



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL**

**VALORACIÓN DEL ALMIDÓN DE LA CÁSCARA DE**  
**ARRACACIA XANTHORRIZA (ZANAHORIA BLANCA) PARA LA**  
**OBTENCIÓN DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE**

**Trabajo de Titulación**

**Tipo:** Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA AMBIENTAL**

**AUTORA:** LUISA LISSETH LÓPEZ PACHECO

**DIRECTOR:** Ing. HANNÍBAL LORENZO BRITO MOÍNA PhD.

Riobamba – Ecuador

2022

© 2022, **Luisa Lisseth López Pacheco**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, LUISA LISSETH LÓPEZ PACHECO, declaro que el presente Trabajo de Titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad académica y legal de los contenidos de este Trabajo de Titulación, el patrimonio intelectual pertenece a Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 24 de mayo de 2022

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Luisa Lisseth López Pacheco', written in a cursive style.

**Luisa Lisseth López Pacheco**

**172388868-9**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL**

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación; Tipo: Proyecto de Investigación, **VALORACIÓN DE LA CÁSCARA DE ARRACACIA XANTHORRIZA (ZANAHORIA BLANCA) PARA LA OBTENCIÓN DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE**, realizado por la señorita: **LUISA LISSETH LÓPEZ PACHECO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Dra. Lourdes Cumandá Carrera Beltrán MSc. <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2022-05-24
Ing. Hannibal Lorenzo Brito Moína PhD. <b>DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN</b>		2022-05-24
Dr. Fausto Manolo Yaulema Garcés PhD. <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>		2022-05-24

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo investigativo está dedicado a Dios principalmente, por ser quien me ha guiado y me ha dado fuerza para continuar en el proceso de obtener mi título, a mis padres, por su amor, su trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes por estar ahí hasta verme convertida en lo que soy, a mi hermano por estar presente apoyándome, a todas las personas especiales que me acompañaron en esta etapa de formación tanto profesional como ser humano.

*Luisa*

## **AGRADECIMIENTO**

El presente trabajo agradezco a Dios por ser mi guía por darme la paciencia y sabiduría para cumplir con éxito mis metas propuestas. A mis padres, mi hermano por haberme apoyado incondicionalmente pese a los problemas que se presentaron en el camino.

Agradezco a mi tutor de tesis Ing. Hannibal Brito quien con su experiencia y conocimiento oriento la presente investigación. A los docentes de la carrera de Ingeniería Ambiental de la Escuela Superior Politécnica Chimborazo, por la enseñanza y sabiduría brindada en el tiempo del transcurso de formación académica.

*Luisa*

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiii
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
INTRODUCCIÓN .....	1

## CAPÍTULO I

<b>1. MARCO TEORICO REFERENCIAL.....</b>	<b>3</b>
<b>1.1. Antecedentes de investigación .....</b>	<b>3</b>
<b>1.1.1. <i>Desarrollo de un material para empaques de alimentos a partir de harina de yuca y fibra de fique</i> .....</b>	<b>3</b>
<b>1.1.2. <i>Elaboración de bioplástico a partir del almidón de semillas de mangos</i> .....</b>	<b>4</b>
<b>1.1.3. <i>Obtención de bioplásticos a partir de desechos agrícolas</i> .....</b>	<b>4</b>
<b>1.1.4. <i>Obtención de un bioplástico a partir de almidón de papa</i> .....</b>	<b>4</b>
<b>1.2. Fundamentación teórica.....</b>	<b>5</b>
<b>1.2.1. <i>Productos agrícolas</i> .....</b>	<b>5</b>
<b>1.2.1.1. <i>Producción agrícola del Ecuador</i> .....</b>	<b>5</b>
<b>1.2.1.2. <i>Zanahoria Blanca</i> .....</b>	<b>6</b>
<b>1.2.1.3. <i>Origen</i>.....</b>	<b>6</b>
<b>1.2.1.4. <i>Taxonomía</i> .....</b>	<b>7</b>
<b>1.2.1.5. <i>Morfología</i>.....</b>	<b>7</b>
<b>1.2.1.6. <i>Características</i>.....</b>	<b>8</b>
<b>1.2.1.7. <i>Variedades</i> .....</b>	<b>9</b>
<b>1.2.1.8. <i>Usos de la zanahoria blanca</i> .....</b>	<b>9</b>
<b>1.2.2. <i>Residuos solidos</i> .....</b>	<b>9</b>
<b>1.2.2.1. <i>Inorgánicos</i>.....</b>	<b>10</b>
<b>1.2.2.2. <i>Orgánicos</i> .....</b>	<b>10</b>
<b>1.2.2.3. <i>Agrícolas</i>.....</b>	<b>10</b>
<b>1.2.2.4. <i>Aprovechamiento de los residuos orgánicos</i> .....</b>	<b>11</b>

1.2.3.	<i>Almidón</i> .....	11
1.2.3.1.	<i>Almidón de la zanahoria blanca</i> .....	12
1.2.3.2.	<i>Amilosa</i> .....	13
1.2.3.3.	<i>Amilopectina</i> .....	13
1.2.3.4.	<i>Propiedades del almidón</i> .....	13
1.2.3.5.	<i>Polímeros</i> .....	14
1.2.3.6.	<i>Definición de polímeros</i> .....	15
1.2.3.7.	<i>Polimerización</i> .....	15
1.2.3.8.	<i>Tipos de polimerización</i> .....	15
1.2.3.9.	<i>Clasificación de los polímeros</i> .....	16
1.2.3.10.	<i>Polímeros Naturales</i> .....	16
1.2.3.11.	<i>Degradación de biopolímeros plásticos</i> .....	17
1.2.4.	<i>Óxido de grafeno</i> .....	17
1.2.4.1.	<i>Síntesis del oxido de grafito</i> .....	18
1.2.5.	<i>Bioplásticos</i> .....	18
1.2.5.1.	<i>Clasificación de los bioplásticos</i> .....	19
1.2.5.2.	<i>Ventajas de los bioplásticos</i> .....	20
1.2.5.3.	<i>Aditivos para la obtención de los bioplásticos</i> .....	20
1.2.5.4.	<i>Método de casting</i> .....	21
1.2.5.5.	<i>Caracterización de los bioplásticos</i> .....	21

## CAPÍTULO II

2.	<b>METODOLOGÍA</b> .....	23
2.1.	<b>Tipo de Investigación</b> .....	23
2.2.	<b>Diseño de la investigación</b> .....	24
2.2.1.	<i>Diseño Experimental / Cuasiexperimental / Pre Experimental</i> .....	24
2.2.2.	<i>Identificación de las variables</i> .....	25
2.2.3.	<i>Planteamiento de hipótesis</i> .....	26
2.3.	<b>Matriz de constancia</b> .....	27
2.4.	<b>Operacionalización de Variables</b> .....	29
2.5.	<b>Unidad de análisis</b> .....	30
2.6.	<b>Localización de Estudio</b> .....	30
2.7.	<b>Población de estudio</b> .....	30
2.8.	<b>Tamaño de muestra</b> .....	30
2.9.	<b>Método de muestreo</b> .....	31

<b>2.10.</b>	<b>Técnica de recolección de datos</b> .....	31
<b>2.10.1.</b>	<i>Obtención del almidón</i> .....	31
<b>2.10.2.</b>	<i>Caracterización del almidón de zanahoria blanca (Arracacia xanthorrhiza)</i> .....	32
<b>2.10.3.</b>	<i>Técnica de caracterización del almidón extraído</i> .....	33
<b>2.10.4.</b>	<i>Técnica de obtención del óxido de grafeno</i> .....	36
<b>2.10.5.</b>	<i>Técnica de obtención de biofilm</i> .....	36
<b>2.10.6.</b>	<i>Caracterización de los biofilms</i> .....	39

### CAPÍTULO III

<b>3.</b>	<b>MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS</b> .....	42
<b>3.1.</b>	<b>Datos obtenidos de los ensayos realizados</b> .....	42
<b>3.1.1.</b>	<i>Rendimiento del proceso de extracción del almidón</i> .....	43
<b>3.1.2.</b>	<i>Caracterización del almidón de los residuos zanahoria blanca</i> .....	44
<b>3.1.2.1.</b>	<i>Prueba de Ph</i> .....	44
<b>3.1.2.2.</b>	<i>Viscosidad de Brookfield</i> .....	44
<b>3.1.2.3.</b>	<i>Temperatura de gelatinización</i> .....	44
<b>3.1.2.4.</b>	<i>Índice de solubilidad</i> .....	44
<b>3.1.2.5.</b>	<i>Humedad y cenizas</i> .....	45
<b>3.1.3.</b>	<i>Obtención del biofilm</i> .....	45
<b>3.1.4.</b>	<i>Caracterización del biofilm</i> .....	45
<b>3.1.4.1.</b>	<i>Espesor</i> .....	45
<b>3.1.4.2.</b>	<i>Humedad</i> .....	46
<b>3.1.4.3.</b>	<i>Solubilidad del agua</i> .....	47
<b>3.1.4.4.</b>	<i>Grado de transmisión de vapor</i> .....	47
<b>3.1.4.5.</b>	<i>Propiedades mecánicas</i> .....	48
<b>3.1.4.6.</b>	<i>Biodegradabilidad</i> .....	50
<b>3.2.</b>	<b>Cálculos</b> .....	51
<b>3.2.1.</b>	<i>Rendimiento del proceso de extracción del almidón</i> .....	51
<b>3.2.2.</b>	<i>Caracterización del almidón de los residuos de la zanahoria blanca</i> .....	51
<b>3.2.2.1.</b>	<i>pH</i> .....	51
<b>3.2.2.2.</b>	<i>Viscosidad de Brookfield</i> .....	51
<b>3.2.2.3.</b>	<i>Temperatura de gelatinización</i> .....	52
<b>3.2.2.4.</b>	<i>Solubilidad</i> .....	52
<b>3.2.2.5.</b>	<i>Humedad</i> .....	53
<b>3.2.2.6.</b>	<i>Ceniza</i> .....	53

3.2.2.7. <i>Amilopectina</i> .....	53
3.2.3. <i>Caracterización del Biofilms</i> .....	53
3.2.3.1. <i>Espesor</i> .....	53
3.2.3.2. <i>Humedad</i> .....	54
3.2.3.3. <i>Solubilidad</i> .....	54
3.2.3.4. <i>Grado de transmisión de vapor</i> .....	55
3.2.4. <i>Rendimiento del proceso de extracción del almidón</i> .....	55
3.2.5. <i>Caracterización del almidón de los residuos de la zanahoria blanca</i> .....	57
3.2.6. <i>Caracterización del Biofilm</i> .....	59
3.2.6.1. <i>Pruebas mecánicas</i> .....	60
3.2.6.2. <i>Biodegradabilidad</i> .....	61
<b>CONCLUSIONES</b> .....	62
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	63
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b>	Taxonomía de la zanahoria blanca .....	7
<b>Tabla 2-1:</b>	Características físicas y químicas de la zanahoria blanca .....	8
<b>Tabla 1-2:</b>	Tabla ANOVA.....	25
<b>Tabla 2-2:</b>	Matriz de consistencia .....	27
<b>Tabla 3-2:</b>	Operacionalización de variables.....	29
<b>Tabla 4-2:</b>	Metodología para la obtención del almidón .....	31
<b>Tabla 5-2:</b>	Caracterización del almidón .....	33
<b>Tabla 6-2:</b>	Obtención del óxido de grafeno.....	36
<b>Tabla 7-2:</b>	Obtención de biofilm.....	37
<b>Tabla 8-2:</b>	Caracterización de los biofilms .....	39
<b>Tabla 1-3:</b>	Características físicas de la zanahoria blanca.....	42
<b>Tabla 2-3:</b>	Análisis sensorial de la zanahoria blanca .....	43
<b>Tabla 3-3:</b>	Rendimiento del proceso de extracción del almidón.....	43
<b>Tabla 4-3:</b>	Datos de las pruebas de pH.....	44
<b>Tabla 5-3:</b>	Datos de viscosidad de Brookfield .....	44
<b>Tabla 6-3:</b>	Datos de temperatura de gelatinización.....	44
<b>Tabla 7-3:</b>	Datos de índice de solubilidad.....	44
<b>Tabla 8-3:</b>	Datos de humedad y ceniza .....	45
<b>Tabla 9-3:</b>	Formulación de biofilms.....	45
<b>Tabla 10-3:</b>	Datos de espesor de las biopelículas.....	45
<b>Tabla 11-3:</b>	Humedad de las biopelículas .....	46
<b>Tabla 12-3:</b>	Solubilidad de bioplásticos.....	47
<b>Tabla 13-3:</b>	Permeabilidad .....	47
<b>Tabla 14-3:</b>	Propiedades mecánicas de los biofilms .....	48
<b>Tabla 15-3:</b>	Biodegradabilidad en suelo .....	50
<b>Tabla 16-3:</b>	Biodegradabilidad en agua .....	50
<b>Tabla 17-3:</b>	Biodegradabilidad del polímero en el ambiente .....	50
<b>Tabla 18-3:</b>	Resultados del rendimiento del proceso de extracción del almidón.....	56
<b>Tabla 19-3:</b>	Resultados de ANOVA en la extracción del almidón .....	57
<b>Tabla 20-3:</b>	Resultados de la caracterización del almidón.....	57
<b>Tabla 21-3:</b>	Resultados de la caracterización de los biofilms .....	59
<b>Tabla 22-3:</b>	Resultados de ANOVA de esfuerzo máximo .....	60
<b>Tabla 23-3:</b>	Promedio de las pruebas mecánicas de los tratamientos .....	60

**Tabla 24-3:** Porcentaje de biodegradabilidad..... 61

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1.</b>	Zanahoria Blanca	6
<b>Figura 2-1.</b>	Representación de las estructuras amilosa y amilopectina	12
<b>Figura 3-1.</b>	Clasificación de los biopolímeros	17
<b>Figura 4-1.</b>	Proceso de obtención del óxido de grafeno	18
<b>Figura 1-2.</b>	Diseño factorial para la obtención de almidón de zanahoria blanca	24
<b>Figura 2-2.</b>	Diseño factorial	25
<b>Figura 1-3.</b>	Muestras experimentales de la zanahoria blanca	42

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-1.</b>	Diagrama de flujo del proceso de extracción del almidón	12
<b>Gráfico 2-1.</b>	Biodegradación de plásticos	19
<b>Gráfico 1-2.</b>	Diagrama de flujo de obtención de las biopelículas	38

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecu.1-2.</b>	%Rendimiento de almidón obtenido.....	31
<b>Ecu.1-3.</b>	%Rendimiento de extracción del almidón.....	51
<b>Ecu.2-3.</b>	pH promedio.....	51
<b>Ecu.3-3.</b>	Viscosidad de Brookfield.....	51
<b>Ecu.4-3.</b>	Temperatura de gelatinización promedio.....	52
<b>Ecu.5-3.</b>	Índice de absorción de agua (IAA).....	52
<b>Ecu.6-3.</b>	Promedio de (IAA).....	52
<b>Ecu.7-3.</b>	Índice de solubilidad en agua (ISA).....	52
<b>Ecu.8-3.</b>	Promedio de (ISA).....	52
<b>Ecu.9-3.</b>	Poder de hinchamiento (PH).....	52
<b>Ecu.10-3.</b>	Promedio de (PH).....	52
<b>Ecu.11-3.</b>	% Humedad.....	53
<b>Ecu.12-3.</b>	% humedad promedio.....	53
<b>Ecu.13-3.</b>	% de cenizas.....	53
<b>Ecu.14-3.</b>	Promedio de % cenizas.....	53
<b>Ecu.15-3.</b>	% Amilopectina.....	53
<b>Ecu.16-3.</b>	Espesor promedio.....	53
<b>Ecu.17-3.</b>	Humedad promedio de las 3 muestras.....	54
<b>Ecu.18-3.</b>	Solubilidad.....	54
<b>Ecu.19-3.</b>	Solubilidad promedio.....	54
<b>Ecu.20-3.</b>	Grado de transmisión de vapor (WVP).....	55
<b>Ecu.21-3.</b>	Permeabilidad promedio.....	55

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

- ANEXO A.** EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN DE LA CÁSCARA DE ZANAHORIA BLANCA
- ANEXO B.** CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN (CENIZA, TEMPERATURA DE GELATINIZACIÓN, VISCOSIDAD)
- ANEXO C.** CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN (SOLUBILIDAD, PH)
- ANEXO D.** OBTENCIÓN DEL ÓXIDO DE GRAFENO
- ANEXO E.** OBTENCIÓN DE BIOPELÍCULAS
- ANEXO F.** CARACTERIZACIÓN EL BIOPLÁSTICO
- ANEXO G.** ANÁLISIS DE AMILOSA
- ANEXO H.** ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL ALMIDÓN

## RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue realizar la valorización del almidón de la cáscara de la zanahoria blanca (*Arracacia Xanthorrhiza*) para la obtención de bioplásticos, por tanto se realizó la extracción del almidón de los residuos de la zanahoria blanca a través de vía húmeda con un rendimiento de 11.14%, además se determinó las características físicas, fisicoquímicas, químicas del almidón seguido de esto se logró establecer las combinaciones de los aditivos, como son el porcentaje óptimo de óxido de grafeno que le otorgo la estabilización de los polímeros irregulares que se encuentra en el almidón. Los bioplásticos obtenidos fueron sometidos a pruebas físicas y mecánicas, donde se obtuvo un espesor de 0,1 mm, una solubilidad en rangos de 40 – 52% y una biodegradabilidad en agua del 49%. Se logró determinar en base al Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) la compostabilidad de los bioplásticos según la norma INEN 2643, y finalmente se evaluaron a través de la norma INEN 2635 para las pruebas mecánicas, así como también se realizaron las pruebas físicas del mismo. Finalmente se obtuvo que el mejor tratamiento de las láminas de los plásticos fue el D, debido a que las variables de carga máxima, desplazamiento máximo, deformación, rotura de carga son muy similares en todas las combinaciones con óxido de grafeno, estas no difirieron en los valores de todas las repeticiones de las unidades experimentales, así como el esfuerzo máximo que pudo definir al tratamiento con las mejores características con un valor de 0.90 Megapascal (MPa), estas características fueron aceptables en relación al porcentaje de amilosa presente en la zanahoria blanca; se recomienda buscar alternativas que mejoren la calidad de los bioplásticos a través de nuevas combinaciones con compuestos químicos, aumentando la calidad de las características de las biopelículas.

**Palabras clave:** <BIOPLÁSTICO>, <ALMIDÓN>, <RESIDUOS NATURALES>, <CÁSCARA DE ZANAHORIA BLANCA >, < TRACCIÓN>, <PROPIEDADES FISICAS>, <VALORACIÓN>, < ZANAHORIA BLANCA (*Arracacia xanthorrhiza*)>.



1131-DBRA-UTP-2022

## ABSTRACT

The aim of this research was to carry out the valuation of starch made from *Arracacia Xanthorrhiza* white carrot peel to obtain bioplastics; thus, the extraction of starch from white carrot waste was carried out through a wet process with a yield of 11.14%. In addition, the physical, physicochemical and chemical characteristics of the starch were determined; then, it was possible to establish the combinations of additives, such as the optimum percentage of graphene oxide, which stabilized the irregular polymers found in the starch. The bioplastics obtained were put under physical and mechanical tests, where a thickness of 0.1 mm, a solubility in the range of 40 - 52% and a biodegradability in water of 49% were obtained. The compostability of bioplastics was determined according to the INEN (Ecuadorian Institute of Normalization) 2643 standard. Then, it was necessary to use the INEN 2635 standard for evaluating both, mechanical and physical tests. Finally, it was concluded that the best treatment for the plastic sheets was treatment D, because the maximum load, maximum displacement, deformation, and load breakage variables are very similar in all combinations with graphene oxide and they do not differ in the repetition values of the experimental units, as well as the maximum effort defined by the treatment with the best characteristics and a value of 0.90 Megapascal (MPa), these characteristics were acceptable in relation to the percentage of amylose present in white carrot. It is recommended to look for alternatives to improve the quality of bioplastics through new combinations with chemical compounds, which increase the quality of the biofilm characteristics.

**Keywords:** <BIOPLASTIC>, <STARCH>, <NATURAL WASTE>, <WHITE CARROT PELL>, <TRACTION>, <PHYSICAL PROPERTIES>, <VALUATION>, <WHITE CARROT (*Arracacia xanthorrhiza*)>.



MSc. Paúl Rolando Armas Pezantes  
060328987-7

## **INTRODUCCIÓN**

### **❖ Identificación del problema**

Desde los años 50, el crecimiento en la producción de plásticos ha superado en gran medida a la de todos los otros materiales, y ha habido a nivel mundial un cambio de la producción de plásticos duraderos a los de un solo uso (Geyer et al., 2017, pp.3-8). A nivel mundial se comercializa más de un millón de botellas de plástico cada minuto, que son las que entran al mercado generando contaminación; en las cuales solo el 9% es reciclado. Los costos bajos de producción de los nuevos plásticos convirtiéndolos en producto de un solo uso, aproximadamente más del 75% del plástico producido hasta ahora se ha convertido en desecho (López et al., 2020, p. 9).

En la actualidad el plástico de un solo uso es uno de los materiales que representan aproximadamente la mitad de los desechos de plástico de todo el mundo. En Ecuador al año se genera 375 mil toneladas de residuos sólidos, según cifras del INEC, el 96% de la basura se entierra y solo se recicla el 4%. En el 2018 se estimó que 531, 461 toneladas de plásticos se fueron a los botaderos (Morán, 2020, p.11).

La producción de plástico depende en gran medida de hidrocarburos fósiles, que son recursos no renovables, si el crecimiento en la producción de plásticos continúa al ritmo actual, para el 2050 la industria de los plásticos podría ser responsable del 20% del consumo mundial del petróleo (ONU, 2018). La mayoría de los plásticos no se degradan. En cambio, se fragmentan en trozos más pequeños hasta convertirse en microplásticos, lo que genera mayor dificultad para ser retiradas ya sea de océanos, suelo y otros, contaminando de esta manera a diversos ecosistemas.

Los polímeros biodegradables es una alternativa que ha ganado espacio en la producción de plásticos debido a su alta disponibilidad, bajo costo, carácter renovable, y la competitividad que representa frente al petróleo.

### **❖ Justificación del proyecto**

Últimamente, la investigación sobre polímeros degradables obtenidos a partir de recursos naturales ha sido un campo muy activo debido a los problemas derivados del impacto que los plásticos procedentes de hidrocarburos presentan sobre el medio ambiente. Como resultado de estas investigaciones han surgido multitud de variantes y alternativas naturales que pueden constituir una vía factible para reemplazar a los plásticos de uso habitual (De los Angeles, 2016, p.14). En la región andina, los tubérculos y raíces son una fuente fundamental en la industria y alimentación (Montaldo, 1991, p.3), posicionándose en el segundo lugar mundial de área sembrada con 47 523 000 ha y 556 676 000 ton de volumen de producción. Se considera a los Andes como

un MACROCENTRO de diversidad de cultivos andinos generalmente raíces y tubérculos (Maza y Aguirre, 2017, p.6). En el Ecuador existe una gran diversidad de cultivos, por las características de suelo, clima, ubicación geográfica.

La arracacha o zanahoria Blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) es una de las plantas cultivadas andinas más antiguas, y su domesticación precedió a la de la papa. Es la única Umbelífera de propagación vegetativa domesticada en las Américas (Mazón et al., 1996, p.38). Es por ello que se propone como alternativa para la extracción del almidón que es uno de los principales componentes de los bioplásticos.

El uso desmedido de los plásticos de un solo uso y su persistencia en el ambiente buscando de esta manera el desarrollo de nuevos materiales y formas de producción, en donde se generen alternativas como plásticos provenientes de fuentes renovables naturales y que tengan propiedades similares con un periodo de degradación más corto, denominándose de esta manera a los bioplásticos (Ballesteros, 2014, p.22).

Para la formación del bioplásticos se busca combinar un polímero natural en este caso el de la zanahoria blanca y el grafeno logrando elaborar un material que tenga mayor durabilidad, sea fuerte, resistente, flexible y ligero que además tenga la característica de biodegradable y compostable, siendo de esta manera una solución que ayude al ambiente en cuanto a la generación de residuos plásticos.

## ❖ OBJETIVOS

### ➤ Objetivo General

- ✓ Realizar la valorización del almidón de la cáscara de la zanahoria blanca (*Arracacia Xanthorrhiza*) para la obtención de bioplásticos.

### ➤ Objetivos Específicos

- ✓ Determinar las características físicas, fisicoquímica, químicas del almidón de la zanahoria blanca en base a la norma INEN 1456 (Reactivos para análisis. Almidón soluble. Métodos de ensayo).
- ✓ Establecer las combinaciones de aditivos para la elaboración de bioplásticos.
- ✓ Identificar el porcentaje óptimo de óxido de grafeno en la elaboración de plástico biodegradable
- ✓ Valorar el bioplástico obtenido mediante su caracterización en base a las normas INEN 2635 (Método de Ensayo para las propiedades de Tracción de Láminas Plásticas Delgadas)

## CAPÍTULO I

### 1. MARCO TEORICO REFERENCIAL

#### 1.1. Antecedentes de investigación

Los plásticos son materiales derivados del petróleo en su mayoría con características maleables, por otro lado, también existen de otros materiales como son los productos vegetales. En la industria se puede encontrar una gran cantidad de productos para distintos usos, generalmente para envases y empaques. Los plásticos de un solo uso son los notorios en relación al uso que estos tienen, además de la practicidad y de su bajo costo, de esta forma se ha generado la cultura del desecho y por consiguiente un manejo de residuos inadecuados, para el 2050 se prevé que el plástico represente el 20% del consumo mundial del petróleo (López et al., 2020, pp.725-742).

Los contaminantes plásticos no solamente incluyen desechos plásticos de gran tamaño sino también pequeñas piezas de plástico en el rango de los milímetros (Nudelman, 2020, p.23). Los residuos plásticos modestos, llamados “microplásticos” se han convertido en la mayor preocupación debido a estar ampliamente dispersos en diferentes matrices ambientales (aguas superficiales, océanos y sedimentos) y diversos organismos.

Debido a que el plástico apareció en la época de los 50's y desde esa fecha lo encontramos hasta la actualidad esto debido a la facilidad y la abundancia del material. Sin embargo, es una alternativa altamente contaminante que ha afecta a diversos ecosistemas, mayoritariamente produce polución en zonas costeras (López, 2020, pp.725-742).

Es por ello que diversos estudios han tratado de buscar soluciones a esta problemática creando la propuesta de la generación de plástico biodegradable a partir de polímeros naturales, que contengan similares características que el plástico común. Un sustento para esta investigación es la revisión de artículos científicos, como también otros trabajos relacionados al desarrollo de artículos científicos.

##### ***1.1.1. Desarrollo de un material para empaques de alimentos a partir de harina de yuca y fibra de fique***

Un sustento para esta investigación es la Tesis de maestría elaborada por Diana Navia de la Universidad del Valle en Colombia en donde se desarrolló un material bioplástico semirrígido en base a harina nativa de yuca que contaba de cuatro variedades y fibra de fique, en donde se aplicó el moldeo por compresión como técnica. La materia prima para este bioplástico fue sometido al moldeo por compresión a 200°C durante tres minutos obteniendo de esta manera el material. Para

la obtención de las mejores características de este plástico se evaluó las diferentes concentraciones de plastificante, haría y fibra respectivamente. De esta forma se obtuvo muestras factibles que son una alternativa al uso del poliestireno expandido que se usa en empaques alimentarios (Navia, 2011, p.18).

### ***1.1.2. Elaboración de bioplástico a partir del almidón de semillas de mangos***

En el artículo científico del grupo de ciencia y tecnología innovadora de alimentos (CYTYA) de la Universidad Tecnológica de Panamá (2018) en donde se menciona que el uso desmedido del plástico y como afecta de forma negativa al ambiente, lo que ha generado una búsqueda de alternativas sostenibles, incentivando de esta manera a la investigación y generando el desarrollo de nuevos materiales que sean amigables con el ambiente. En la investigación, se aisló de las semillas de mango verde el almidón presente, donde se demostró que este almidón posee características similares a las de otras fuentes de almidón, posteriormente fue utilizado en la elaboración de plástico biodegradable adicionando como agente plastificante la glicerina (Ruiloba et al., 2018, pp.28-32).

### ***1.1.3. Obtención de bioplásticos a partir de desechos agrícolas***

Como parte de la revisión bibliográfica se encontró el artículo Obtención de bioplásticos a partir de desechos agrícolas. Una revisión de las potencialidades en Ecuador, elaborado por María Riera y Ricardo Palma en donde en base a los artículos más recientes se analizan posibles alternativas para la obtención de bioplásticos de almidón en donde a través del método ELECTRE, en donde buscan seleccionar la alternativa más óptima para la producción de bioplásticos, tomando en cuenta todo tipo de criterios sociales, económicos, ambientales, además de la característica agrícola que posee el Ecuador (Riera y Palma, 2018, p.13).

### ***1.1.4. Obtención de un bioplástico a partir de almidón de papa***

La Fundación Universidad de América en la ciudad de Colombia, en donde Holguin (2019) se basó en la obtención de un bioplástico teniendo como materia prima el almidón nativo de papa. Se analizaron procesos desarrollados en diferentes estudios, agrupándolos en tres donde se seleccionaron por sus características, por medio de una matriz de selección de factores ponderados, se seleccionó el proceso con mejores características al tener en cuenta factores como la calidad del material final y el tiempo de producción. Seleccionando el proceso de matriz reforzada para obtener el bioplástico que tiene como proceso la modificación del almidón para mejorar las condiciones mecánicas, el segundo bloque es la obtención de bioplásticos en donde

se añaden reactivos que mejoran la calidad y apariencia del plástico biodegradable (Holguin, 2019, p.15).

Obtención de biopolímero evaluando el almidón de dos variedades de malanga, blanca y morada, dos espesantes y relación agua almidón para la producción de empaque biodegradables.

La tesis “Obtención de biopolímero evaluando el almidón de dos variedades de malanga, blanca y morada, dos espesantes y relación agua almidón para la producción de empaque biodegradables” de Demera et al. (2021), que tenía la finalidad de obtener biopolímeros a partir del almidón de dos variedades de malanga blanca y morada como materia prima para la producción de empaques biodegradables en la zona de Santo Domingo de los Tsáchilas en donde debido a procesos de exportación se generan desperdicios que a través de un arreglo factorial se establecieron 12 tratamientos, obteniendo un alto porcentaje de biodegradación (Demera y Meza, 2021, pp.1-83).

Estos trabajos de investigación han abordado la problemática de los plásticos y buscan ofrecer una alternativa a la misma. En donde se plantea la obtención de bioplásticos a través de nuevas alternativas de tal manera que el principal material sea orgánico de bajo costo y que pueda traer beneficios a futuro a la población

## **1.2. Fundamentación teórica**

### ***1.2.1. Productos agrícolas***

La agricultura es de las principales actividades productivas en América del Sur, corresponde a la mayor parte de las producciones y exportaciones del continente. Los pequeños productores son de suma importancia en la producción nacional del país. Los productos en los que más se centra el país son: arroz, papa, plátano, guineo. Por otra parte, la agricultura andina se basa principalmente en la papa (*Solanum tuberosum* o *S. andigenum*) que es altamente consumida en todo el mundo, seguido de este producto se encuentra el camote o la batata (*Ipomea batatas*). De los tubérculos menos conocidos fuera de la región andina se encuentra: achira (*Canna edulis*), mashua (*Tropaeolum tuberosum*), oca (*Oxalis tuberosa*), papa china (*Colacasia esculenta*), zanahoria blanca (*Arracacha esculenta*), melloco (*Ullucus tuberosus*) entre otros.

#### ***1.2.1.1. Producción agrícola del Ecuador***

En el Ecuador la agricultura aporta con el 8% del PIB del país, y el 64% de la producción agrícola es generada por los pequeños productores. La agricultura ha generado un impacto importante en el desarrollo del país, esto debido a que mantienen la soberanía alimentaria y también contribuye de manera significativa a la economía del sector agropecuario y del país (Eras et al., 2021, pp.4105-

4122). La zona andina es la región en donde mayor producción de tubérculos y raíces se da, debido a que existen menores limitantes, encontramos tubérculos como el melloco, miso, jícama, zanahoria blanca, mashua, oca.

Actualmente en el Ecuador la industria busca llevar a cabo de una manera sustentable el aprovechamiento de los residuos que se generan como parte de la producción agrícola del país, obteniendo subproductos de los mismos. La agricultura es de las actividades más importantes económicamente en el Ecuador, puesto que se busca generar una oportunidad de generar una cultura de conservación en donde se aproveche la biodiversidad de los cultivos que hay en el país y todos los productos secundarios de la agricultura.

#### 1.2.1.2. Zanahoria Blanca

La arracacha o zanahoria Blanca (*Arracacia xanthorrhiza* Bancr.) pertenece a la familia Apiaceae y es cultivada por sus raíces tuberosas reservantes ricas en un fino y nutritivo almidón. Una de las plantas antiguas más cultivadas es la zanahoria blanca, previo a la domesticación de la papa se dio la de arracacha. Es la única Umbelífera de propagación vegetativa domesticada en las Américas (Mazón et al., 1996, p. 38), Posee un almidón de tamaño granular pequeño y de fácil digestibilidad en un rango del 10 al 25% (Quilapanta, 2016, p.29).



**Figura 1-1.** Zanahoria Blanca

Realizado por: (López L, 2022).

#### 1.2.1.3. Origen

El género *Arracacia* (familia Apiaceae alt. Umbelliferae), es de origen andino. El número de especies reportadas puede variar desde 24 hasta 75 según la fuente consultada (Mazón et al., 1996, p.38) de estas, solo *A. xanthorrhiza* es cultivada con poco desarrollo y ha sido a través del tiempo llevado por pequeños productores en áreas de economía campesina.

#### 1.2.1.4. Taxonomía

**Tabla 1-1:** Taxonomía de la zanahoria blanca

<b>Reino</b>	<b>Vegetal</b>
Clase	Angiospermae
Subclase	Dicotyledone
Orden	Umbelliflorae
Familia	Apiaceae Lindl. (ex) Umbelliferae Juss
Genero	Arracacia
Especie	<i>Arracacia xanthorrhiza</i>

**Fuente:** (Mazón et al., 1996).

**Realizado por:** (López L., 2022).

#### 1.2.1.5. Morfología

##### ❖ **Hojas**

Las hojas son compuestas de tres a siete folíolos, el número de las mismas varía de 55 a 95 por planta, posee pecíolos largos y envainadores.

##### ❖ **Raíz**

Las raíces de esta planta salen del tallo y pueden ser: finas y largas, o tuberosas y fusiformes. La última es la parte utilizable, comestible de la planta. Su diámetro es de aproximadamente 8 cm y el largo va de 5 a 25 cm. La raíz se recolecta antes de concluir el ciclo vegetativo. Las raíces son de dos tipos, las unas finas y largas y las otras tuberosas que nacen de la parte inferior del tallo (corona); las segundas, que son la razón del cultivo de esta especie, varían su número de tres a veinticuatro, de forma ovoide, cónica o fusiforme, de color blanco, amarillo o morado según la variedad alcanzando longitudes de 8 a 20 cm. y con diámetro de 3 a 8 cm (Quilapanta, 2016, p.32).

##### ❖ **Inflorescencia**

Las inflorescencias son umbelas compuestas, llevan muchas flores pequeñas de color púrpuro intenso, cáliz y corola de cinco piezas diminutas.

##### ❖ **Fruto**

El fruto es bicarpelar con ovario ínfero.

### ❖ Formas hortícolas

Las diferentes formas hortícolas se reconocen por el color del follaje y el color externo e interno de la raíz, así tenemos:

- Amarilla
- Blanca
- Morada

#### 1.2.1.6. Características

**Tabla 2-1:** Características físicas y químicas de la zanahoria blanca

<b>Características Físicas de la zanahoria blanca</b>	
Forma	Ovoide
Color	Amarillo pálido
Longitud	Promedio de 15,47 cm
Diámetro	Promedio de 5,54 cm
Peso	340, 53 g
Porcentaje de cáscara	5,52 %
Porcentaje de pulpa	94,48%
Volumen	314,04 ml
Resistencia de penetración	37,19 dinas
Densidad	1,10 g/cm <sup>3</sup>
<b>Composición Química de la zanahoria blanca</b>	
pH	6,87
Porcentaje de Humedad	71,030%
Acidez Titulable	0,744%
Sólidos solubles	4,470 °brix
Sólidos totales	28,968 %
Azúcares reductores	3,177 %
Azúcares totales	4.882
Porcentaje de Fibra	0,813%
Porcentaje de etéreo	0,560%
Porcentaje de proteína	1,05%

Porcentaje de cenizas	3,193%
Vitamina C	72,43
Vitamina A	0,123
Calcio	53,35 mg/100g
Rango	48,89 mg/100g
Potasio	2185,33 mg/Kg
Sodio	56,23 mg/100g

**Fuente:** (Benalcázar Ruíz, 2007).

**Realizado por:** (López L, 2022).

#### 1.2.1.7. Variedades

Se distingue tres principales variedades de zanahorias que se distinguen a través del color que son (Cuzco y Guambaña, 2019, p.33):

- **Amarilla:** estas raíces presentan un buen sabor, pero la desventaja es que no es rentable ya que esta tiene un tronco grueso, por lo tanto, es más utilizado para la alimentación de animales y presenta follaje verde.
- **Blanca:** son las únicas conocidas en los mercados urbanos del Ecuador, por eso esta variedad es cultivada principalmente para la comercialización, su desventaja a diferencia de las demás es que es muy delicada, por lo tanto, debe ser tratada desde el momento de la siembra hasta el transporte y su follaje es de color verde.
- **Morada:** presenta un follaje de color carmín y sus raíces son amarillas, pero son muy difíciles de conseguir y algunos lo utilizan en la decoración de platos.

#### 1.2.1.8. Usos de la zanahoria blanca

La zanahoria blanca es una planta nativa usada en la medicina por tener propiedades como diuréticos, estimulantes, en la alimentación el almidón de la zanahoria blanca es de fácil digestibilidad, alto contenido de calcio, vitamina A, ácido ascórbico, fósforo, es decir un valor nutricional recomendada en una dieta alimenticia.

#### 1.2.2. Residuos solidos

Los residuos sólidos generalmente son conocidos como desecho, residuo, basura, estos se encuentran compuestos por dos tipos orgánicos como alimentos, desechos de comida, cartón, papel, madera; e inorgánicos como plásticos, vidrios y metales. Los residuos por lo general se

generan de servicios públicos, construcciones, actividades domésticas, establecimientos privados así como también residuos industriales que no se deriven de sus procesos (Rondón et al., 2016, p.15). La cantidad de residuos sólidos que se genera en cada región del país es importante para el manejo eficiente de los residuos, al momento de realizar una clasificación, caracterización de forma que se aproveche los residuos de la forma más eficiente. En los últimos años la población del Ecuador se ha incrementado notablemente, generándose una gran cantidad de residuos sólidos que van alrededor de los 4.9 millones de toneladas al año, donde el 58.47% de estos son de tipo orgánico y el 41.53% es de tipo inorgánico (Ruíz, 2020, p.7). Los residuos sólidos se dividen en dos: residuos orgánicos e inorgánicos

#### *1.2.2.1. Inorgánicos*

Se conoce como residuos inorgánicos a todos aquellos residuos de origen mineral y sustancias o compuestos sintetizados por el ser humano. Dentro de esta categoría se incluyen habitualmente metales, plásticos, vidrios, etc (Gordillo et al., 2017, p.78). Además, estos desechos conllevan un proceso industrial y se compone por materiales inertes, asimismo estos materiales tienen una descomposición lenta y no son biodegradables, estos residuos pueden ser reciclables, no reciclables, por su fuente de origen y según su estado material como: sólido, líquido y gaseoso.

#### *1.2.2.2. Orgánicos*

Estos residuos son biodegradables, que son compuestos por materiales naturales y tiene dentro de sus propiedades la capacidad de desintegrarse de forma que se transforme en materia orgánica. Los residuos orgánicos tienen un alto impacto respecto al ambiente, contaminando la atmósfera, el suelo y las aguas (superficiales y subterráneas), a causa de sus altos contenidos de materia orgánica, presencia de metales pesados, elementos minerales, patógenos vegetales, fitotoxinas que son fuertemente contaminantes.

#### *1.2.2.3. Agrícolas*

Desechos que quedan después de una cosecha o por una labor agrotécnica y están integrados por varios componentes (tallos, fibras, cutículas, cáscaras, bagazos, rastrojos, restos de podas, frutas, etc., procedentes de diversas especies cultivadas (Ministerio del Ambiente y Agua del Ecuador, 2020). El aprovechamiento de estos tipos de residuos puede convertir a la materia prima para la producción de productos que apoyen a la economía circular del país.

#### *1.2.2.4. Aprovechamiento de los residuos orgánicos*

Uno de los más grandes problemas es la falta de aprovechamiento de los residuos sólidos municipales debido a que los residuos sólidos se determinan a través de patrones de consumo. En ese sentido el aprovechamiento de la fracción orgánica permite recuperar el valor que poseen los productos agrícolas de forma que se extienda su vida útil de forma que se aplica un valor económico.

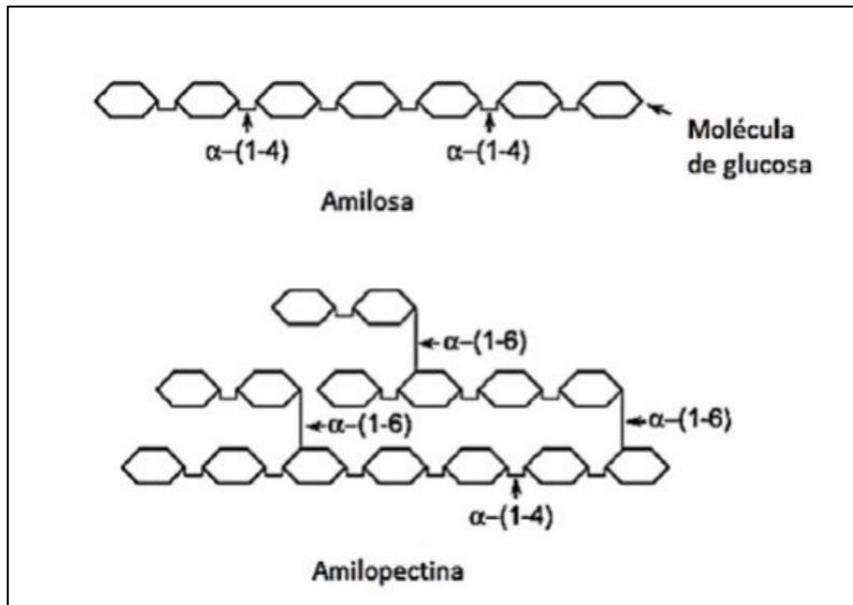
La valorización de los residuos a través del aprovechamiento de estos, obteniendo nuevos productos y reduciendo la extracción y uso de nuevas materias primas, que requieren la explotación de recursos naturales (Ministerio del Ambiente y Agua del Ecuador, 2020). La sensibilización ambiental busca que se genere iniciativas del aprovechamiento de los residuos orgánicos, existen variedad formas de aprovechar los residuos orgánicos como: metanización, sistema aerobio, sistema de secado.

#### *1.2.3. Almidón*

El almidón es el hidrato de carbono más abundante en la tierra, el cual da el mayor aporte de energía a los humanos (Hurtado, 2019, p.13) es la conformación de dos moléculas llamadas amilosa y amilopectina que, dependiendo de la composición y arreglo estructural, confieren propiedades fisicoquímicas y térmicas únicas característica de cada fuente de origen, constituye una excelente materia prima para modificar la textura y consistencia de los alimentos. En función de estas propiedades es empleado en la preparación de sopas, helados, gelatinas y conservas (Contreras et al., 2018, pp.82-97).

El almidón es una mezcla de glucanos, ya que cada partícula insoluble de almidón involucra principalmente amilosa y amilopectina. El almidón se localiza en el interior de las células vegetales, formando partículas insolubles (Hurtado, 2019, p.14). La amilosa, un polímero lineal y la amilopectina, polímero ramificado y su principal constituyente(Contreras et al., 2018, pp.82-97).

La identificación del almidón se realiza a través de la prueba de yodo para la determinación de los polisacáridos, el color que presenta la mezcla se da por la formación de una coloración azul – violeta intensa. La amilosa como componente del almidón cuando las cadenas se juntas formando hélices a las moléculas de yodo, toman un color azul oscuro a negro (Hurtado, 2019, p.14).

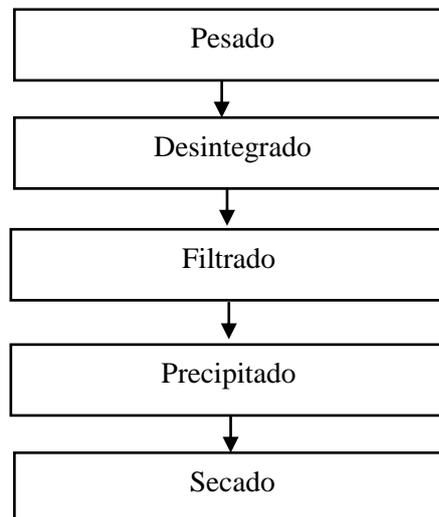


**Figura 2-1.** Representación de las estructuras amilosa y amilopectina

Fuente: (Hurtado, 2019).

### 1.2.3.1. Almidón de la zanahoria blanca

El almidón de zanahoria blanca es un polvo fino de color blanquecino, sin olor, ni sabor, además posee gran versatilidad de uso en diferentes aplicaciones, el proceso de extracción se describe a continuación:



**Gráfico 1-1.** Diagrama de flujo del proceso de extracción del almidón

Realizado por: (López L, 2022).

Este proceso de obtención del almidón por vía seca se obtiene a través del método por vía seca que contiene:

- **Pesado:** Determinación del peso de la materia orgánica, en este caso de las cáscaras de la zanahoria blanca.
- **Desintegrado:** Operación elemental en el procesamiento del almidón que busca reducir el tamaño de la muestra este proceso se realiza a través del triturado de la materia prima con cierta cantidad de agua, mediante este proceso se obtienen granos más pequeños.
- **Filtrado:** En este proceso mediante una malla se separa los elementos sólidos y líquidos de la mezcla que se desintegro.
- **Precipitado:** La parte líquida obtenida de los procesos previos requiere de reposo para que el almidón decante, obteniendo de esta forma la materia que se busca.
- **Secado:** Proceso mediante el cual se elimina la humedad de la muestra de forma que se conserve la materia extraída, esta operación se la realiza a través de una estufa.

#### 1.2.3.2. *Amilosa*

La amilosa es un polímero lineal de unidades de glucosa unidas por enlaces  $\alpha$  (1-4), en el cual algunos enlaces  $\alpha$  (1-6) pueden estar presentes. Esta molécula no es soluble en agua, pero puede formar micelas hidratadas por su capacidad para enlazar moléculas vecinas por puentes de hidrógeno y generar una estructura helicoidal que es capaz de desarrollar un color azul por la formación de un complejo con el yodo (De los Angeles, 2016, p.27). A mayor porcentaje de amilosa los almidones tienen la capacidad de gelatinización y cristalización por otra parte, los almidones que no contienen amilosa se espesan, pero no gelifican.

#### 1.2.3.3. *Amilopectina*

La amilopectina es un polímero ramificado de unidades de glucosa unidas en un 94-96% por enlaces  $\alpha$  (1-4) y en un 4-6% con uniones  $\alpha$  (1-6) (De los Angeles, 2016, p.28). Dichas ramificaciones se localizan aproximadamente a cada 15-25 unidades de glucosa. Como una característica de la amilopectina se encuentra que es parcialmente soluble en agua caliente y en presencia de yodo produce un color rojizo violeta.

#### 1.2.3.4. *Propiedades del almidón*

El almidón se puede aprovechar conociendo las características que este posee debido a que de esta forma se busca un rendimiento a nivel industrial, existe una gran cantidad de propiedades que se relacionan con, la procedencia, la calidad del suelo, condiciones climáticas del área del

cultivo, entre otros (Solarte-Montúfar et al., 2019, p.36). Las características más favorables del almidón se seleccionan a través del estudio de sus propiedades:

- **Temperatura de Gelatinización:** Los gránulos de almidón son insolubles en agua fría; cuando estos se calientan en solución a temperaturas altas alcanzan una temperatura específica en la cual se inicia el hinchamiento de los gránulos (Granados et al., 2014, p. 96). La gelatinización es la pérdida de cristalinidad de los gránulos de almidón en presencia de calor y humedad en este proceso se pierde el orden molecular de manera gradual e irreversiblemente. La gelatinización se logra explicar debido a que el agua penetra inicialmente en las regiones amorfas ocasionando hinchamiento del gránulo que se relaciona a la pérdida de la birrefringencia (Vele, 2019, p.13), La intensidad de la gelatinización depende de la fuente botánica de la que proviene el almidón, del contenido de humedad de la muestra y de ciertas condiciones experimentales tales como el pH, la presencia de sólidos, etc (Charro y Mónica, 2015, p.13).
- **Retrogradación:** Seguido de la gelatinización se produce la etapa de enfriamiento donde se da la resistencia del fluido, producción fricción entre las moléculas con el líquido. La retrogradación se define como un incremento espontáneo del estado del orden, es decir, una reorganización de los puentes de hidrógeno y reorientación de las cadenas moleculares. Paralelamente se genera un decrecimiento de la solubilidad en el agua fría y un incremento de la turbiedad (Meneses et al., 2007, p.60).
- **Desestructuración:** La desestructuración del almidón nativo consiste en la transformación de los gránulos de almidón cristalino en una matriz homogénea de polímero amorfo, acompañada por un rompimiento de los puentes de hidrógeno entre las moléculas de almidón, de un lado, y la despolimerización parcial de las moléculas, del otro (Meneses et al., 2007, p.60).
- **Transición vítrea:** La transición vítrea de un material polimérico se refiere al cambio inducido por el calor sobre las características de un polímero, el cual con el incremento de la temperatura pasa de sólido frágil y quebradizo a flexible (Meneses et al., 2007, p.60).

#### 1.2.3.5. *Polímeros*

Los polímeros son moléculas de gran tamaño, formada por monómeros o “eslabones” orgánicos, que se unen a través de un enlace covalente. Los eslabones están formados, fundamentalmente, por átomos de carbono y pueden poseer grupos laterales o radicales con uno o más átomos. Estas moléculas orgánicas son las que constituyen los materiales plásticos que conocemos y también los tejidos de los seres vivos (Hermida, 2011, p.14).

#### *1.2.3.6. Definición de polímeros*

Los polímeros se producen por la unión de miles de moléculas denominadas monómeros que forman grandes cadenas de las distintas formas. Usualmente, los polímeros tienen una alta resistencia mecánica debido a que las magnas cadenas poliméricas se atraen. Las fuerzas de atracción intermoleculares dependen de la composición química del polímero y pueden ser de diversas clases.

#### *1.2.3.7. Polimerización*

La polimerización es un conjunto de reacciones químicas mediante las cuales, moléculas simples, ya sean iguales o diferentes entre sí, interactúan para formar otras moléculas de mayor peso que las moléculas originales (más del doble del peso original de las moléculas (Mondragón, 2001, p.25) . La polimerización es un proceso generalmente empleado en la industria petroquímica para la formación de diferentes plásticos (polímeros) y gomas sintéticas (elastómeros).

#### *1.2.3.8. Tipos de polimerización*

##### **❖ Polimerización por adición**

Este tipo de polimerización se da cuando los monómeros realizan enlaces dobles entre los átomos de carbono. Los monómeros se van adicionando al núcleo principal del polímero mediante los enlaces dobles (Garza, 2014, p.41). Como resultado se obtiene que la composición química de la cadena carbonada será igual a la suma de las composiciones de los monómeros.

##### **❖ Polimerización por condensación**

La polimerización por condensación se presenta cuando en la unión de dos o más monómeros se extrae una molécula de agua (Garza, 2014, p.42). En otros términos, los monómeros pierden átomos cuando pasan a formar parte del polímero. Se genera subproductos de este tipo de polimerización, además las unidades repetitivas están unidas por unidades funcionales como ésteres, uretano, entre otros. Este proceso se realiza por etapas para generar de esta forma macromoléculas, en donde los grupos funcionales puedan reaccionar entre sí generando polímeros lineales de altos pesos moleculares.

### *1.2.3.9. Clasificación de los polímeros*

Actualmente encontramos a los polímeros en diferentes lugares, que es tan presentes en la cotidianidad como materiales modernos, equipos farmacéuticos, dispositivos electrónicos, partes automovilísticas, equipos médicos, entre otros, estos polímeros pueden ser sintéticos o naturales (Gonzales, 2020, p.1). Los polímeros han venido sustituyendo materiales tradicionales, principalmente, por su bajo costo y a la posibilidad de ser adaptados en una variedad de aplicaciones especiales.

#### **❖ Polímeros sintéticos**

Los polímeros sintéticos con aquellos que son sintetizados de forma artificial en el laboratorio o en industria química, utilizando monómeros y catalizadores. Los materiales de plásticos industriales son los polímeros sintéticos. El primer polímero sintético es la baquelita, actualmente existe una amplia variedad de distintos tipos de monómeros con características tanto físicas como químicas particulares.

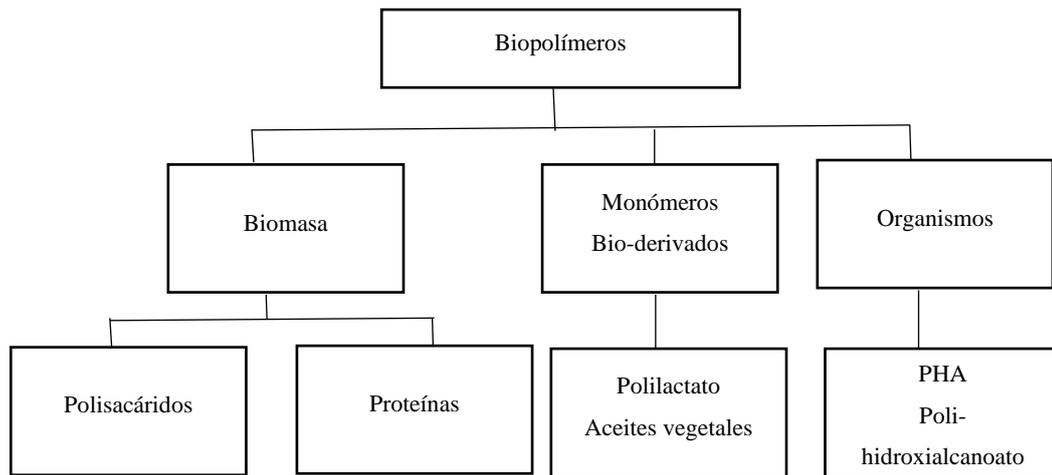
Las características de los polímeros sintéticos es que son inertes químicamente, la mayoría son solubles en agua, pero solubles en solvente orgánicos, la mayoría son compuestos orgánicos combustibles, son malos conductores térmicos, sólidos amorfos y tienen propiedades mecánicas muy variadas (Hermida, 2011, p.27).

### *1.2.3.10. Polímeros Naturales*

En la naturaleza se encuentran polímeros naturales como biomoléculas, además de compuestos que integran el cuerpo de los seres vivos (Silva, 2017, p.3). La complejización bioquímica de la vida tiene como punto importante dentro de su proceso la aparición de los polímeros naturales.

Los biopolímeros se pueden clasificar según su fuente, de las cuales se analizarán los biopolímeros más importantes del mercado divididos en tres subgrupos: polímeros basados en recursos renovables (almidón y celulosa), polímeros biodegradables basados en monómeros bioderivados (aceites vegetales y ácido láctico) y biopolímeros sintetizados por microorganismos (polihidroxiclcanoatos (PHA)) (Valero et al., 2013, p.172).

Los polímeros naturales están basados en materia renovable o que se degrada, los de los recursos renovables generalmente son compostable y los del segundo grupo se basan con la biodegradabilidad está relacionada con la estructura química de las materias primas para este tipo de procesos



**Figura 3-1.** Clasificación de los biopolímeros

**Fuente:** (Valero et al., 2013).

#### 1.2.3.11. Degradación de biopolímeros plásticos

Un polímero biodegradable es aquel que puede ser degradado completamente por el medio ambiente, reduciendo así el impacto ambiental que estos materiales producen (Labeaga, 2018, p.7). Por lo tanto, de acuerdo con esta definición, cuando un envase plástico biodegradable es desechado al final de su vida útil, comienza a modificar su estructura molecular, y por lo tanto sus propiedades físicas y químicas, debido a la influencia de las condiciones ambientales. De esta forma, el polímero es transformado en sustancias simples o en componentes menores como agua, dióxido de carbono y biomasa que finalmente se asimilan al medio ambiente.

#### 1.2.4. Óxido de grafeno

El grafeno mejora el rendimiento de los materiales, generando nuevos campos de aplicación. Este material es beneficioso para reforzar materiales tales como plásticos y resinas, puesto que proporciona una gran resistencia, creando elementos ligeros y flexibles.

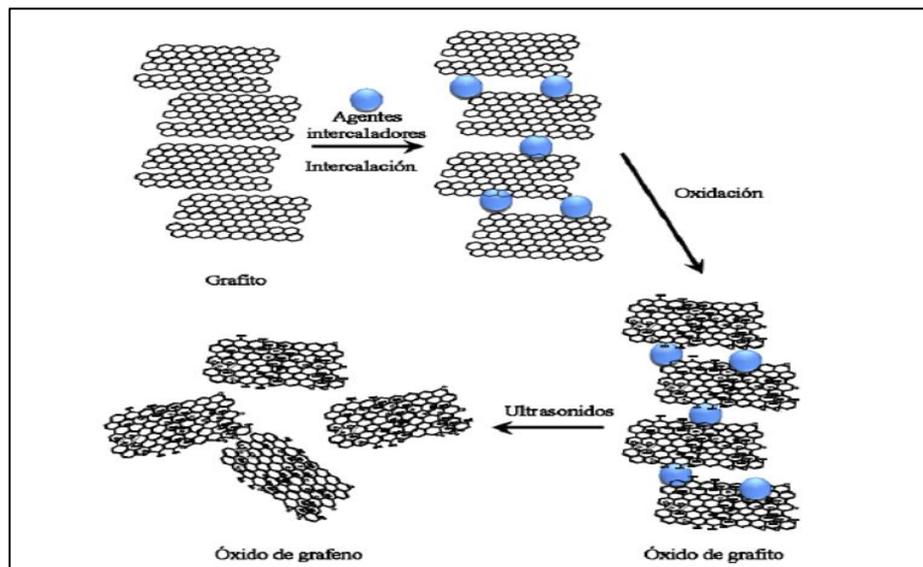
La incorporación de óxido de grafeno a distintos recubrimientos y adhesivos proporciona una barrera altamente eficaz a la permeabilidad de gases como el oxígeno y el vapor de agua. Además, también se consigue una mejora de las propiedades mecánicas de los films. Por otro lado, el grafeno es un material transparente y flexible (Ortega, 2018, p.69).

La industria del embalaje ha tenido un aumento significativo en su producción debido a las ventajas que ofrece estos plásticos degradables como son las propiedades de: ligereza, durabilidad, resistencia.

### 1.2.4.1. Síntesis del óxido de grafito

Para la síntesis de óxido de grafito, consistió en la oxidación de grafito utilizando como agente oxidante  $\text{KMnO}_4$  sin embargo la especie reactiva es en realidad el óxido de manganeso (VII) con un medio ácido  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

En la reacción de oxidación el  $\text{Mn}_2\text{O}_7$  reacciona con los enlaces dobles del carbono generando grupos epoxídicos e hidroxilo OH, mientras que en los carbonos terminales de la molécula se forman grupos carboxilos  $\text{C}(\text{O})\text{OH}$  y carbonilos  $\text{C}=\text{O}$ . Estos grupos aumentan el espacio intermolecular de las láminas de grafito produciendo separación entre las mismas disminuyendo las fuerzas de Van der Waals que son las fuerzas que mantienen unidas a las láminas entre sí (Vergalito et al., 2019, p.11). El alto grado de oxidación facilita la separación de las láminas, seguido del lavado y purificación de manera que se retiró el óxido de grafito. Finalmente, el óxido de grafeno se extrajo a través de la exfoliación de óxido de grafito, mediante el proceso de sonicación para obtener dos fases.



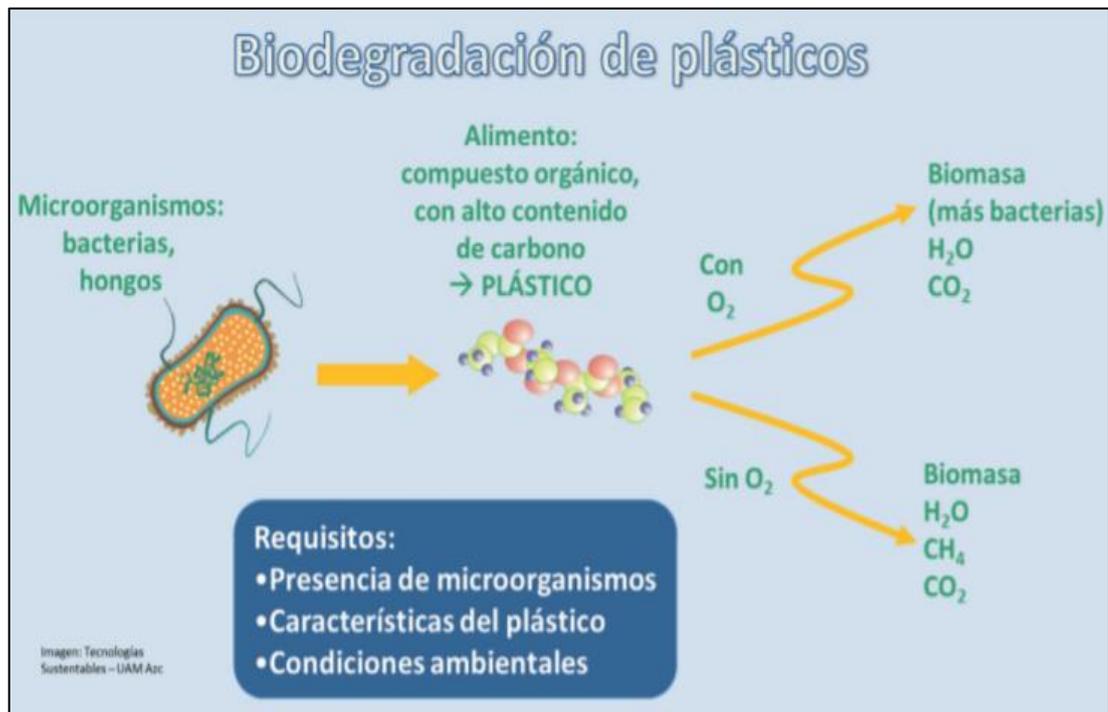
**Figura 4-1.** Proceso de obtención del óxido de grafeno

Fuente: (Vergalito et al., 2019).

### 1.2.5. Bioplásticos

Los bioplásticos son plásticos que son biobasados, biodegradables, o que reúnen ambas características. Estos plásticos provienen generalmente de materias primas de origen renovable y biodegradable; materia prima de origen renovable y no es biodegradable, materia prima de origen petroquímico y es biodegradable.

Actualmente la industria busca alternativas para modificar los plásticos en base al petróleo, con aditivos que pueden ser almidón, ácido poliláctico, ácido polihidroxitiratos o alcohol polivinílico, debido a su capacidad de biodegradabilidad es función de la estructura química del plástico, para que la biodegradación ocurra se debe cumplir requisitos como, la presencia de los microorganismos, y las condiciones ambientales requeridas para el desarrollo.



**Gráfico 2-1.** Biodegradación de plásticos

**Fuente:** (Vazquez et al., 2016).

### 1.2.5.1. Clasificación de los bioplásticos

Los bioplásticos se clasifican en dos grandes grupos los plásticos biobasados o biogénicos que provienen de fuentes renovables, y los plásticos biodegradables o compostable.

- **Los PHA o Polihidroxicarbonatos:** Los PHA son polímeros de ácidos hidroxialcanoicos que algunas bacterias, arqueas y microalgas acumulan intracelularmente como material de reserva, para usarlo posteriormente como fuente de carbono y energía (González et al., 2012, p.79). La ventaja de estos plásticos se debe a que pueden ser sintetizados desde fuentes de carbono renovables, son biodegradables y pueden ser asimilados por muchos microorganismos.
- **El PLA (Ácido Poliláctico):** La polimerización del ácido láctico da lugar a polímeros de ácido poliláctico (PLA) que, con otras moléculas poliméricas naturales, permiten la obtención de productos reabsorbibles y biodegradables (Herryman y Blanco, 2005, p.53). Este material posee propiedades físicas y mecánicas que tiene potencial para sustituir los plásticos

convencionales, es un material altamente versátil y es compostable convirtiéndose nuevamente en monómero.

- **Plásticos a base de almidón:** El almidón está formado por un 80% de amilopectina y el 20% de amilosa, los granos de almidón están compuestos por macromoléculas que dentro de sus propiedades es la hinchazón en contacto con el agua, además que poseen en su estructura del 10 al 90% de almidón.

#### *1.2.5.2. Ventajas de los bioplásticos*

Los bioplásticos al ser materiales biodegradables, es una de las alternativas que busca solucionar el problema de los residuos plásticos.

- Los polímeros bioplásticos se crean de forma natural y no generan huella de carbono.
- Los bioplásticos, tales como el PLA y el PHB a base de almidón, no son tóxicos y no afectan a la salud. En el envasado de los alimentos esta característica es de utilidad de manera que no interfiere con las propiedades de los alimentos, ni filtran sustancias químicas.
- Estas características les da la utilidad para el envasado de alimentos, ya que no interfieren con el sabor de los alimentos ni filtran sustancias químicas.
- Los bioplásticos pueden moldearse por inyección y adoptar la misma forma que los termoplásticos tradicionales.
- Su degradación es al 100%.
- Son moldeables, impermeables y de baja densidad además de que no consumen materias primas no renovables.
- Las emisiones de gases tóxicos por incineración son menores, también reducen los costos de la gestión de residuos.

#### *1.2.5.3. Aditivos para la obtención de los bioplásticos*

##### ❖ **Plastificante**

Para la elaboración de materiales flexibles y maleables se ha usado a los plastificantes desde hace mucho tiempo. El agua se ha utilizado para ablandar la arcilla y se sabe que algunos aceites se han utilizado desde hace siglos para plastificar el alquitrán empleado en la impermeabilización de los barcos (Cefic, 2017, p.2). Los plastificantes representan una amplia variedad de sustancias químicas sostenibles y de alto rendimiento, estos pueden ser líquidos, orgánicos, incoloros e inodoros.

#### ❖ **Glicerol**

El glicerol ( $C_3H_8O_3$ ), denominado también, 1,2,3-trihidroxipropano o 1,2,3- propanotriol, es un alcohol que posee tres grupos hidroxilos (-OH), también se le conoce como glicerina. Se usa como plastificante para la producción de polímeros de celulosa que puede ser acetato de celulosa, nitrocelulosa, etilcelulosa. La glicerina tiene gran importancia en la aplicación de monoglicéridos, industria alimentaria, cosmética y farmacéutica, y como lubricantes (Lafuente Aranda, 2017, p.5).

#### *1.2.5.4. Método de casting*

El método de casting se basa en disolver material polimérico, y colocar la solución sobre un molde sea este de acrílico o vidrio, donde una vez evaporado el disolvente se obtiene el film. Para esto la solución se calienta con exceso de agua, hasta obtener su punto de gelatinización, y la solución obtenida se vierte en placas o soportes para secar a determinadas condiciones, y para finalmente obtener la película de la placa.

#### *1.2.5.5. Caracterización de los bioplásticos*

#### ❖ **Humedad**

Se define a la humedad como el agua que se dispersa en una pequeña cantidad en forma de vapor, dentro de un sólido o condensado en una superficie (Bravo, 2019, p.21). Los métodos de secado son los más comunes para valorar el contenido de humedad en los alimentos; se calcula el porcentaje en agua por la pérdida en peso debida a su eliminación por calentamiento bajo condiciones normalizadas (García y Fernández, 2015, p.3). El porcentaje de humedad se determina de forma gravimétrica en estufa a temperatura de 105 °C por 24 horas.

#### ❖ **Solubilidad**

El estudio de la solubilidad de los polímeros en diferentes disolventes es importante a la hora de especificar su resistencia a determinados ambientes, por su utilización en la fabricación de envases, recipientes de almacenamiento, tuberías y maquinaria, así como en aplicaciones en las que el polímero se encuentra en disolución como pinturas, recubrimientos, hilado de fibras, adhesivos, aceites multigrado, plastificantes (Gonzales, 2020, pp.1-166) . El contenido inicial de la materia seca (%) y de la humedad se determinaron graviméricamente secando las muestras de la película a 105°C en una estufa con circulación de aire.

### ❖ **Espesor**

Espesor se conoce como la trayectoria perpendicular entre dos superficies como una propiedad importante debido al rendimiento mecánico que adquiere la película. En el sector industrial de los revestimiento, una de las características más importantes es el espesor, debido a que da un reporte esencial en relación a la vida útil del material (Chimbo, 2021, p.88), para la medición del espesor se realiza en referencia la norma INEN 2542

### ❖ **Biodegradabilidad**

Como se menciona en la tesis “Obtención de plástico biodegradable a partir de almidón de patata” Las pruebas de biodegradabilidad se menciona la norma ASTM D-5488-94D en donde define biodegradable como capaz de sufrir descomposición a dióxido de carbono, metano, agua, compuestos inorgánicos o biomasa, siendo el mecanismo predominante la acción enzimática de microorganismos, que puede medirse mediante ensayos estándar, en un periodo especificado de tiempo, que refleja las condiciones de eliminación disponibles (Charro, 2015, p.109).

## CAPÍTULO II

### 2. METODOLOGÍA

#### 2.1. Tipo de Investigación

La presente investigación sobre la valoración de la cáscara de la zanahoria blanca para la obtención de bioplástico es:

❖ **Por el método de investigación: Mixta**

Es una investigación mixta debido a que se recopiló una serie de información sobre tesis y artículos científicos en las que se han tratado el tema de bioplásticos a partir de polímeros naturales, de manera que se comprende mejor la problemática del plástico de un solo uso.

❖ **Por el objetivo de investigación: Aplicada**

A través de la valoración de las cáscaras de zanahoria blanca es una investigación aplicada puesto que busca suplir los plásticos de un solo uso por medio de la elaboración de los plásticos a partir de los residuos.

❖ **Por el nivel de profundización en el objeto de estudio: Descriptiva**

Es una investigación descriptiva debido a que se caracteriza a los residuos de la zanahoria blanca (*arracacia xanthorrhiza*) siendo esta la población de estudio mediante el cual se va a describir el porqué de su importancia y su valor para la elaboración de bioplástico de este polímero natural.

❖ **Por la manipulación de variables: Experimental**

La presente investigación es experimental debido a que tiene un enfoque científico, a través de la combinación de diferentes aditivos en donde se maneja la variable independiente para la elaboración del plástico biodegradable, además de los análisis de la materia para la elaboración del mismo.

❖ **Por el tipo de inferencia: Deductiva**

A través de la valoración de la cáscara de la zanahoria blanca se busca deducir la calidad de la materia prima para la elaboración de los bioplásticos.

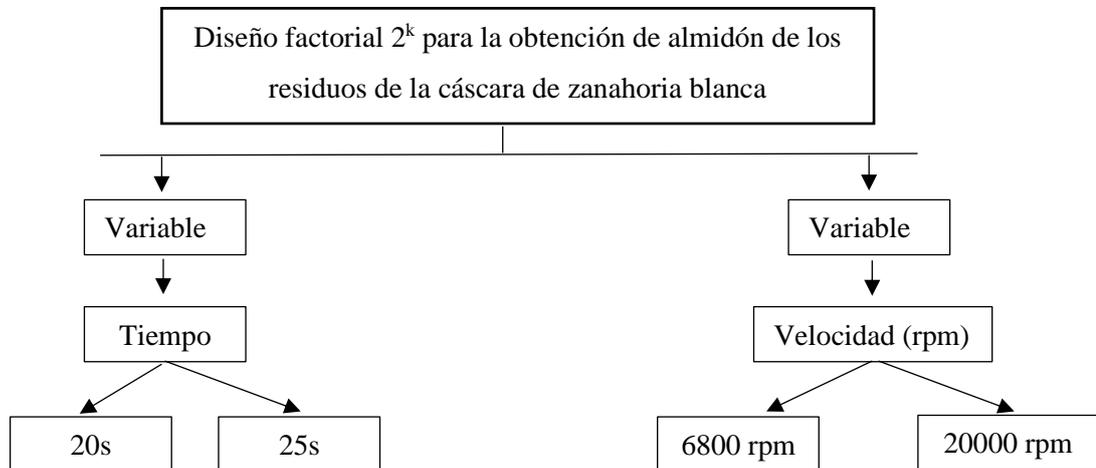
❖ **Por el periodo temporal: Transversal**

El estudio es transversal debido a que se analiza un conjunto de datos como son las características del bioplástico en un tiempo determinado.

## 2.2. Diseño de la investigación

### 2.2.1. *Diseño Experimental / Cuasiexperimental / Pre Experimental*

La presente investigación es de tipo experimental, debido a que se debe establecer la composición para la elaboración de bioplásticos a partir del almidón de la zanahoria blanca (*Arracacia Xanthorrhiza*) y demás aditivos, además de que cumple con las características propias del diseño. Se trabajará con un diseño factorial  $2^k$  (donde: 2= Concentración de almidón y plastificante; k= número de repeticiones) con puntos axiales que es un diseño que estudia el efecto de dos factores considerando dos niveles o límites en cada uno (límite bajo y límite alto) y así poder determinar la combinación de niveles de factores que afecten a la formación de la biopelícula.

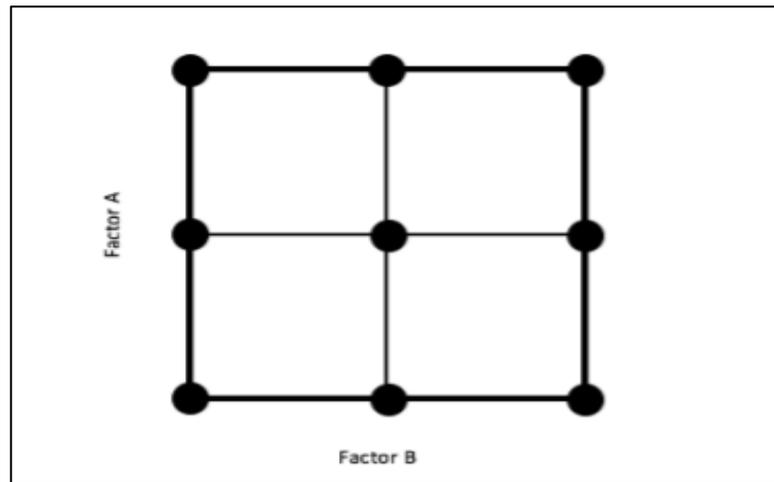


**Figura 1-2.** Diseño factorial para la obtención de almidón de zanahoria blanca

Realizado por: (López L, 2022).

Se utilizó la metodología dada por Charro (2015, p.55) de igual forma igual se trabaja con un diseño factorial  $2^2$  con un punto central y cuatro puntos factoriales, el cual estudia el efecto de dos factores/aditivos (glicerina y óxido de grafeno) considerando dos niveles (nivel bajo (-) y nivel alto (+)) en cada uno.

El diseño experimental tiene como objetivo de comprobar la tendencia de los análisis de datos del experimento. En este caso la extracción del almidón de la zanahoria blanca, en la cual se controlan las condiciones de cuatro tratamientos, en donde las variables son tiempo y la revoluciones por minuto.



**Figura 2-2.** Diseño factorial

Fuente: (Dagnino, 2014).

El ANOVA es un conjunto de técnicas estadísticas de gran utilidad y ductilidad. Es útil cuando hay más de dos grupos que necesitan ser comparados, cuando hay mediciones repetidas en más de dos ocasiones, cuando los sujetos pueden variar en una o más características que afectan el resultado y se necesita ajustar su efecto o cuando se desea analizar simultáneamente el efecto de dos o más tratamientos diferentes (Dagnino, 2014, p.5).

**Tabla 1-2:** Tabla ANOVA

Tabla de ANOVA					
Fuentes de variabilidad	Suma Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	Fc	F alfa
Efecto A	SC <sub>A</sub>	a-1	CM <sub>A</sub>	$F_A = CM_A / CM_E$	Probabilidad
Efecto B	SC <sub>B</sub>	b-1	CM <sub>B</sub>	$F_B = CM_B / CM_E$	Probabilidad
Efecto AB	SC <sub>AB</sub>	(a-1)(b-1)	CM <sub>AB</sub>	$F_{AB} = CM_{AB} / CM_E$	Probabilidad
Error	SC <sub>E</sub>	ab(n-1)	CM <sub>E</sub>		
Total	SC <sub>T</sub>	abn-1			

Realizado por: (López L, 2022).

### 2.2.2. Identificación de las variables

#### a) Variables dependientes

- Combinación de aditivos

#### b) Variables independientes

- Humedad
- Flexibilidad

- Permeabilidad
- Densidad

### **2.2.3. *Planteamiento de hipótesis***

Los bioplásticos obtenidos a través de los residuos de la zanahoria blanca en conjunto con una combinación de condiciones contienen características similares a los polímeros de plásticos tradicionales.

### 2.3. Matriz de constancia

**Tabla 2-2:** Matriz de consistencia

ASPECTOS GENERALES				
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS		
La producción de plásticos depende en gran medida de hidrocarburos fósiles, la mayoría de estos no se degradan contaminando de esta manera a los ecosistemas debido a esto se debe buscar una alternativa que ayude a disminuir esta problemática.	Realizar la valorización de la cascara de la zanahoria blanca ( <i>Arracacia Xanthorrhiza</i> ) para la obtención de bioplásticos	Los bioplásticos obtenidos a través de residuos agrícolas poseen características similares a los plásticos de forma que se podrían sustituir		
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Variables	Técnicas
Se desconoce el rendimiento que se obtiene de almidón de los residuos de la zanahoria blanca.	Establecer el porcentaje de rendimiento obtenido del almidón de los residuos de la zanahoria blanca	Es posible extraer almidón de los residuos de la zanahoria blanca ( <i>Arracacia Xanthorrhiza</i> ) a través del método de vía húmeda.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatura</li> <li>• Tiempo</li> <li>• Humedad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis de varianza</li> <li>• Cálculo del rendimiento del proceso de extracción del almidón</li> </ul>
¿El almidón de la zanahoria blanca cumple con los parámetros establecidos en la norma?	Determinar las características físicas, fisicoquímica, químicas del almidón de la zanahoria blanca en base a la norma INEN 1456 (Reactivos para análisis. Almidón soluble.	El almidón obtenido de la zanahoria blanca tiene los valores óptimos, de forma que se cumple con la norma INEN 1456	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pH</li> <li>• Humedad</li> <li>• Ceniza</li> <li>• Solubilidad</li> <li>• Temperatura de gelatinización</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NTN INEN 1456</li> <li>• Métodos físicos</li> </ul>

	Métodos de ensayo).			
¿Cuál es la cantidad óptima de óxido de grafeno para la obtención de biofilms?	Identificar el porcentaje óptimo de óxido de grafeno en la elaboración de plástico biodegradable	El óxido de grafeno mejora las propiedades del bioplástico.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• % de óxido a usar en cada uno de los tratamientos</li> </ul>	Variación en la composición
¿Los bioplásticos obtenidos presentan características de calidad para su uso?	Valorar el bioplástico obtenido mediante su caracterización en base a las normas INEN 2635 (Método de Ensayo para las propiedades de Tracción de Láminas Plásticas Delgadas)	Los biofilms obtenidos presentan propiedades de calidad tanto cualitativas como cuantitativas que cumplen con la norma	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Propiedades de tracción</li> <li>• Permeabilidad al vapor</li> <li>• Humedad y solubilidad en agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ASTM D882</li> <li>• NTE INEN 2635</li> <li>• ASTM D1653-93</li> <li>• Métodos físicos</li> </ul>

**Realizado por:** (López L, 2022).

## 2.4. Operacionalización de Variables

**Tabla 3-2:** Operacionalización de variables

VARIABLE	CONCEPTO	INDICADOR	INSTRUMENTO
<b>Variable independiente:</b>			
Combinación de aditivos	Se refiere a la combinación entre porcentajes de almidón, glicerol y óxido de grafeno buscando así en que agrupación se obtendrá los mejores resultados.	% de almidón % de glicerol Cantidad de grafeno	Bandeja
<b>Variable dependiente:</b>			
Humedad	La humedad es, el agua que se retiene un cuerpo o, incluso, el agua, que está presente en el aire como vapor de agua	%	Estufa
Permeabilidad	Permeabilidad se entiende por la capacidad de un material para permitir que se atraviese su estructura a través de un fluido. Un material es permeable cuando se puede pasar cierta cantidad de fluido a través de él en un determinado tiempo, por el contrario, si la cantidad de fluido que atraviesa es mínima, se considera despreciable.	MPa <sup>-1</sup>	Desecador
Biodegradabilidad	Se entiende por biodegradación la descomposición aeróbica ó anaeróbica de un material por acción enzimática de microorganismos tales como bacterias, hongos y algas bajo condiciones normales del medio ambiente (Manser y Kelling, 1996)	Días	
Flexibilidad	La flexibilidad es la habilidad de un material para doblarse	mm	

	<p>sin que este se llegue a romper cambiando así de forma. La variable flexibilidad es la capacidad de ser maleable, adaptarse a los cambios de forma y a la movilidad. Es una capacidad mecánica.</p>		
--	--	--	--

Realizado por: (López L, 2022).

## 2.5. Unidad de análisis

La unidad de análisis para esta investigación es la obtención de almidón de la cascara de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*), para lo cual se identificó las características de la misma, tanto físicas, químicas como microbiológicas, de forma que se determinó la calidad del bioplástico.

## 2.6. Localización de Estudio

El presente estudio en general se realizó en el Laboratorio de Investigación de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) ubicada en la panamericana Sur km 1 1/2 cuyas coordenadas son 17 M X: 758313 Y: 9816729 que se encuentra en la ciudad de Riobamba, ubicada en región interandina de la Sierra Ecuatoriana, ubicada a 2754 m.s.n.m.

## 2.7. Población de estudio

La población de estudio corresponde a la zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) obtenida de los principales mercados de la ciudad de Riobamba, para la selección de los ejemplares de estudio, se tomó en cuenta aquellas que sean más representativas y sus características físicas se encuentren en las condiciones óptimas.

## 2.8. Tamaño de muestra

Se utilizó 15 kilos de cascará de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*), para obtener el almidón a través de vía húmeda, el tamaño de la muestra para la obtención del almidón constara de 16 repeticiones, es decir, se tendrán 4 tratamientos, y en cada tratamiento se efectuarán 4 repeticiones, de los cuales se seleccionará el mejor tratamiento para la realización del bioplástico.

## 2.9. Método de muestreo

El tipo de muestreo es no probabilístico por conveniencia debido a que la selección de la zanahoria dependerá de la selección de los mejores ejemplares, en las que se consideró como características como: madurez, tamaño, y el estado en el que se encuentra el producto.

## 2.10. Técnica de recolección de datos

### 2.10.1. Obtención del almidón

**Tabla 4-2:** Metodología para la obtención del almidón

Método	Materiales y Equipos	Reactivos	Procedimiento	Método de ensayo
Vía Húmeda	Licuada Guantes Cronometro Cuchillo Recipientes contenedores Marcador	Zanahoria blanca Agua	Lavar, pelar y pesar el tubérculo. Colocar 200 gramos de la cascara de la zanahoria blanca en la licuadora con 400 ml de agua y licuar durante 25 y 20 segundos respectivamente con dos velocidades distintas a 6800 rpm y 20000 rpm. Pasado el tiempo retirar la mezcla y filtrar. Una vez filtrado dejar secar al ambiente durante 48 horas. Después del secado llevar el sedimentado a la licuadora y licuar hasta obtener un polvo homogéneo.	

Realizado por: (López L, 2022).

El rendimiento porcentual para la obtención del almidón de la cascara de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{Peso almidon obtenido (g)}}{\text{Peso inicial de la materia prima (g)}} \times 100 \quad \text{Ecu.1-2.}$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{23.365 (g)}{200 (g)} \times 100 = 11.683\%$$

### **2.10.2. Caracterización del almidón de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*)**

La caracterización tanto de la cascara como del almidón de la zanahoria se la realizo en el Laboratorio de Investigación de la Facultad de Ciencias ESPOCH, exceptuando el análisis de amilosa que fue realizado en el Servicio de Análisis e Investigación en Alimentos del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), mientras que el análisis microbiológico de fibra y proteína que fue realizado en (SAQMIC).

### 2.10.3. Técnica de caracterización del almidón extraído

**Tabla 5-2:** Caracterización del almidón

Método de evaluación	Materiales, equipos y reactivos	Procedimiento	Cálculos	Norma
Prueba de pH	Balanza analítica Espátula Shaker (60-1600) Vaso de precipitación Vasos de plástico Papel filtro Agua destilada Almidón	-Se debe realizar la técnica por triplicado. -Pesar 10g del almidón extraído con 50 mL de agua destilada -Poner la solución en un vaso plástico y llevar al shaker agitar por 30 minutos, a 2000 rpm y 30°C -Dejar sedimentar por 20 minutos -Calibrar el medidor de pH -Tomar una alícuota del sobrenadante después del tiempo de sedimentación -Medir el pH	Reportar el valor obtenido del medido del pHmetro	INEN 1456
Viscosidad de Brookfield	Vaso de precipitación Balanza analítica Espátula Reverbero y malla Viscosímetro de Brookfield Varilla de agitación Termómetro Agua destilada	-Pesar 25 g de almidón y diluir con 500 ml de agua -Poner a hervir a ebullición mientras se va agitando con varilla -Retirar del calor y dejar enfriar el gel a 25 °C -Medir la viscosidad	Registrar el valor obtenido por el viscosímetro en centipoises (cP)	ISI 17-1 del Internatinal Starch Institute
T° de gelatinización	Balanza analítica Vasos de precipitación de 150 y 250 ml Pinzas	-Se debe realizar esta técnica por triplicado. - Pesar 5 g de almidón y disolver en 50 mL de agua destilada en un vaso de precipitación de 150 mL.	La temperatura de gelatinización se reporta con el valor que se tenga en el termómetro cuando se produzca el gel.	INEN 1456

	<p>Reverbero  Varilla de agitación  Termometro  Agua destilada  Almidón</p>	<p>- Calentar a baño maría en un vaso de 250 mL hasta que llegue a la temperatura de 80-85°C y agregar la disolución de almidón mientras se va agitando. -Se apaga cuando llegue a ebullición y se forme una pasta o gel con una temperatura constante.  - Se reporta la temperatura de gelatinización.</p>		
Índice de solubilidad	<p>Balanza analítica  Vasos de precipitados  Tubos de Falcon  Centrífuga  Reverbero  Varilla de Agitación  Termómetro  Probeta  Estufa  Agua destilada  Almidón</p>	<p>-Se debe realizar esta técnica por triplicado.  - Poner 3 tubos de centrifuga secos a 60°C en la estufa por 15 minutos.  - Pasar los tubos en el desecador por 20 minutos.  - Pesar tubos en la balanza analítica.  - Poner 1,25 g de almidón y agregar exactamente 30 mL de agua destilada y agitar.  - Prender el baño maría a 60°C durante 30 minutos y luego de esto colocar los tubos, pasado 10 minutos agitar los tubos despacio un rato y se vuelve a dejar 20 minutos más a baño maría.  - Sacar y colocar los tubos en la centrifuga por 20 minutos a 3000 RPM.  - Sacar de la centrifuga y tomar el volumen del sobrenadante en una probeta inmediatamente.  - Tomar 10 mL del sobrenadante y poner en un vaso de precipitados anteriormente pesado.  - Colocar en la estufa por 24 horas a 70°C. - Poner en el desecador por 20 minutos.</p>	<p>Índice de absorción de agua (ISA)  <math display="block">= \frac{\text{peso del gel (g)}}{\text{peso muestra (g)}}</math> Índice de solubilidad en agua (ISA)  <math display="block">= \frac{\text{peso solubles (g)} \times V \times 100}{\text{Peso de la muestra (g)}}</math> Poder de hinchamiento (PH)  <math display="block">= \frac{\text{Peso del del (g)}}{\text{Peso muestra (g)} - \text{Peso solubles (g)}}</math></p>	INEN 1456

		- Pesar el tubo de centrifuga con el gel y pesar el vaso de precipitados.		
Humedad y cenizas	<p>Crisoles</p> <p>Estufa</p> <p>Balanza analítica</p> <p>Mufla</p> <p>Desecador</p> <p>Espátula Almidón</p>	<p>-Se debe realizar esta técnica por triplicado.</p> <p>- Lavar los crisoles y secar a 70°C en la estufa.</p> <p>- Una vez secos pasar los crisoles al desecador durante 15-20 minutos.</p> <p>- Pesar los crisoles vacíos.</p> <p>- Tarar los crisoles y colocar 5 g de almidón. - Colocar en la estufa a 70°C.</p> <p>- Sacar y pesar hasta que los crisoles tengan un peso constante.</p> <p>- Pasar los crisoles utilizados en humedad a la mufla durante 24 horas e incinerar a 550°C.</p> <p>- Cuando la muestra este en color blanco o gris poner en el desecador durante 60 minutos aproximadamente.</p> <p>- Pesar los crisoles</p>	$\%Humedad = \frac{Peso\ inicial - Peso\ final}{Peso\ inicial} \times 100$ $\%Cenizas = \frac{Peso\ de\ cenizas\ (g)}{Peso\ de\ muestra} \times 100$	<p>FAO</p> <p>AOAC 942.05</p>
Prueba de sensibilidad	<p>Balanza analítica</p> <p>Vasos de precipitación de 25 y 250 mL</p> <p>Reverbero</p> <p>Agua destilada</p> <p>Almidón</p> <p>Solución de yoduro de potasio</p>	<p>-Pesar 1 g de almidón en un vaso de 25 mL y disolver con 5 mL de agua destilada.</p> <p>- Pongo a hervir 200 mL de agua destilada en un vaso de 250 mL. - Una vez que hierve el agua le agrego la solución de almidón.</p> <p>- Dejo enfriar y cuando está completamente homogenizada la mezcla, se le añade cuatro gotas del indicador Lugol o solución de yoduro previamente preparado.</p> <p>- Para la solución de yoduro peso 0.05 de yoduro disuelta en 100 mL de agua destilada.</p>	<p>La coloración azul o morado de la muestra indica la presencia de almidón dando como resultado positivo a la prueba.</p>	<p>Adaptado de</p> <p>Fuente: NTC 926, 1986. NTE INEN 1456</p>

Realizado por: (López L, 2022).

#### 2.10.4. Técnica de obtención del óxido de grafeno

**Tabla 6-2:** Obtención del óxido de grafeno

Método	Materiales y Equipos	Reactivos	Procedimiento	Método de ensayo
Obtención del óxido de grafeno	Soporte universal Agitador magnético Balón 1000 mL 2 Pyrex Termómetro Corchos Pinza de Bureta Bureta de 25mL 2 pipetas de 10mL 2 vasos de 500mL Balón de aforo 25MI Pinza para el balón Reverbero y malla de asbesto Balón de 250 MI Tubos Falcon	Agua Glicerol Oxido de grafeno Almidón de cascara de la cáscara de la zanahoria	-Armar el sistema -Colocar en el balón 70mL de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -Pesar 1.5g de polvo de grafito lentamente -Pesar 4.5g de KMnO <sub>4</sub> y añadir en un tiempo de 30 minutos -Luego del paso anterior, colocar en un baño de aceite (previamente calentado a 90°C) por 10 minutos -Medir 150mL de agua destilada gota a gota verificando que la temperatura no pase de los 60°C -La solución debe tener una coloración marrón oscuro, después se añade 150 mL de agua destilada y agitar -Adicionar lentamente 15 mL de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> al 30% cambiando la coloración de marrón oscuro a amarillenta y agitar 10 minutos -Colocar la solución en tubos falcón de 50 mL y centrifugar durante 15 minutos a 3000 rpm -Retirar la parte acuosa de los tubos y juntar los residuos en un frasco -El precipitado debe ser lavado con la solución de HCl al 10% unas 3 a 4 veces, seguido se realizarán lavados con el agua destilada hasta obtener un pH neutro -Secar el sólido para obtener el polvo de óxido de grafito por 24h	

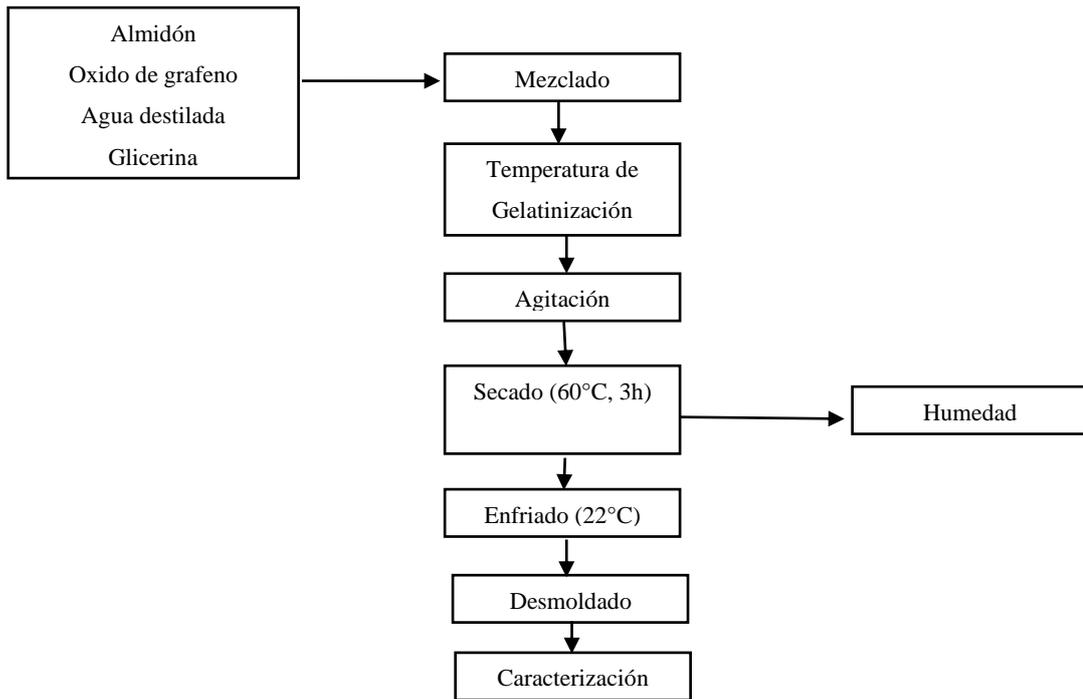
Realizado por: (López L, 2022).

#### 2.10.5. Técnica de obtención de biofilm

**Tabla 7-2:** Obtención de biofilm

Método	Materiales y Equipos	Reactivos	Procedimiento	Método de ensayo
Obtención del Bioplástico	Secador de bandejas Reverbero Vasos de precipitación de 250 ml. Varilla de agitación Probetas de 250 ml y 50 ml. Balanza analítica Papel aluminio Espátula	Solución al 30% de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> Solución de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> al 10% Solución de HCl al 10% 9g de KMnO <sub>4</sub> 3g Grafito en polvo Agua destilada	-Preparar una solución de agua destilada con almidón en un vaso de precipitación -Colocar la solución sobre un reverbero con la respectiva malla metálica. -Agitar la solución de tal manera que se alcance la temperatura de gelatinización. -Agregar el glicerol (plastificante) y el óxido de grafeno como conservante con movimientos constantes hasta homogenizar y enfriar. -Verter esta mezcla sobre un molde de vidrio o acrílico, y finalmente colocar la muestra a 60°C en el secador de bandejas seguido de temperatura ambiente para obtener las características propias de los bioplásticos.	

Realizado por: (López L, 2022).



**Gráfico 1-2.** Diagrama de flujo de obtención de las biopelículas

Realizado por: (López L, 2022).

### 2.10.6. Caracterización de los biofilms

**Tabla 8-2:** Caracterización de los biofilms

Método de evaluación	Materiales, equipos y reactivos	Procedimiento	Cálculos	Norma
Espesor	Pie de rey Láminas de biofilms Cúter	-Se debe medir con un calibrador, el cual debe tener una resolución de 0,002 cm -Se procede a cortar 10 películas con medidas de 2,5 cm x 2,5 cm de cada una de las muestras -Se realiza la medición del espesor de cada una de las laminas -Realizar el promedio de las mediciones dadas	Medición cualitativa	
Humedad	Balanza analítica de humedad	-Se toma una muestra por tratamiento del bioplástico de 4cm x 4cm -Se lleva a la balanza analítica de humedad		
Solubilidad en agua	Vaso de precipitación Probetas Papel filtro Balanza analítica Agua destilada	-Las películas previamente secadas se colocaron en un vaso de precipitación de 100 mL con 80 mL de agua destilada -Se lleva a agitación de 100 rpm durante 1 hora. -Filtrar y se procede a colocar en una estufa a 40°C hasta que no	$\% \text{ Solubilidad} = \frac{P1 - P2}{P1} \times 100$	

		queden residuos de agua		
Grado de transmisión de vapor de Agua	Vaso de precipitación Biofilm a ensayar Balanza analítica Agua destilada Silicon	-En un desecador llenar la base con una solución salina saturada. -En tubos de ensayo agregar las ¾ partes del mismo con gel de sílice -Cubrir los tubos de ensayo con láminas de 2x2 cm del plástico y sellar con cinta. -Tomar el peso de los tubos durante 6 horas.	$TVA_t = \frac{\Delta m}{t \times A} \times t$ <p>TVA = Grado de transmisión de vapor  <math>\frac{mm \cdot g}{hm^2}</math>  <math>\Delta m = \text{cambio de masa (g)}</math>  <math>t = \text{tiempo entre lecturas}</math>  A= área de las muestras de ensayo (m<sup>2</sup>)  ε=espesores de los films (mm)</p>	ASTM D1653
Propiedades mecánicas biofilm	Maquina universal de pruebas tracción Biofilm	El equipo que se encuentra en la norma es una máquina de prueba que tiene velocidad constante de movimiento cruceta que comprende de un elemento fijo que comprende de una mordaza, y un elemento móvil que comprende una segunda mordaza.		INEN 2635
Espectrofotometría infrarroja	Espectrofotómetro infrarrojo	En el espectrofotómetro infrarrojo se coloca una muestra de almidón, se espera unos segundos y se obtiene los datos		
Biodegradabilidad	Recipientes herméticos Biofilm a ensayar	-Recortar el biofilm en láminas de 2cm x 2cm -Colocarlas en tierra orgánica a unos cuantos cm de la superficie y mantener en un ambiente húmedo -Revisar cada 7 días para verificar	$\% \text{ Perdida de area} = \frac{A1 - A2}{A1} \times 100$ <p>Peso pérdida de peso  A1= Área inicial del bioplástico (mm)  A2= Área final del bioplástico (g)</p>	INEN 2643

		la presencia de las láminas hasta que se completen 12 semanas		
--	--	--	--	--

**Realizado por:** (López L, 2022).

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

#### 3.1. Datos obtenidos de los ensayos realizados

Los análisis físicos de la materia prima en este caso la zanahoria blanca empezó con la caracterización física de la misma. En donde se tomó 5 ejemplares de los cuales se tomó en cuenta la longitud, diámetro y peso.



**Figura 1-3.** Muestras experimentales de la zanahoria blanca

Realizado por: (López L, 2022).

**Tabla 1-3:** Características físicas de la zanahoria blanca

No.	PRODUCTO	CARACTERÍSTICAS		
		PESO (g)	LONGITUD (mm)	DIÁMETRO (mm)
A	Zanahoria blanca	91,627	107,20	29,30
B		63,113	109,80	27,70
C		82,510	87,90	33,70
D		56,793	109,00	26,50
E		68,313	115,10	23,00
<b>Promedio</b>		<b>72,471</b>	<b>105,800</b>	<b>28,040</b>

Realizado por: (López L, 2022).

En relación a las características físicas que se obtuvo de las zanahorias de las que se utilizó como materia prima, estas tienen un peso promedio de 72.471 g, una longitud promedio de 105.800 mm y un diámetro promedio de 28.040 mm.

**Tabla 2-3:** Análisis sensorial de la zanahoria blanca

CARACTERÍSTICAS DE LA ZANAHORIA BLANCA	
<b>COLOR</b>	Blanco
<b>OLOR</b>	Neutro
<b>SABOR</b>	Amarga
<b>TEXTURA INTERNA</b>	Dura
<b>TEXTURA EXTERNA</b>	Dura

Realizado por: (López L, 2022).

El análisis sensorial de la zanahoria blanca y la determinación de las características organolépticas, de 5 ejemplares se obtuvo los siguientes resultados, el color de todas ellas era blanco suave, su olor era neutro propio de la materia prima y su sabor era amargo. La textura de este tubérculo es dura tanto interna como externamente.

### 3.1.1. Rendimiento del proceso de extracción del almidón

**Tabla 3-3:** Rendimiento del proceso de extracción del almidón

PRODUCTO	TRATAMIENTO	REPETICIÓN	PESO (g)
Zanahoria blanca	T1	R1	23,365
		R2	22,317
		R3	23,636
		R4	19,831
	T2	R1	18,715
		R2	17,288
		R3	22,705
		R4	23,982
	T3	R1	17,474
		R2	17,983
		R3	20,718
		R4	18,738
	T4	R1	19,119
		R2	23,945
		R3	20,521
		R4	20,127

Realizado por: (López L, 2022).

### 3.1.2. Caracterización del almidón de los residuos zanahoria blanca

#### 3.1.2.1. Prueba de Ph

**Tabla 4-3:** Datos de las pruebas de pH

Producto	Repetición	pH
Zanahoria Blanca	R1	6,64
	R2	6,67
	R3	6,62

Realizado por: (López L, 2022).

#### 3.1.2.2. Viscosidad de Brookfield

**Tabla 5-3:** Datos de viscosidad de Brookfield

Producto	Repetición	Viscosidad
Zanahoria Blanca	R1	1413
	R2	1417
	R3	1420

Realizado por: (López, L. 2022).

#### 3.1.2.3. Temperatura de gelatinización

**Tabla 6-3:** Datos de temperatura de gelatinización

Producto	Repetición	Temperatura °C
Zanahoria Blanca	R1	62
	R2	60
	R3	64

Realizado por: (López L, 2022).

#### 3.1.2.4. Índice de solubilidad

**Tabla 7-3:** Datos de índice de solubilidad

Producto	Repetición	Peso tubos gel (g)	Peso de vasos tarados (g)	Peso con muestra (g)
Zanahoria Blanca	R1	12,15	30,303	30,509
	R2	12,58	30,859	31,093
	R3	12,45	32,746	32,961

Realizado por: (López L, 2022).

### 3.1.2.5. Humedad y cenizas

**Tabla 8-3:** Datos de humedad y ceniza

Producto	Repetición	Peso del crisol Tarado (g)	Peso del crisol con muestra (g)	Peso final del Crisol (g)
Zanahoria Blanca	R1	27,82	28,581	28.012
	R2	39,678	40,377	39.972
	R3	38,923	39,673	39.945

Realizado por: (López L, 2022).

### 3.1.3. Obtención del biofilm

**Tabla 9-3:** Formulación de biofilms

Producto	Agua (mL)	Almidón (g)	Glicerina (mL)	Óxido de grafeno (mL)
Zanahoria Blanca	40	2	0,5	0,5
				1
				1,5
				2
				2,5
				3

Realizado por: (López, L. 2022).

### 3.1.4. Caracterización del biofilm

#### 3.1.4.1. Espesor

**Tabla 10-3:** Datos de espesor de las biopelículas

Tratamiento	Repetición	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Largo (mm)
A	1	0,1	16	39
	2	0,1	16,5	37,8
	3	0,1	15,9	39,3
	4	0,1	16,8	38,8
B	1	0,1	16,2	38,4
	2	0,1	16	38,1
	3	0,1	16,6	38,9
	4	0,1	17	38,8
C	1	0,1	16,8	38,1
	2	0,1	16,7	38,1
	3	0,1	15,9	38,4
	4	0,1	17,4	38,5
D	1	0,1	15,7	40,2

	2	0,1	16,2	39,1
	3	0,1	16	37,9
	4	0,1	16,5	38,9
E	1	0,1	16,3	38,3
	2	0,1	16,1	36,9
	3	0,1	15	36,3
	4	0,1	16,1	38,1
F	1	0,1	18,2	37,7
	2	0,1	15,8	36,9
	3	0,1	16,9	38,6
	4	0,1	17,1	38,2

Realizado por: (López L, 2022).

### 3.1.4.2. Humedad

**Tabla 11-3:** Humedad de las biopelículas

PRODUCTO	TRATAMIENTO	REPETICIÓN	HUMEDAD (%)
Zanahoria Blanca	A	R1	15,40
		R2	14,63
		R3	14,17
		R4	12,50
	B	R1	17,80
		R2	15,90
		R3	16,48
		R4	16,20
	C	R1	15,00
		R2	14,95
		R3	14,70
		R4	15,40
	D	R1	14,15
		R2	14,13
		R3	14,68
		R4	14,06
	E	R1	15,30
		R2	15,97
		R3	15,95
		R4	16,20
F	R1	14,85	
	R2	14,58	
	R3	15,10	
	R4	14,85	

Realizado por: (López L, 2022).

### 3.1.4.3. Solubilidad del agua

**Tabla 12-3:** Solubilidad de bioplásticos

Producto	Tratamiento	Peso inicial plástico (g)	Peso final plástico (g)
Zanahoria Blanca	A	0,267	0,127
	B	0,31	0,174
	C	0,192	0,112
	D	0,207	0,112
	E	0,238	0,137
	F	0,17	0,095

Realizado por: (López L, 2022).

### 3.1.4.4. Grado de transmisión de vapor

**Tabla 13-3:** Permeabilidad

Zanahoria Blanca					
A	B	C	D	E	F
<b>Peso de los tubos con gel de sílice (g)</b>					
34,0118	33,8384	34,3641	33,7739	33,9809	34,9209
34,0187	33,8445	34,3698	33,7805	33,9893	34,9272
34,0224	33,848	34,3732	33,7841	33,9934	34,9316
34,0263	33,8519	34,3767	33,7881	33,9977	34,9358
34,0292	33,8546	34,3794	33,791	34,0003	34,9392
34,0342	33,8596	34,3842	33,7961	34,0058	34,9444

Realizado por: (López L, 2022).

3.1.4.5. *Propiedades mecánicas*

**Tabla 14-3:** Propiedades mecánicas de los biofilms

No.	PRODUCTO	TRATAMIENTO	CARGA MÁXIMA (N)	DESPLAZAMIENTO MÁXIMO (mm)	ESFUERZO MÁXIMO	DEFORMACIÓN (%)	ROTURA DE CARGA (N)
A	ZANAHORIA BLANCA	TP1	0,302500	3,632670	0,189060	9,314530	0,000000
		TP2	1,172500	4,075330	0,710610	10,781300	0,562500
		TP3	1,317500	7,843830	0,828620	20,750900	0,507500
		TP4	2,092500	9,942000	1,316040	25,623700	0,935000
B		TP1	1,055000	5,386670	0,651230	14,027800	0,527500
		TP2	1,372500	8,019330	0,857810	21,048100	0,532500
		TP3	1,617500	5,782000	0,992330	14,863800	0,515000
		TP4	1,040000	10,243300	0,611760	26,400300	0,520000
C		TP1	0,375000	3,151500	0,223210	8,271650	0,000000
		TP2	1,715000	5,294830	1,026950	13,897200	0,572500
		TP3	0,407500	3,077830	0,256290	8,015190	0,000000
		TP4	0,357500	2,486170	0,205460	6,457580	0,000000
D		TP1	0,885000	2,723330	0,563690	6,774460	0,000000
		TP2	1,600000	5,368830	0,987650	13,731000	0,575000
		TP3	2,072500	6,795670	1,295310	17,930500	0,555000
		TP4	1,272500	3,485170	0,771210	8,959300	0,527500
E	TP1	0,142500	1,460670	0,087420	3,813750	0,000000	
	TP2	1,235000	7,544670	0,767080	20,446300	0,510000	
	TP3	0,447500	4,194000	0,298330	11,553700	-0,607500	
	TP4	0,502500	3,753330	0,312110	0,312110	-0,737500	
F	TP1	0,742500	6,954170	0,407970	18,446100	0,000000	
	TP2	1,180000	6,275330	0,746840	17,006300	0,522500	

		TP3	0,685000	6,043670	0,405330	15,657200	0,000000
		TP4	0,622500	8,832000	0,364040	23,120400	0,000000

**Realizado por:** (López L, 2022).

### 3.1.4.6. Biodegradabilidad

**Tabla 15-3:** Biodegradabilidad en suelo

PRODUCTO	TRATAMIENTO	UNIDAD	DÍA					
			0	3	6	9	12	15
CÁSCARA DE ZANAHORIA BLANCA	TP1	cm2	4,000	3,920	3,550	3,254	3,039	2,540
		%	0,000	2,000	11,250	18,650	24,025	36,500
	TP2	cm2	4,000	3,893	3,479	3,260	3,154	2,691
		%	0,000	2,675	13,025	18,500	21,150	32,725
	TP3	cm2	4,000	3,981	3,620	3,351	3,052	2,724
		%	0,000	0,475	9,500	16,225	23,690	31,900
	TP4	cm2	4,000	3,853	3,614	3,176	2,947	2,705
		%	0,000	3,675	9,650	20,600	26,325	32,375
	TP5	cm2	4,000	3,984	3,630	3,364	3,052	2,724
		%	0,000	0,400	9,250	15,900	23,690	31,900
	TP6	cm2	4,000	3,897	3,580	3,210	2,947	2,705
		%	0,000	2,575	10,500	19,750	26,325	32,375

Realizado por: (López L., 2022).

**Tabla 16-3:** Biodegradabilidad en agua

PRODUCTO	TRATAMIENTO	UNIDAD	DÍA					
			0	3	6	9	12	15
CÁSCARA DE ZANAHORIA BLANCA	1	cm2	4,000	3,427	2,920	2,790	2,420	2,005
		%	0	14,325	27,000	30,250	39,500	49,875
	2	cm2	4,000	3,814	3,500	3,035	2,567	2,142
		%	0	4,650	12,500	24,125	35,825	46,450
	3	cm2	4,000	3,520	2,875	2,684	2,348	2,023
		%	0	12,000	28,125	32,900	41,300	49,425
	4	cm2	4,000	3,750	2,946	2,712	2,461	2,087
		%	0	6,250	26,350	32,200	38,475	47,825
	5	cm2	4,000	3,510	2,875	2,684	2,348	2,023
		%	0	12,250	28,125	32,900	41,300	49,425
	6	cm2	4,000	3,732	2,946	2,712	2,461	2,051
		%	0	6,700	26,350	32,200	38,475	48,725

Realizado por: (López L., 2022).

**Tabla 17-3:** Biodegradabilidad del polímero en el ambiente

PRODUCTO	TRATAMIENTO	UNIDAD	DÍA					
			0	3	6	9	12	15
CÁSCARA DE ZANAHORIA BLANCA	1	cm2	4,000	3,703	3,677	3,540	3,421	3,401
		%	0	7,425	8,075	11,500	14,475	14,975
	2	cm2	4,000	3,841	3,754	3,625	3,521	3,428
		%	0	3,975	6,150	9,375	11,975	14,300
	3	cm2	4,000	3,752	3,661	3,513	3,416	3,400
		%	0	3,975	6,150	9,375	11,975	14,300

	%	0	6,200	8,475	12,175	14,600	15,000
4	cm2	4,000	3,821	3,732	3,628	3,572	3,531
	%	0	4,475	6,700	9,300	10,700	11,725
5	cm2	4,000	3,752	3,661	3,513	3,416	3,356
	%	0	6,200	8,475	12,175	14,600	16,100
6	cm2	4,000	3,821	3,732	3,628	3,572	3,478
	%	0	4,475	6,700	9,300	10,700	13,050

Realizado por: (López L, 2022).

### 3.2. Cálculos

Para la extracción del almidón se consideró el diseño factorial  $2^k$  para determinar el mejor rendimiento del almidón de cáscara de zanahoria blanca por vía húmeda, en donde el mejor rendimiento se obtuvo con un tiempo de 20 segundos y una velocidad de 6800 revoluciones por minuto con el 11.144 % del rendimiento al obtener el almidón del tubérculo.

#### 3.2.1. Rendimiento del proceso de extracción del almidón

$$\% \text{Rendimiento} = \frac{\text{Muestra obtenidos (g)}}{\text{Muestra total (g)}} \times 100 \quad \text{Ecu.1-3.}$$

$$\% \text{Rendimiento} = \frac{23.365 (g)}{200 (g)} \times 100 = 11.68\%$$

#### 3.2.2. Caracterización del almidón de los residuos de la zanahoria blanca

##### 3.2.2.1. pH

$$\text{pH promedio} = \frac{6.64+6.67+6.62}{3} = 6.64 \text{ pH} \quad \text{Ecu.2-3.}$$

##### 3.2.2.2. Viscosidad de Brookfield

$$\text{Viscosidad promedio} = \frac{1413+1417+1420}{3} = 1416.66 \quad \text{Ecu.3-3.}$$

### 3.2.2.3. Temperatura de gelatinización

$$T^{\circ} \text{ de gelatinización promedio} = \frac{62+60+64}{3} = 62^{\circ} \text{C} \quad \text{Ecu.4-3.}$$

### 3.2.2.4. Solubilidad

$$\text{Indice de absorción de agua (IAA)} = \frac{\text{Peso del gel (g)}}{\text{Peso muestra (g)}} \quad \text{Ecu.5-3.}$$

$$\text{Indice de absorción de agua (IAA)} = \frac{12.15 \text{ (g)}}{1.25 \text{ (g)}} = 9.72 \%$$

$$\text{Promedio IAA} = \frac{IAA_{R1} + IAA_{R2} + IAA_{R3}}{3} \quad \text{Ecu.6-3.}$$

$$\text{Promedio IAA} = \frac{9.72 + 10.064 + 9.96}{3} = 9.91\%$$

$$\text{Indice de solubilidad en agua (ISA)} = \frac{\text{Peso solubles(g)} \times V \times 10}{\text{Peso muestra (g)}} \quad \text{Ecu.7-3}$$

$$\text{Indice de solubilidad en agua (ISA)} = \frac{0.206 \text{ (g)} \times 30 \text{ mL} \times 10}{1.25 \text{ (g)}} = 49.44\%$$

$$\text{Promedio ISA} = \frac{ISA_{R1} + ISA_{R2} + ISA_{R3}}{3} \quad \text{Ecu.8-3.}$$

$$\text{Promedio ISA} = \frac{49.44 + 56.16 + 51.6}{3} = 52.4\%$$

$$\text{Poder de hinchamiento (PH)} = \frac{\text{Peso solubles(g)}}{\text{Peso muestra (g)} - \text{Peso solubles (g)}} \quad \text{Ecu.9-3.}$$

$$\text{Poder de hinchamiento (PH)} = \frac{0.206 \text{ (g)}}{1.25 \text{ (g)} - 0.206 \text{ (g)}} = 0.1973\%$$

$$\text{Promedio de PH} = \frac{PH_{R1} + PH_{R2} + PH_{R3}}{3} \quad \text{Ecu.10-3.}$$

$$\text{Promedio de PH} = \frac{0.1973 + 0.2303 + 0.2077}{3} = 0.2117\%$$

### 3.2.2.5. Humedad

$$\%Humedad = \frac{P_{crisol+muestra} - P_{crisol+muestra105^{\circ}C}}{P_{crisol+muestra}} \times 100 \quad \text{Ecu.11-3.}$$

$$\%Humedad = \frac{28.581 - 27.820}{27.820} \times 100 = 2.66\%$$

$$\%Humedad \text{ promedio} = \frac{H_{R1} + H_{R2} + H_{R3}}{3} \quad \text{Ecu.12-3.}$$

$$\%Humedad \text{ promedio} = \frac{2.031 + 1.013 + 1.869}{3} = 1.637\%$$

### 3.2.2.6. Ceniza

$$\%Cenizas = \frac{\text{Peso de cenizas (g)}}{\text{Peso de muestra}} \times 100 \quad \text{Ecu.13-3.}$$

$$\%Cenizas = \frac{0.601(g)}{5(g)} \times 100 = 15.22\%$$

$$\% \text{ Cenizas promedio} = \frac{P_{C_{R1}} + P_{C_{R2}} + P_{C_{R3}}}{3} \quad \text{Ecu.14-3.}$$

$$\% \text{ Cenizas promedio} = \frac{11.38 + 8.1 + 14.56}{3} = 11.34\%$$

### 3.2.2.7. Amilopeptina

$$\% \text{ Amilopeptina} = 100 - \% \text{amilosa} \quad \text{Ecu.15-3.}$$

$$\% \text{ Amilopeptina} = 100 - 29.38 = 70.62\%$$

## 3.2.3. Caracterización del Biofilms

### 3.2.3.1. Espesor

$$\text{Espesor promedio} = \frac{0.1+0.1+0.1+0.1+0.1+0.1}{6} = 0.1mm \quad \text{Ecu.16-3.}$$

### 3.2.3.2. Humedad

- Muestra 1

$$\text{Humedad} = 14.187$$

- Muestra 2

$$\text{Humedad} = 14.061$$

- Muestra 3

$$\text{Humedad} = 14.022$$

- Valor promedio

$$\text{Humedad promedio} = \frac{H_1 + H_2 + H_3}{3} \quad \text{Ecu.17-3.}$$

$$\text{Humedad promedio} = \frac{14.187 + 14.061 + 14.022}{3} = 14.09 \%$$

### 3.2.3.3. Solubilidad

$$\text{Solubilidad} = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \times 100 \quad \text{Ecu.18-3.}$$

$$\text{Solubilidad} = \frac{0.267 - 0.127}{0.267} \times 100 = 52.43\%$$

$$\text{Solubilidad promedio} = \frac{S_A + S_B + S_C + S_D + S_E + S_F}{6} \quad \text{Ecu.19-3.}$$

$$\text{Solubilidad promedio} = \frac{52.43 + 43.87 + 41.66 + 45.89 + 42.43 + 44.11}{6}$$

$$\text{Solubilidad promedio} = 45.07 \%$$

#### 3.2.3.4. Grado de transmisión de vapor

$$WVP = \frac{(P_2 - P_1) \times e}{t \times p_v \times (\varphi_2 - \varphi_1)} \quad \text{Ecu.20-3.}$$

$$WVP = \frac{(34.0342g - 34.0118g) \times 0.1mm}{6h \times 0.0028 \times (75 - 0)}$$

$$WVP = 0.00177$$

$$\text{Permeabilidad promedio} = \frac{T_A + T_B + T_C + T_D + T_E + T_F}{6} \quad \text{Ecu.21-3.}$$

$$\text{Permeabilidad promedio} =$$

$$\frac{0.0017 + 0.0068 + 0.00159 + 0.001761 + 0.001976 + 0.001865}{6} = 0.00177 \frac{mm \ g}{hm^2}$$

#### 3.2.4. Rendimiento del proceso de extracción del almidón

El proceso de extracción del almidón de la cáscara de la zanahoria blanca (*Acarraia Xanthorriza*) se lo realizó a través de un diseño factorial  $2^k$  en donde las variables son la velocidad de trituración (6800 y 20000 rpm) y el tiempo (20 y 25 segundos) en donde el mejor tratamiento de la extracción de almidón fue el primero, el rendimiento fue de 11.14%. La selección de la materia prima se dio a partir de una investigación sobre los lugares en donde se produce la zanahoria blanca, consecutivo de un lavado de forma que se elimine los residuos como tierra, insectos u otros contaminantes y a partir de ahí comenzar con el proceso de obtención del almidón de la zanahoria blanca. Para la extracción del almidón se utilizó 200g de materia prima con 400 mL de agua con una velocidad de 20 segundos a 6800 rpm.

**Tabla 18-3:** Resultados del rendimiento del proceso de extracción del almidón

PRODUCTO	TRATAMIENTO	VARIABLES	REPETICIÓN	VOLUMEN AGUA (mL)	PESO (g)			RENDIMIENTO (%)		TIEMPO SECADO (H)	
					PRODUCTO	ALMIDÓN		R	PROMEDIO		
						R	PROMEDIO				TOTAL
Zanahoria blanca	T1	RPM 6800	R1	500	200	23,365	22,28725	89,149	11,683	11,144	24
			R2			22,317			11,159		
			R3			23,636			11,818		
			R4			19,831			9,916		
	T2	RPM 6800	R1			18,715	20,6725	82,69	9,358	10,336	24
			R2			17,288			8,644		
			R3			22,705			11,353		
			R4			23,982			11,991		
	T3	RPM 20000	R1			17,474	18,72825	74,913	8,737	9,364	24
			R2			17,983			8,992		
			R3			20,718			10,359		
			R4			18,738			9,369		
	T4	RPM 20000	R1			19,119	20,928	83,712	9,560	10,464	24
			R2			23,945			11,973		
			R3			20,521			10,261		
			R4			20,127			10,064		

Realizado por: (López L, 2022).

**Tabla 19-3:** Resultados de ANOVA en la extracción del almidón

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Fuentes de variabilidad	Suma Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	Fc	F alfa	Probabilidad
Tiempo	2,725801	1	2,725801	2,7608723	4,747225347	0,122476494
rpm	0,08614225	1	0,08614225	0,08725059	4,747225347	
Interacción	6,44859225	1	6,44859225	6,53156255	4,747225347	
Error	11,8475643	12	0,98729702			
Total	21,1080998	15				

Realizado por: (López L, 2022).

El porcentaje del almidón extraído de la zanahoria blanca, es de 11.144% que en comparación con el artículo “*Producción de láminas de plásticos biodegradables a partir del almidón de Arracacia xanthorrhiza*” en donde el mejor método de extracción es por vía húmeda en donde tiene un valor de 10.6% que es una cifra muy similar a los valores obtenidos en esta investigación, asimismo de las variables analizadas como es: el tiempo y las revoluciones por minuto en los cuatro tratamientos analizados, en el análisis de varianza se demuestra que no difieren los valores de rendimiento en el tiempo y tratamiento, por lo que cualquier alternativa de obtención del almidón con las variables antes mencionadas es correcta.

### 3.2.5. Caracterización del almidón de los residuos de la zanahoria blanca

La tabla 20-3, se presentan los datos obtenidos de los ensayos que se realizaron para la caracterización fisicoquímica y microbiológica del almidón de la zanahoria blanca, que fueron establecidos a partir de la extracción del mismo, los análisis se realizaron en el laboratorio por triplicado, de forma que se corroboré los resultados obtenidos.

La caracterización del almidón de la cáscara de zanahoria blanca se observa que los valores de los criterios establecidos por la FAO (La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Salud y Organización Mundial de la Salud, 2018, pp.2-25) en relación a humedad posee un porcentaje de 1.64 %, en comparación con otras investigaciones como de Brito-Moína et al. (2021, pp.216-232). El porcentaje de ceniza obtenido en esta investigación es de 0.12% valor similar al del artículo “*Producción de láminas de plástico biodegradables a partir del almidón de arracacia xanthorrhiza*” (Brito et al., 2020, p.15).

**Tabla 20-3:** Resultados de la caracterización del almidón

Parámetros	Unidades	Valor	Estándar	Norma
Humedad	%	1.64		FAO

Ceniza	%	0.1212	≤0,12	AOAC (Association of Official Analytical Chemists) 942.05
Solubilidad	%	9.91	0,27-12,52	INEN 1456
pH		6.64	6,00-7,00	INEN 1456
Viscosidad	SP	1416.66	840-1500 SP	ISI 17-1 del Internacional Starch Institute
Temperatura de gelatinización	°C	62	57,5-70	INEN 1456
Amilosa	%	29.38		CINIAP
Amilopectina	%	70.62		CINIAP
Hongos	UPC/g	Ausencia	1000-5000	FAO
Levaduras y mohos	UPC/g	20	1000-5000	FAO
Coliformes totales	UPC/g	Ausencia	Ausencia	FAO

**Realizado por:** (López L., 2022).

Al igual que el valor que se obtuvo en la tesis de Parra (2019, p.96) puesto que este porcentaje es de 0.1225%, de esta forma se puede deducir que el porcentaje de ceniza del almidón de *acarracia xanthorrhiza* se encuentra dentro del rango aceptado por la norma.

En cuanto a la solubilidad se tiene un porcentaje de 9.91% del almidón de la zanahoria blanca, es decir se encuentra en los valores establecidos dentro de la norma, en comparación con estudios como el de Parra (2019, p.96), que en el mismo establece que el almidón se encuentra en el rango establecido por la norma INEN 1456. Otros parámetros del almidón de *acarracia xanthorrhiza* que se analizaron fueron pH con un valor de 6.64 que se encuentra dentro de los valores estándar de la norma asimismo es más alto que en comparación con los valores obtenidos en otros estudios como Brito et al. (2020, p.15) y Parra (2019, p.96), donde el pH es de 6.07 en ambos casos.

Los ensayos de viscosidad y temperatura de gelatinización se obtuvieron bajo la norma INEN 1456 en donde se obtuvo valores de 1416.66 SP y 62°C, que comparando con otros estudios estos valores son muy similares a otras investigaciones en donde se tiene datos de 1417.77 SP como dice Brito et al. (2020, p.15), y con una temperatura de gelatinización de 61.125°C que no difiere de los valores obtenidos en la presente investigación, de igual forma los valores se encuentran dentro de los rangos establecidos en la norma.

Los ensayos de amilosa se realizó en el laboratorio de Servicio de Análisis de Investigación de Alimentos, Departamento de Nutrición y Calidad en la Estación Experimental de Santa Catalina (INIAP), puesto que este tipo de análisis no se puede realizar en la ESPOCH, el porcentaje de amilopectina se calculó a través de la diferencia al 100% , estos ensayos se realizaron a través de la metodología de Morrison y Laignelet 1983 (MO-LSAIA-04) que se describe en el informe del análisis del laboratorio del INIAP. El porcentaje obtenido de amilosa fue de 29.83% que tiene una alta variación en relación a otros estudios donde el valor obtenido es de 10.94% (Brito et al., 2020, p.15) el porcentaje de amilosa nos indica el comportamiento que tendrá el almidón debido a que es una molécula lineal y pequeña la vuelve más soluble en agua, además de otorgarle la capacidad

de cristalizar, esta variación se da debido a la maduración de la materia prima y la condición en la esta se encuentre.

Finalmente, para el análisis microbiológico del almidón de la zanahoria blanca se realizó en el laboratorio SAQMIC en donde se obtuvo que los parámetros de hongos se encuentran dentro de los valores estándar, igual que levaduras con 20 UFC/g, y ausencia de coliformes estos últimos tres análisis se los llevó a cabo en el laboratorio SAQMIC a cargo de la Ing, Gina Álvarez a través de la técnica de ICONTEC,1998.

### 3.2.6. Caracterización del Biofilm

**Tabla 21-3:** Resultados de la caracterización de los biofilms

PRODUCTO	TRATAMIENTO	HUMEDAD (%)	SOLUBILIDAD (%)	PERMEABILIDAD VAPOR AGUA
Zanahoria Blanca	TP1	14,187	52,42	0,0017553
	TP2	16,604	43,87	0,0016613
	TP3	15,004	41,66	0,0015983
	TP4	14,257	45,89	0,001767
	TP5	15,876	42,44	0,0019643
	TP6	14,851	44,12	0,0018675

Realizado por: (López L, 2022).

El espesor de los biofilms de los de residuos de la zanahoria blanca se obtuvo a través de la medición de los 6 tratamientos con un pie de rey en donde se promedió el espesor de las repeticiones de cada tratamiento, cumpliendo de esta manera con la norma INEN 2635: Método de ensayo para las propiedades de tracción de láminas plásticas delgadas, que menciona que las películas deben ser menor de 1 mm de espesor, si se compara con otras investigaciones (Brito et al., 2020, p.15) se tiene que el espesor del bioplásticos es de 0,20 mm que se encuentra dentro de la norma corroborando de esta manera que los valores son similares.

La humedad del bioplástico obtenida en los seis tratamientos se calculó a través de la ecuación de porcentaje de humedad, se demuestra que los valores obtenidos son muy similares en cada repetición, demostrando que no existe diferencia significativa en esta variable. Estos valores de humedad se deben a la calidad del material y a las propiedades del almidón extraído de los residuos de la cascara de zanahoria blanca.

La solubilidad de los bioplásticos posee valores similares entre los diferentes tratamientos obteniendo como promedio de los mismos de 45.06%, los valores menores al 70% en solubilidad de las láminas de plástico es usado como embalaje de alimentos, y los valores mayores a esto se usa en el área médica. Asimismo, si se compara con otros estudios acerca de la solubilidad de las

películas biodegradables de zanahoria blanca como menciona Brito et al. (2020, p.15) se tiene un valor de 65.96% que no varía mucho con los valores obtenidos en la presente investigación.

El grado de transmisibilidad se obtiene según la norma ASTM E96, comparando los estudios como de Charro (2015, p.44) los valores son mayores en comparación con los obtenidos. La permeabilidad aumenta en relación a la cantidad de los plastificantes, debido a que estos al ser usados en las biopelículas de almidón de la cáscara de zanahoria tienen un carácter hidrófilo otorgándole características de maleabilidad.

### 3.2.6.1. Pruebas mecánicas

#### ❖ Esfuerzo máximo

**Tabla 22-3:** Resultados de ANOVA de esfuerzo máximo

ESFUERZO MÁXIMO						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	1,36279302	5	0,2725586	4,03910929	0,01238296	2,77285315
Dentro de los grupos	1,21463781	18	0,06747988			
Total	2,57743083	23				

Realizado por: (López L, 2022).

A través del análisis de varianza de un diseño completamente aleatorio debido a que la carga máxima de las láminas de plástico al realizar una comparativa de las 6 unidades experimentales con sus respectivas repeticiones no existe variación entre ellas por lo que se deduce que esta es igual en todos los tratamientos. El desplazamiento máximo, deformación, rotura de carga de igual forma no representa variación entre las muestras esto debido a que la estadística F de Fisher se relaciona entre dos valores para aceptar la variabilidad de las muestras, al ser esta menor que el valor crítico se acepta que dentro de la investigación en promedio las diferentes variables no difieren de un tratamiento a otro.

**Tabla 23-3:** Promedio de las pruebas mecánicas de los tratamientos

Tratamiento	Carga máxima (N)	Desplazamiento máximo (mm)	Esfuerzo máximo	Deformación (%)	Rotura de carga (N)
A	1.221250	6.373458	0.761083	16.617608	0.501250
B	1.271250	7.357825	0.778283	19.085000	0.523750
C	0.713750	3.502583	0.427978	9.160405	0.143125
D	1.457500	4.593250	0.904465	11.848815	0.1414375

E	0.581875	4.238168	0.366235	9.031465	-0.208750
F	0.807500	7.026293	0.481045	18.557500	0.130625

Realizado por: (López L, 2022).

En relación a las variables obtenidas el mejor tratamiento es el D debido a que las variables de carga máxima, desplazamiento máximo, deformación, rotura de carga son muy similares y no difieren en los valores de todas las repeticiones de las unidades experimentales, el esfuerzo máximo define que al tratamiento con las mejores características que es el de 2mL de óxido de grafeno con 2g de almidón y 0.5mL de plastificante. En otros estudios como el del Brito et al. (2020, p.15) el mejor tratamiento se obtuvo de la mezcla de 20% de almidón y 16 % de glicerina.

### 3.2.6.2. Biodegradabilidad

**Tabla 24-3:** Porcentaje de biodegradabilidad

PRODUCTO	TRATAMIENTO	BIODEGRADABILIDAD (%)		
		Agua	Suelo	Ambiente
Zanahoria Blanca	TP1	49,875	36,500	14,975
	TP2	46,450	32,725	14,300
	TP3	49,425	31,900	15,000
	TP4	47,825	32,375	11,725
	TP5	49,425	31,900	16,100
	TP6	48,725	32,350	13,050

Realizado por: (López L, 2022).

Para la obtención del porcentaje de biodegradabilidad se realizó mediante la norma técnica ecuatoriana INEN 2643:2012 por lo cual se tomó a consideración 15-30 días que es el tiempo que se requiere para que se degraden los plásticos compostable. Debido a que en otros estudios como Brito-Moína et al. (2021, pp.216-232) en donde los valores establecidos de biodegradabilidad se encuentran en un 27% a los 30 días, en polímeros a base de yuca, por otra parte en el artículo de producción de láminas de plástico a partir del almidón de *arracacia xanthorrhiza* de Brito et al. (2020, p.15), se determina que el bioplástico se degrada en un lapso de 30 días cumpliendo con la norma.

Los resultados obtenidos de biodegradabilidad el porcentaje de biodegradabilidad en agua se encuentra entre en el rango de 46 - 49% a causa de que en los bioplásticos se utilizan como plastificante glicerina que posee propiedades hidrófobas lo que permite que la biodegradación sea más rápida, en tierra la biodegradación se encuentra entre 31 - 36% valores que dependen de variables del suelo como es humedad, sales minerales entre otros, mientras que en ambiente los valores son más bajos con 11 a 15%.

## CONCLUSIONES

- El almidón de la cascará de zanahoria blanca, posee características como el porcentaje de rendimiento que es de 11.14% de almidón extraído, valor que se obtuvo a través de un análisis ANOVA 2<sup>k</sup>, en donde se demuestra que no existe diferencia significativa de un tratamiento a otro al tener rendimiento del almidón.
- El porcentaje de almidón obtenido es significativo, esto se debe a la calidad de la materia prima, como el tiempo de maduración que esta tiene.
- El almidón extraído de la zanahoria blanca se encuentra en cumplimiento de las características establecidas en la norma INEN 1456 (Reactivos para análisis. Almidón soluble. Métodos de ensayo), obteniendo los resultados de pH de 6.64, el valor de viscosidad de 1416.66 SP, 0.1212% para el valor de ceniza, una temperatura de gelatinización de 62°C y una solubilidad de 9.91%
- El porcentaje de amilosa obtenido fue de 29.8% mismo que le otorga características como mayor capacidad de gelatinización y cristalización.
- El porcentaje óptimo de óxido de grafeno se obtuvo a través de repeticiones, además la composición del mejor bioplástico se obtuvo con la determinación de las características físicas del plástico, como son facilidad de moldeo, secado y más, determinando de esta manera que la cantidad óptima de óxido de grafeno para la elaboración del bioplástico es a partir de 2 ml es decir 4.70%
- La valorización del plástico en base a las normas INEN 2635 (Método de Ensayo para las propiedades de Tracción de Láminas Plásticas Delgadas) se demostró a través de las mismas que el biofilms con mejores propiedades de tracción fue el tratamiento D, el cual tiene en sus características una deformación de 0.90 MPa y 0.41N de rotura de carga.

## **RECOMENDACIONES**

- Utilizar los residuos obtenidos del proceso de extracción del almidón como el sobrenadante que se obtiene de la sedimentación y el gabazo de que puede ser usado en otro tipo de procesos como es el compostaje
- Al extraer el almidón hay que considerar la temperatura del mismo puesto que en relación a esto se obtiene una materia prima más manejable al momento de triturar la misma.
- Para evitar que en las películas de plásticos queden partículas que difieran en el tamaño, homogenizar la materia prima a través del tamizado de la misma.
- Buscar alternativas que mejoren la calidad de los bioplásticos a través de nuevas combinaciones con compuestos químicos, aumentando la calidad de las características de las biopelículas.

## **BIBLIOGRAFÍA**

**BALLESTEROS, L.** *Los bioplásticos como alternativa verde y sostenible de los plásticos basados en petróleo.* [en línea], 2014, pp. 22. Disponible en: [http://bibliotecadigital.usb.edu.co/bitstream/10819/2247/1/Los Bioplásticos\\_Laura Ballestero\\_USBCTG\\_2014.pdf](http://bibliotecadigital.usb.edu.co/bitstream/10819/2247/1/Los_Bioplásticos_Laura_Ballestero_USBCTG_2014.pdf).

**BENALCÁZAR Ruíz, M.** *DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LA ZANAHORIA BLANCA (Arracacia xanthorrhiza Bancroft) PROVENIENTE DE LA ZONA DE SAN JOSE DE MINAS PROVINCIA DE PICHINCHA.* [en línea], 2007, pp. 2. Disponible en: [http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/419/1/03 AGI 190 PORTADAS.pdf](http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/419/1/03_AGI_190_PORTADAS.pdf).

**BRAVO, M.** *OBTENCIÓN DE PLÁSTICOS BIODEGRADABLES A PARTIR DE ALMIDÓN DE CASCARAS DE PAPA PARA SU APLICACIÓN INDUSTRIAL* [en línea], 2019, pp. 88. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/11069>.

**BRITO-MOÍNA, et al.** *Síntesis de un polímero biodegradable a base de la yuca (manihot esculenta crantz) Síntesis de un polímero biodegradable a base de la yuca (Manihot Esculenta Crantz)* [en línea], vol. 7, 2021, no. 1, pp. 216-232. Disponible en: <http://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/indexCienciasNaturalesArticuloderevisión>.

**BRITO, H. et al.** *Dominio de las Ciencias* [en línea], 2020, pp. 15. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/343005745%0AProducción>.

**CEFIC.** *Plastificantes* [en línea], 2017, pp. 2. Disponible en: [www.europeanplasticisers.eu](http://www.europeanplasticisers.eu).

**CHARRO, M.** *Obtención de plástico biodegradable a partir del almidón de patata* [en línea], 2015, pp. 109. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/3788/1/T-UCE-0017-97.pdf>.

**CHARRO, M.** 2015. *OBTENCIÓN DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE A PARTIR DE ALMIDÓN DE PATATA.* S.l.:

**CHIMBO, M.** 2021. *PRODUCCIÓN DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE PARA EL USO EN ALIMENTOS A PARTIR DEL ALMIDÓN DE RESIDUOS DE YUCA (Manihot esculenta)* [en

línea]. S.l.: Disponible en:  
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/11069/1/96T00540.pdf>.

**CONTRERAS, R., et al.** *European Scientific Journal* [en línea], vol. 14, 2018, no. 30, pp. 82-97. Disponible en: [url:http://dx.doi.org/10.19044/esj.2018.v14n30p82](http://dx.doi.org/10.19044/esj.2018.v14n30p82).

**CUZCO, M. y GUAMBAÑA, S.** “*Obtención de harina a partir de zanahoria blanca (Arracacia xanthorrhiza) en condiciones óptimas de temperatura, tiempo y espesor de la rodaja y su aplicación en dietas alimenticias.*” 2019.

**DAGNINO, J.** *Revista Chilena de Anestesia* [en línea], 2014, pp. 5. Disponible en: <https://revistachilenadeanestesia.cl/analisis-de-varianza/>.

**DE LOS ANGELES, A.** *Obtención de biopolímero plástico a partir del almidón de malanga (Colocasia esculenta), por el método de polimerización por condensación* [en línea]. S.l.: UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA. 2016. Disponible en: <https://repositorio.unan.edu.ni/2687/1/28212.pdf>.

**DEMERA, L. y MEZA, K.** “*Obtención de biopolímero evaluando el almidón de dos variedades de malanga, blanca (Colocasia esculenta (L.) Schoot) y morada (Xanthosoma sagittifolium (L.) Schoot & Endl), dos espesantes y relación agua-almidón para la producción de empaques biodegradables* [en línea], 2021, pp. 1-83. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/24113>.

**ERAS, R., et al.** *South Florida Journal of Development* [en línea], vol. 2, 2021, no. 3, pp. 4105-4122. Disponible en: <https://southfloridapublishing.com/ojs/index.php/jdev/article/view/552#:~:text=Entre los principales resultados se,petrolero cayendo en -6.6%25 en.>

**GARCÍA, E. y FERNÁNDEZ, I.** *Determinación de la humedad de un alimento por un método gravimétrico indirecto por desecación* [en línea], 2015, pp. 5. Disponible en: [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/16339/Determinación de humedad.pdf](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/16339/Determinación%20de%20humedad.pdf).

**GARZA, E.** 2014. *Propiedades mecánicas de nanopartículas termofijas* [en línea]. S.l.: Universidad Autónoma de Nuevo León. Disponible en: <http://eprints.uanl.mx/4186/>.

**GEYER, R., et al.** *ScienceAdvances* [en línea], 2017, no. July, pp. 3-8. Disponible en: <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.1700782>.

**GONZALES, M.** *Síntesis los copolímeros en bloque PMMA-b-PDMS y PDMS-b-PMMA* [en línea], 2020, pp. 1-166. Disponible en: [https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/91/1/Tesis MTP Marisol Gonzalez Pluma.pdf](https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/91/1/Tesis_MTP_Marisol_Gonzalez_Pluma.pdf).

**GONZÁLEZ, et al.** *SÍNTESIS Y BIODEGRADACIÓN DE POLIHIDROXIALCANOATOS: PLÁSTICOS DE ORIGEN MICROBIANO*, 2012, pp. 77-115.

**GORDILLO, F.et al.** *Revista Científica Ecociencia* [en línea], vol. 4, 2017, no. 3, pp. 75-90. Disponible en: <http://ecociencia.ecotec.edu.ec/upload/php/files/junio17/04.pdf>.

**GRANADOS, C., et al.**, 2014. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. S.l.: Julio-Diciembre.

**HERMIDA, E.** *Polímeros* [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: <https://www.virtualpro.co/biblioteca/polimeros>.

**HERRYMAN, M. y BLANCO, G.** *Ácido láctico y poliláctico: Situación actual y tendencias* [en línea], 2005, pp. 48-59. ISSN 0138-6204. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223120659007>.

**HOLGUIN, S.** *Obtención de un bioplástico de almidón de papa* [en línea]. S.l.: Fundación Universidad de América. 2019. Disponible en: <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7388/1/6132181-2019-1-IQ.pdf>.

**HURTADO, J.** *Estudio del almidón modificado de Banano (M. sapientum L.) variedad cavendish obtenido por acetilacion* [en línea]. S.l.: Universidad Técnica de Machala. 2019. Disponible en: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/14181>.

**LABEAGA, A.** *Polímeros biodegradables. Importancia y potenciales aplicaciones* [en línea], 2018, pp. 1-50. Disponible en: [http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:master-Ciencias-CyTQ-Alabeaga/Labeaga\\_Viteri\\_Aitziber\\_TFM.pdf](http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:master-Ciencias-CyTQ-Alabeaga/Labeaga_Viteri_Aitziber_TFM.pdf).

**LAFUENTE Aranda, G.** *Universidad Nacional De Educación a Distancia Má* [en línea], 2017, pp. 1-56. Disponible en: [http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:master-Ciencias-CyTQ-Glafuente/Lafuente\\_Aranda\\_Gustavo\\_TFM.pdf](http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:master-Ciencias-CyTQ-Glafuente/Lafuente_Aranda_Gustavo_TFM.pdf).

**LÓPEZ, J.F., et al.** *Polo del Conocimiento* [en línea], vol. 5, 2020, no. 12, pp. 725-742. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8042547>.

**MAZÓN, N., et al.** *La Zanahoria Blanca o Arracacha en Ecuador* [en línea]. 1996. S.l.: s.n. Disponible en: <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2696>.

**MENESES, J. et al.** *Revista EIA* [en línea], vol. 8, 2007, pp. 57-67. ISSN 1794-1237. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1794-12372007000200006](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372007000200006).

**MINISTERIO DEL AMBIENTE Y AGUA DEL ECUADOR.** *Manual de aprovechamiento de residuos orgánicos municipales* [en línea]. 2020.: Disponible en: [www.ambiente.gob.ec](http://www.ambiente.gob.ec).

**MONDRAGÓN, J.** *Polimerización*, 2001, pp. 25.

**MONTALDO, A.** *Cultivo De Raíces Y Tuberculos Tropicales* [en línea]. 1991. Costa Rica: s.n. Disponible en: <http://repiica.iica.int/docs/B4130e/B4130e.pdf>.

**NAVIA, D.** *DESARROLLO DE UN MATERIAL PARA EMPAQUES DE ALIMENTOS A PARTIR DE HARINA DE YUCA Y FIBRA DE FIQUE* [en línea]. 2011. Disponible en: [https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/8845/TESIS MAESTRÍA Diana Navia.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/8845/TESIS%20MAESTRÍA%20Diana%20Navia.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

**NUDELMAN, N.S.** *RESIDUOS PLASTICOS EN ARGENTINA. SU IMPACTO AMBIENTAL Y EN EL DESAFIO DE LA ECONOMIA CIRCULAR* [en línea]. Buenos Aires: s.n. ISBN 9789874111159. Disponible en: <https://cairplas.org.ar/2016/wp-content/uploads/2020/12/Residuos-plasticos-final-1.pdf>.

**ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y SALUD y ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD.** *CÓDIGO DE PRÁCTICAS DE HIGIENE PARA ALIMENTOS CON BAJO CONTENIDO DE HUMEDAD*, 2018, pp. 2-25.

**ORTEGA, I.** *Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid Universidad. Universidad Politécnica de Madrid*, 2018, pp. 69.

**PARRA, J.** «*OBTENCIÓN DE BIOFILM A PARTIR DEL ALMIDÓN DE ZANAHORIA BLANCA (Arracacia xanthorrhiza) Y DE CAMOTE (Ipomoea batatas) COMO ALTERNATIVA AL USO DE MATERIAL PLÁSTICO DERIVADO DE PETRÓLEO*» [en línea], 2019, pp. 96. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/13808>.

**QUILAPANTA, E.** *ANÁLISIS MORFOMÉTRICO DE CULTIVARES DE ZANAHORIA BLANCA (Arracacia xanthorrhiza Bancroft) DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA* Proyecto de Investigación [en línea]. 2016. Disponible en: [http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24355/1/Tesis-140 Ingeniería Agronómica -CD 440.pdf](http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24355/1/Tesis-140%20Ingeniería%20Agronómica%20-CD%20440.pdf).

**RIERA, M. y PALMA, R.** *Obtención de bioplásticos a partir de desechos agrícolas. Una revisión de las potencialidades en Ecuador* [en línea], 2018, pp. 13. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/933/93368279005/html/>.

**RONDÓN, E., et al.** *Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios* [en línea], 2016, pp. 15. ISSN 2518-3923. Disponible en: <https://www.cepal.org/es/publicaciones/40407-guia-general-la-gestion-residuos-solidos-domiciliarios>.

**RUILOBA, I., et al.** *Elaboración de bioplástico a partir de almidón de semillas de mango Bioplastic production from mango seed starch* [en línea], vol. 4, 2018, pp. 28-32. Disponible en: <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/ric/article/view/1815>.

**RUÍZ, L.** *La gestión de desechos sólidos como herramienta de mitigación climática, el caso de Latacunga, Ecuador* [en línea], 2020, pp. 7. Disponible en: [https://www.flacso.edu.ec/cambioclimatico/wp-content/uploads/2021/04/PICC\\_Latacunga\\_web.pdf](https://www.flacso.edu.ec/cambioclimatico/wp-content/uploads/2021/04/PICC_Latacunga_web.pdf).

**SILVA, N.** *Los polimeros* [en línea], 2017, pp. 3. Disponible en: [https://www.agrariahurlingham.com.ar/alumnos/contingencia/5\\_quimicadelcarbono\\_actividad10.pdf](https://www.agrariahurlingham.com.ar/alumnos/contingencia/5_quimicadelcarbono_actividad10.pdf).

**SOLARTE, J., et al.** *Informacion Tecnologica* [en línea], vol. 30, 2019, no. 6, pp. 35-44. ISSN 07180764. Disponible en: [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-07642019000600035&lang=pt](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642019000600035&lang=pt).

**VALERO, M., et al.** *BIOPOLÍMEROS: AVANCES Y PERSPECTIVAS* [en línea], vol. 80, 2013, pp. 171-180. ISSN 0012-7353. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0012-73532013000500019](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532013000500019).

**VAZQUEZ, A., et al.** *Bioplásticos y plásticos degradables* [en línea], 2016, pp. 12. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/303045045>.

**VELE, L.** *Determinación del comportamiento térmico de la zanahoria blanca (Arracacia xanthorrhiza) y su almidón aplicando Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC)* [en línea]. S.l.: Universidad del Azuay. 2019. Disponible en: <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/9496/1/15131.pdf>.

**VERGALITO, A., et al.** *OBTENCIÓN DE GRAFENO MEDIANTE REDUCCIÓN QUÍMICA Y TÉRMICA DE ÓXIDO DE GRAFITO* [en línea], 2019, pp. 11. Disponible en: [https://ria.utn.edu.ar/bitstream/handle/20.500.12272/4214/Obtención de grafeno mediante reducción química y térmica de óxido de grafito.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://ria.utn.edu.ar/bitstream/handle/20.500.12272/4214/Obtención%20de%20grafeno%20mediante%20reducción%20química%20y%20térmica%20de%20óxido%20de%20grafito.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

## ANEXOS

### ANEXO A. EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN DE LA CÁSCARA DE ZANAHORIA BLANCA

<p>a)</p> 	<p>b)</p> 	<p>c)</p> 			
<p><b>NOTAS:</b></p>	<p><b>CATEGORIA DEL DIAGRAMA:</b></p>	<p><b>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO</b></p>	<p><b>EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN</b></p>		
<p>a) Peso de los residuos b) Trituración de los residuos c) Sedimentación del almidón, en los respectivos tratamientos</p>	<p><input type="checkbox"/> Aprobado    <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado    <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar</p>	<p><b>FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS INGENIERÍA AMBIENTAL</b></p>	<p><b>LÁM:</b></p>	<p><b>ESC:</b></p>	<p><b>FECHA:</b></p>
		<p>ELABORADO POR: Luisa López</p>	<p>1</p>	<p>1:10</p>	<p>2022-03-08</p>

**ANEXO B. CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN (CENIZA, TEMPERATURA DE GELATINIZACIÓN, VISCOSIDAD)**

a)



b)



c)



<b>NOTAS:</b>		<b>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>ESCUELA DE CIENCIAS</b> <b>QUÍMICAS</b> <b>INGENIERÍA AMBIENTAL</b>  ELABORADO POR: Luisa López	CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN DE ZANAHORIA BLANCA.		
a) Crisoles para medición de humedad b) Temperatura de gelatinización c) Medición de la viscosidad con el viscosímetro de Brookfield			<b>CATEGORIA DEL DIAGRAMA:</b> <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar	<b>LÁM:</b>	<b>ESC:</b>
			1	1:10	2022-03-08

**ANEXO C. CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN (SOLUBILIDAD, PH)**

a)



b)



c)



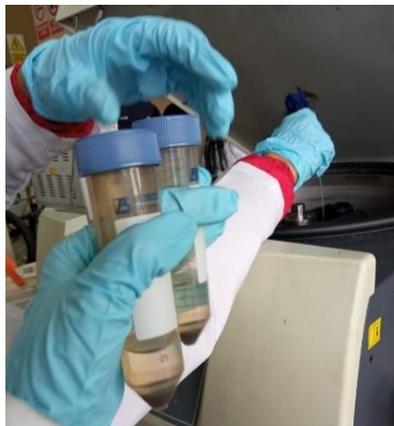
<b>NOTAS:</b>	<b>CATEGORIA DEL DIAGRAMA:</b>  <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS INGENIERÍA AMBIENTAL</b>	CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN DE ZANAHORIA BLANCA		
a) Preparación de gel para solubilidad		<b>ELABORADO POR:</b> Luisa López	<b>LÁM:</b>	<b>ESC:</b>	<b>FECHA:</b>
b) Cristales formados del sobrenadante		1	1:10	2022-03-08	
c) Medición del pH					

## ANEXO D. OBTENCIÓN DEL ÓXIDO DE GRAFENO

a)



b)



c)



<b>NOTAS:</b>		<b>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>ESCUELA DE CIENCIAS</b> <b>QUÍMICAS</b> <b>INGENIERÍA AMBIENTAL</b>  ELABORADO POR: Luisa López	OBTENCIÓN DEL ÓXIDO DE GRAFENO		
a) Proceso de obtención de óxido de grafeno b) Proceso de lavado del grafeno c) Obtención de grafeno.			<b>CATEGORIA DEL DIAGRAMA:</b> <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar	<b>LÁM:</b>	<b>ESC:</b>
			1	1:10	2022-03-08

**ANEXO E. OBTENCIÓN DE BIOPELÍCULAS**

a)



b)



c)



<p><b>NOTAS:</b></p>	<p><b>CATEGORIA DEL DIAGRAMA:</b></p> <p><input type="checkbox"/> Aprobado    <input type="checkbox"/> Preliminar</p> <p><input type="checkbox"/> Certificado    <input type="checkbox"/> Por aprobar</p> <p><input type="checkbox"/> Por calificar</p>	<p><b>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO</b></p> <p><b>FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS INGENIERÍA AMBIENTAL</b></p> <p>ELABORADO POR: Luisa López</p>	<p>OBTENCIÓN DEL BIOPLÁSTICO</p>		
<p>a) Pesaje del almidón</p> <p>b) Mezcla de los aditivos para la obtención de almidón</p> <p>c) Obtención del bioplástico</p>			<p><b>LÁM:</b></p> <p>1</p>	<p><b>ESC:</b></p> <p>1:10</p>	<p><b>FECHA:</b></p> <p>2022-03-08</p>

**ANEXO F. CARACTERIZACIÓN EL BIOPLÁSTICO**

a)



b)



c)



<b>NOTAS:</b>		<b>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>ESCUELA DE CIENCIAS</b> <b>QUÍMICAS</b> <b>INGENIERÍA AMBIENTAL</b>  ELABORADO POR: Luisa López	<b>CARACTERIZACIÓN DEL BIOPLÁSTICO</b>		
a) Medición de humedad de los bioplásticos b) Medición de permeabilidad c) Medición de largo, ancho y espesor con el pie de rey			<b>CATEGORIA DEL DIAGRAMA:</b> <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar	<b>LÁM:</b>	<b>ESC:</b>
			1	1:10	2022-03-08

# ANEXO G. ANÁLISIS DE AMILOSA

MC-LSAJA-2201-06

	<p><b>INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS</b>  <b>ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA</b>  <b>DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y CALIDAD</b>  <b>LABORATORIO DE SERVICIO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN EN ALIMENTOS</b>                  Panamericana Sur Km. 1. Cutuglagua Tlfs. 2690691-3007134. Fax 3007134                  Casilla postal 17-01-340</p>	
---	--	---

**INFORME DE ENSAYO No: 21-0218**

<b>**NOMBRE PETICIONARIO:</b>	Luisa Lisseth López Pacheco	<b>**INSTITUCIÓN:</b>	Particular
<b>**DIRECCIÓN:</b>	Riobamba	<b>**ATENCIÓN:</b>	Luisa Lisseth López Pacheco
<b>FECHA DE EMISIÓN:</b>	23/12/2021	<b>FECHA DE RECEPCIÓN.:</b>	09/05/2021
<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b>	Del 9 al 23 de diciembre del 2021	<b>HORA DE RECEPCIÓN:</b>	14h30
		<b>ANÁLISIS SOLICITADO:</b>	Amilosa

ANÁLISIS	HUMEDAD	AMILOSA <sup>Ω</sup>	**IDENTIFICACIÓN
METODO	MO-LSAJA-01.01	MO-LSAJA-04	
METODO REF.	U. FLORIDA 1970	Morrison y Laignelet 1983	
UNIDAD	%	%	
21-1338	7,72	29,38	Almidón de Zanahoria Blanca

Los ensayos marcados con Ω se reportan en base seca.

OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente

**RESPONSABLES DEL INFORME**



Formado electrónicamente por:  
**IVAN RODRIGO  
 SAMANIEGO  
 MATEGA**

Dr. MSc. Iván Samaniego  
**RESPONSABLE TÉCNICO**



Formado electrónicamente por:  
**BLADIMIR  
 EFRAIN ORTIZ  
 RAMOS**

Ing. Bladimir Ortiz  
**RESPONSABLE CALIDAD**

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.

Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo

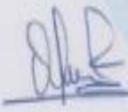
NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información. La información entregada por el cliente y generada durante las actividades de laboratorio es de carácter confidencial, esta dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo puede ser usada por este. Los datos marcados con \* son suministrados por el cliente. El laboratorio no se responsabiliza por esta información.

ANEXO H. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL ALMIDÓN



**EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE ALIMENTOS** LABORATORIO DE SERVICIOS ANALÍTICOS QUÍMICOS Y MICROBIOS EN AGUA Y ALIMENTOS

CÓDIGO 036L-22

CLIENTE: Luisa López		
DIRECCIÓN: Riobamba		TELÉFONO:
TIPO DE MUESTRA: Almidón de zanahoria blanca		
FECHA DE RECEPCIÓN: 18 de enero del 2022		
FECHA DE MUESTREO: 18 de enero del 2022		
<b>EXAMEN FÍSICO</b>		
COLOR: Característico		
OLOR: Característico		
ASPECTO: Normal, libre de material extraño		
PARÁMETROS	MÉTODO	RESULTADO
Mohos y levaduras UFC/ g	Siembra en masa	20
Coliformes totales UFC/ g	Siembra en masa	Ausencia
FECHA DE ANÁLISIS: 18 de enero del 2022		
FECHA DE ENTREGA: 17 de febrero del 2022		
RESPONSABLE:		
		
Dra. Gina Álvarez R.		
El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.		
LABORATORIO DE SERVICIOS ANALÍTICOS QUÍMICOS Y MICROBIOS EN AGUA Y ALIMENTOS		



esPOCH

Dirección de Bibliotecas y  
Recursos del Aprendizaje

*UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y  
DOCUMENTAL*

*REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA*

Fecha de entrega: 09 / 06 / 2022

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> Luisa Lisseth López Pacheco
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> Ciencias
<b>Carrera:</b> Ingeniería Ambiental
<b>Título a optar:</b> Ingeniera Ambiental
<b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b> Ing. Leonardo Medina Ñuste MSc.



1131-DBRA-UTP-2022



Digitado electrónicamente por:  
LEONARDO  
FABIO MEDINA  
NUSTE