ibarz, A., & Velezmoro, C. (2015). Caracterización funcional de almidones nativos obtenidos de papas (*Solanum phureja*) nativas peruanas. *Scientia Agropecuaria*, 291-301.
- Meaño Correa, N., Ciarfella Pérez, A. T., & Dorta Villegas, A. M. (abril-junio de 2014). Evaluación de las propiedades químicas y funcionales del almidón nativo de ñame congo (*Discorea bulbifera* L.) para predecir sus posibles usos tecnológicos. *SABER. Revista Multidisciplinaria del Consejo de Investigación ed la Univerddad de Oriente*, 182-187.
- Meza Ramos, P. N. (2016). *Elaboración de bioplásticos a partir de almidón residual obtenido de peladoras de papa y determinación de su biodegradabilidad a nivel de laboratorio*. Lima: UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA Universidad Nacional Agraria la Molina.

- Moges, F. D., Patel, P., Das, B., & Parashar, S. (2020). Mechanistic insights into diverse nano-based strategies for aquaculture enhancement: A holistic review. *Aquaculture*, 12-40. Obtenido de doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734770
- Mogrovejo Álvarez, A. G. (2019). *Determinación de la Influencia de dos métodos distintos en la obtención de almidón a partir ed la oca (Oxalis tuberosa Molina) Variedad Amarilla*. Cuenca-Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca.
- Muñoz, J. M. (Octubre de 2014). *Evaluación, caracterización y optimización de un bioplástico a partir de la combinación de almidón de maíz, yuca y glicerol en sus propiedades físicas y de barrera*. Honduras, Tegucigalpa: Escuela Agrícola Panamericana Zamorano.
- Omolola, T. F. (2019). *Propiedades micrométricas y morfológicas del almidón, propiedades químicas del almidón*. Obtenido de DOI: 10.5772
- OMS. (s,f de s,f de 2006). *Policy - Política de Seguridad Alimentaria y Nutricional de Largo Plazo*. Obtenido de Global database on the Implementation of Nutrition Action (GINA): <https://extranet.who.int/nutrition/gina/es/node/14853#:~:text=Reducir%20los%20riesgos%20de%20inseguridad,la%20salud%20de%20los%20ni%C3%B1os.&text=Promover%20buenos%20h%C3%A1bitos%20de%20alimentaci%C3%B3n,saludables%20en%20toda%20la%20poblaci%C3%B3n>.
- Prosperi, P., Vergamini, D., & Bartoloni, F. (2020). Exploring institutional arrangements for local fish product labelling in Tuscany (Italy): a convention theory perspective.

Agricultural and Food Economics, Volúmen 8, Issue 6, 8-15. Obtenido de doi.org/10.1186/s40100-020-0151-7

Quinteros Palloroza, C. G. (2015). *Evaluación del sistema de raíz flotante para la obtención de semilla de papa (Solanum tuberosum L.)*. Quito: Universidad Central del Ecuador.

Ramírez Hernández, A. (10 de Noviembre de 2018). *Modificación química del almidón sintético, aplicaciones de almidones modificados*. Obtenido de DOI: 10.5772

Reinoso, S., Muñoz, D., Cedeño, R., Ortiz, J., Bangeppagari, M., & Mulla, S. (2019). Adaptation of "Biofloc" Aquatic System for Polyculture with tilapia (*Oreochromis SP.*) and river prawn (*Macrobrachium SP.*). *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, Volumen 8 Issue (5), 1130-1134. Obtenido de doi: 10.15414/jmbfs.2019.8.5.1130-1134

Rodríguez Sandoval, E., Lascano, A., & Sandoval, G. (2012). Influencia de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de quinoa y papa en las propiedades termomecánicas y de panificación de masas. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 199-207.

Rullán, G. J. (2014). Características de la planta. En G. J. Rullán, *Conjunto Tecnológico para la Producción de Repollo* (pág. 158). Puerto Rico: Estación Experimental Agrícola.

Sa Do, T. A., Nguyen, R. T., Lam, H. H., & Bao, D. T. (2020). Plant-derived anthocyanin extract for qualitative test of food additives and preservatives. *Journal of Physics:*

Conference Series; Vol (1711). Obtenido de doi:10.1088/1742-6596/1711/1/012005

Sánchez, J. A. (2007). *Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. BOLETÍN DE SERVICIOS AGRÍCOLAS FAO.* Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-a1028s.pdf>

Solarte Montúfar, J. G., Díaz Murangal, A. E., Osorio Mora, O., & Mejía España, D. F. (2019). Propiedades Reológicas y Funcionales del Almidón. Procedente de Tres Variedades de Papa Criolla. *SciELO Analytics*, 718-764. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000600035>

Tarabal Oliveira, C., Roel Gutierrez, E. M., Caliari, M., Pereira, M. R., Labanca, R. A., & Carreira, R. L. (2014). Desarrollo y caracterización de arroz quebrado extruido y altramuz (*Lupinus albus*). *American Journal of Plant Sciences*, 4-7.

Tierra Totoy, V. J. (2018). *Repositorio digital ESPOCH.* Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/9025/1/56T00812.pdf>

Vargas, G., Martínez, P., & Velezmoro, C. (19 de July de 2016). Propiedades funcionales de almidón de papa (*Solanum tuberosum*) y su modificación química por acetilación. *Scientia Agropecuaria*, 7(3), 223-230.

Won Jin, S., Rahim, A., Shazia, K., En el parque, J., Goo Kang, J., & Sup Nou, I. (2018). Transcriptome profiling of two contrasting ornamental cabbage (*Brassica oleracea* var. *acephala*) lines provides insights into purple and white inner leaf pigmentation. *BMC Genomics*, Volúmen 19, Issue 797, 2-21. Obtenido de doi.org/10.1186/s12864-018-5199-3

Zapata, L. M. (Abril de 2014). *Obtención de extracto de antocianinas a partir de arándanos para ser utilizado como antioxidante y colorante en la Industria Alimentaria.*(Tesis Doctoral). España, Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

Zhang, K., Huang, S., Yan , H., Hu, X., & Ren, T. (2020). Novel pH-sensitive films based on starch/polyvinyl alcohol and food anthocyanins as a visual indicator of shrimp deterioration. *International Journal of Biological Macromolecules*, Volúmen 145, 768-776. Obtenido de doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.12.159

ANEXOS

ANEXO 1: Análisis para determinar la humedad:

El almidón no debe sobrepasar el rango de humedad establecido, pues de esto depende su funcionamiento al momento de elaborar el bioplástico.

El contenido de humedad se realiza con el método seco en termobalanza, en el cual se pesa 1 gramo de muestra de papa y se deposita en los platillos de la balanza de humedad a una Temperatura de 110 °C, hasta que la muestra presente un peso constante. El porcentaje de humedad genera el equipo mediante la diferencia de peso.

$$\text{Humedad (\%)} = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \times 100$$

Dónde:

m1: Peso del crisol

m2: Peso del crisol más la muestra húmeda

m3: Peso del crisol más la muestra seca

ANEXO 2: Análisis granulométrico:

El tamaño de los gránulos de almidón afecta a la estabilidad. No es recomendable obtener almidón ni muy grande o pequeño porque esto afectaría a la viscosidad y al enfriarse produciría láminas muy delgadas no apropiadas para la mezcla de la formulación.

El 99 por ciento de los gránulos de almidón deben pasar a través de un tamiz de malla 100 o el 95 % pasar a través de un tamiz de malla 140 para obtener gránulos de almidón de papa entre (400 -500 µm). Se coloca la muestra en el tamiz alrededor de 15 a 20 min a 140 rpm. (Hernández Medina, Torruco Uco, Chel Guerrero, & Betabcur Ancona, 2008)

ANEXO 3: Índice de solubilidad en agua (ISA), Índice de absorción de agua (IAA):

Considerando que el bioplástico se encuentra adherido al empaque existirá humedad afectando al funcionamiento al momento de detectar cambios en el pH por efecto de su degradación.

De no cumplirse los parámetros expuestos, el producto no garantiza actuar como mecanismo de alerta de senescencia en la tilapia.

Dichos análisis, se pueden utilizar como un indicativo del grado de modificación de los almidones por tratamientos termo mecánicos y se determinan aprovechando la capacidad de absorción del agua del gránulo de almidón y la exudación de fracciones de almidón a medida que se incrementa la temperatura de las suspensiones de almidón. La solubilidad incrementa a medida que incrementa la temperatura a la cual se calienta la solución de almidón, con un aumento cercano entre 55°C y 85°C.

Estudios y resultados de Solarte Montúfar, Díaz Murangal, Osorio Mora, & Mejía España (2019) presentan sus análisis realizados a tres variedades de papa utilizan temperaturas de preparación de 70, 80 y 90°C fueron estadísticamente a los obtenidos a 60°C, situándose en el rango estándar requerido.

Los valores obtenidos de IAA, ISA son similares a los reportados con valores promedio a 60°C, para los almidones de 17 clones promisorios de papa nativa (*Solanum tuberosum* l. subespecie indígena) de 11.2 g gel/ g muestra, 2.42 g soluble/ g muestra y 11.4% respectivamente (Tarabal Oliveira, 2014).

Según Mogrovejo Álvarez (2019) se determinó con el método usado por Anderson et al., Cuando se calienta una suspensión acuosa de almidón, los gránulos se hinchan por una absorción progresiva e irreversible de agua aumentando su tamaño. La determinación de

estos índices se mide aprovechando la capacidad de absorción del agua del gránulo de almidón y la exudación de fracciones de almidón a medida que se incrementa la temperatura de las suspensiones de almidón que es liberada del interior del gránulo cuando el mismo comienza a perder su estructura por efecto de la absorción de agua (Meaño Correa, Ciarfella Pérez, & Dorta Villegas, 2014).

Los cálculos se desarrollan mediante las siguientes ecuaciones:

Índice de absorción de agua (IAA):

$$IAA = \frac{\text{peso del gel (g)}}{\text{peso muestra (g)}}$$

$$ISA \% = \frac{\text{peso de solubles (g)} \times V \times 10}{\text{peso muestra (g)}}$$

Proceso: Se pesa tubos secos a una temperatura de 60 °C a 900 rpm por 30 min. Se toma 1,25 g de almidón con 30 ml de agua destilada precalentada a 60°C y agitar, se deja la muestra en baño maría por 30 min a la temperatura inicial; Centrifugar a temperatura ambiente a 4 900 rpm durante 30 minutos. Decantar el sobrenadante inmediatamente después de centrifugar (máximo un minuto después) y medir el volumen agitar la suspensión a los 10 minutos de haber iniciado el calentamiento. Posteriormente, se toma 10 ml del sobrenadante en un vaso de precipitados de 50 ml (previamente pesado), luego secar la muestra (sobrenadante) en una estufa u horno digital de precisión a 70 °C por 24 h. Luego se pesó el tubo de centrífuga con el gel y el vaso de precipitados con los insolubles (Rodríguez Sandoval, Lascano, & Sandoval, 2012).

Nota: Los almidones de buena calidad con alto contenido de almidón y alta viscosidad de la pasta, tendrán una baja solubilidad, alta absorción de agua. Sin embargo, en caso de ser

contrario la alta solubilidad, baja absorción de agua indican un almidón de baja calidad, el cual al enfriarse produce pastas delgadas y de poca estabilidad cuando se enfrían.

ANEXO 4: Permeabilidad al vapor de agua (PVA):

Determina las funciones principales de empaque permitiendo controlar la capacidad de transferencia de humedad entre el bioplástico y la superficie. Una de las principales funciones de los empaques en los alimentos es evitar y disminuir la transferencia de humedad entre el bioplástico y el alrededor a través de la disminución de permeabilidad al vapor de agua que depende de varios factores como el material y la fuente de almidón por su grado de cristalinidad.

Fórmula:

$$PVA = 1.62 - 0.21X_1^2 - 0.18X_2^2$$

En donde:

X1: almidón

X2: Extracto de antocianinas

Unidad= g.mm/h.m². kPa

Opcional:

$$Fva = \frac{g}{tA}$$

Dónde:

g: pérdida de peso

T: tiempo total en horas

A= área de permeabilidad

$$Pva = (Fca) \times \left(\frac{X}{t\Delta P}\right)$$

Dónde: X: medida de espesor de bioplástico

ΔP : diferencia de presión de vapor del medioambiente que contiene el desecador (0kPa,25°C) y el agua pura (3167 kPa a 25°C).

Resultado esperado:

1.03-1.75 g.mm/h.m². kPa

ANEXO 5: Solubilidad en agua:

Es la medida de la capacidad que tiene una determinada sustancia de disolverse en otra, expresada como el porcentaje de disolución de la primera sustancia en la segunda. La prueba de solubilidad indica la capacidad que presenta el bioplástico al momento de ser colocado en el empaque y no logre disolverse fácilmente.

Fórmula:

$$\text{Solubilidad en agua (\%)} = 44.95 - 6.10 X_2 - 2.48 X_1 \times X_2$$

En donde:

X₁: relación almidón papa

X₂: Extracto de antocianinas

ANEXO 6: Espesor:

El espesor del bioplástico no debe sobrepasar el rango de grosor, debido a esto se impediría la reacción y su desempeño mecánico del bioplástico.

$$\text{Espesor (nm)} = 0.2285 + 0.014X_1 - 0.021 X_1^2$$

X₁: relación almidón papa

X₂: Extracto de antocianinas (EA)

ANEXO 7: Medida de opacidad:

Es indispensable para este bioplástico inteligente logra mayor opacidad para proteger al producto sensible a la luz.

La Opacidad es una propiedad óptica muy importante, en un bioplástico se requiere mayor opacidad para proteger al producto sensible a la luz. El grado de transparencia dependerá de la estructura del polímero utilizado, si es más amorfo es más transparente, si es más cristalino será más opaco. En esta investigación se requiere mayor opacidad para una mejor visualización del color del extracto y que pueda proteger a la matriz, se obtiene a través de la siguiente fórmula.

$$\text{Opacidad (nm)} = 4.69 + 0.48X_1^2 + 0.41X_2$$

En donde:

X₁: relación almidón papa

X₂: Extracto de antocianinas

ANEXO 8: Color:

El color determina la sensibilidad y el cambio en su estructura para lograr diferentes coloraciones, también influye en la medición de los porcentajes correctos en el almidón y antocianina.

Es preciso mencionar que el análisis del parámetro de color aplicado para este estudio se realiza con tres parámetros para observar el cambio de color a lo largo del tiempo de almacenamiento. Se determina con:

$$\text{Valores} = L^*, a^* \text{ y } b^*.$$

Dónde:

L= luminosidad

a= verde, rojo

b= azul, amarillo

ΔE (diferencia total del color).

$$\Delta E = \sqrt{((\Delta L)^2) + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$$

ANEXO 9: Propiedades mecánicas -Elongación o deformación en la tensión:

El análisis de deformación en la tensión p fuerza de perforación son parámetros para que el bioplástico mida la resistencia y fuerza, evitando la ruptura durante la cristalización.

Las propiedades expresan la resistencia de un material a la elongación y a la ruptura, cuando se somete a tensión (Vicentini 2003).

$$\text{Deformación en la tensión (\%)} = 6.200 + 1.070 X_1^2 + 1.090 X_1 \times X_2$$

ANEXO 10: Deformación o fuerza de Perforación:

Por medio del análisis de perforación se determina la fuerza necesaria para que una sonda perforara perpendicularmente la película. La fuerza aplicada fue en función al desplazamiento resultante a la deformación hasta el recorrido para llegar a un punto pico donde ocurriría la fuerza de ruptura (Vicentini 2003). Se determina mediante la fórmula:

$$\text{Deformación por perforación} = 50.883 + 0.645X_1 + 0.335X_1^2 + 0.392X_2 + 0.390X_2^2 + 1.060X_1 \times X_2$$

ANEXO 11: Modelo Metodológico.

Modelo 
Metodológico
Bioplástico de Monitoreo



ANEXO 12: Código de conducta y buenas prácticas editoriales, Código de ética de la Investigación Científica.



The image shows a screenshot of the COPE website. At the top, there is a dark navigation bar with the COPE logo on the left and three menu items: 'Guidance', 'Member resources', and 'About COPE', each with a downward arrow. Below the navigation bar, the breadcrumb trail reads 'Home / Resources / Translated resources'. The main heading is 'Principles of Transparency and Best Practice in Scholarly Publishing (Spanish)' in a large, bold, gold-colored font. Below the heading, there is a vertical line followed by the DOI: <https://doi.org/10.24318/cope.2019.1.13>. At the bottom of the page, there are two lines of text: 'Principios de Transparencia y Mejores Prácticas en Publicaciones Académicas' and 'Introducción'.

ANEXO 13: Declaración de Singapur (2010).

Declaración de Singapur sobre la Integridad en la Investigación

Preámbulo

El valor y los beneficios de la investigación dependen sustancialmente de la integridad con la que ésta se lleva a cabo. Aunque existan diferencias entre países y entre disciplinas en el modo de organizar y llevar a cabo las investigaciones, existen también principios y responsabilidades profesionales que son fundamentales para la integridad en la investigación, donde sea que ésta se realice.

Principios

Honestidad en todos los aspectos de la investigación
Responsabilidad en la ejecución de la investigación
Cortesía profesional e imparcialidad en las relaciones laborales
Buena gestión de la investigación en nombre de otros

Responsabilidades

- 1. Integridad:** Los investigadores deberían hacerse responsables de la honradez de sus investigaciones.
- 2. Cumplimiento de las normas:** Los investigadores deberían tener conocimiento de las normas y políticas relacionadas con la investigación y cumplirlas.
- 3. Métodos de investigación:** Los investigadores deberían aplicar métodos adecuados, basar sus conclusiones en un análisis crítico de la evidencia e informar sus resultados e interpretaciones de manera completa y objetiva.
- 4. Documentación de la investigación:** Los investigadores deberían mantener una documentación clara y precisa de toda la investigación, de manera que otros puedan verificar y reproducir sus trabajos.
- 5. Resultados de la investigación:** Los investigadores deberían compartir datos y resultados de forma abierta y sin demora, apenas hayan establecido la prioridad sobre su uso y la propiedad sobre ellos.
- 6. Autoría:** Los investigadores deberían asumir la responsabilidad por sus contribuciones a todas las publicaciones, solicitudes de financiamiento, informes y otras formas de presentar su investigación. En las listas de autores deben figurar todos aquellos que cumplan con los criterios aplicables de autoría y sólo ellos.
- 7. Reconocimientos en las publicaciones:** Los investigadores deberían mencionar en las publicaciones los nombres y funciones de aquellas personas que hubieran hecho aportes significativos a la investigación, incluyendo redactores, patrocinadores y otros que no cumplan con los criterios de autoría.
- 8. Revisión por pares:** Al evaluar el trabajo de otros, los investigadores deberían brindar evaluaciones imparciales, rápidas y rigurosas y respetar la confidencialidad.

9. Conflictos de intereses: Los investigadores deberían revelar cualquier conflicto de intereses, ya sea económico o de otra índole, que comprometiera la confiabilidad de su trabajo, en propuestas de investigación, publicaciones y comunicaciones públicas, así como en cualquier actividad de evaluación.

10. Comunicación pública: Al participar en debates públicos acerca de la aplicación e importancia de resultados de cierta investigación, los investigadores deberían limitar sus comentarios profesionales a las áreas de especialización en las que son reconocidos y hacer una clara distinción entre los comentarios profesionales y las opiniones basadas en visiones personales.

11. Denuncia de prácticas irresponsables en la investigación: Los investigadores deberían informar a las autoridades correspondientes acerca de cualquier sospecha de conducta inapropiada en la investigación, incluyendo la fabricación, falsificación, plagio u otras prácticas irresponsables que comprometan su confiabilidad, como la negligencia, el listado incorrecto de autores, la falta de información acerca de datos contradictorios, o el uso de métodos analíticos engañosos.

12. Respuesta a prácticas irresponsables en la investigación: Las instituciones de investigación, las revistas, organizaciones y agencias profesionales que tengan compromisos con la investigación deberían contar con procedimientos para responder a acusaciones de falta de ética u otras prácticas irresponsables en la investigación así como para proteger a aquellos que de buena fe denuncien tal comportamiento. De confirmarse una conducta profesional inadecuada u otro tipo de práctica irresponsable en la investigación, deberían tomarse las acciones apropiadas inmediatamente, incluyendo la corrección de la documentación de la investigación.

13. Ambiente para la investigación: Las instituciones de investigación deberían crear y mantener condiciones que promuevan la integridad a través de la educación, políticas claras y estándares razonables para el avance de la investigación, mientras fomentan un ambiente laboral que incluya la integridad.

14. Consideraciones sociales: Los investigadores y las instituciones de investigación deberían reconocer que tienen la obligación ética de sopesar los beneficios sociales respecto de los riesgos inherentes a su trabajo.

La Declaración de Singapur sobre la Integridad en la Investigación fue elaborada en el marco de la 2a Conferencia Mundial sobre Integridad en la Investigación, 21-24 de julio de 2010, en Singapur, como una guía global para la conducta responsable en la investigación. Este no es un documento regulador ni representa las políticas oficiales de los países y organizaciones que financiaron y/o participaron en la Conferencia. Para acceder a las políticas, lineamientos y regulaciones oficiales relacionados con la integridad en la investigación, debe consultarse a los órganos y organizaciones nacionales correspondientes.

ANEXO 14: ORCID Investigación.

The image shows a screenshot of an ORCID iD profile. At the top left is the ORCID logo with the tagline "Connecting Research and Researchers". To the right, the user's name "Lizbeth Hidalgo Carlosama" and the language "English" are displayed. Below the logo are navigation tabs: ABOUT, FOR RESEARCHERS, MEMBERSHIP, DOCUMENTATION, RESOURCES, and NEWS & EVENTS. The profile header includes the name "Lizbeth Hidalgo Carlosama" and the ORCID iD "https://orcid.org/0000-0003-0067-1421". The "Biography" section is expanded to show "Employment (1)", listing "Universidad Técnica del Norte: Ibarra, Imbabura, EC" from 2021 as an "Estudiante (FICAYA)". Below this is the "Education and qualifications (0)" section. The profile also includes options to "Display your ID on other sites", "Public record print view", and "Get a QR Code for your iD".

ANEXO 15: Funcionamiento del bioplástico (Zhang, 2020).

