



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA**

**Incidencia de la Adición del Óxido de Grafeno en la Obtención del  
Plástico Biodegradable de la Achira (*Canna Edulis*) con sus  
Propiedades Mecánicas.**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA QUÍMICA**

**AUTORA:** KATHERINE VALERIA RUIZ BERMELLO

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

Riobamba-Ecuador

2022

© 2022, Katherine Valeria Ruiz Bermello

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, KATHERINE VALERIA RUIZ BERMELLO, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular 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 legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.


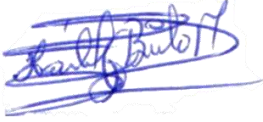

Riobamba, 2 de noviembre de 2022



**Katherine Valeria Ruiz Bermello**  
**C.I. 2450036641**

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

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto de Investigación, **Incidencia de la Adición del Óxido de Grafeno en la Obtención del Plástico Biodegradable de la Achira (*Canna Edulis*) con sus Propiedades Mecánicas**, realizado por la señorita: **KATHERINE VALERIA RUIZ BERMELLO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Gabriela Viviana Tubón Usca, PhD. <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2022-11-02
Ing. Hannibal Lorenzo Brito Moína, PhD. <b>DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2022-11-02
B.Q.F. Adriana Isabel Rodríguez Basantes, Mgs. <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>		2022-11-02

## **DEDICATORIA**

El presente Trabajo de Integración Curricular, en primera instancia va dedicado a Dios, pues fue mi guía, mi ayuda y sustento en todo el trayecto de mi vida universitaria; a mi papá José Arturo Ruiz Álava, es y será mi principal motivación, al apoyarme moral y económicamente, al inculcarme que con perseverancia y visión todo lo que uno tenga en mente se cumple; a mi mamá, Aleida Bermello Véliz, al enseñarme que cuando se tiene fe y se deja los más grandes sueños, Dios en su debido momento los cumple; a mi abuela, Emérita Margarita, quien cuando estuvo con vida, me cuidó como una hija y supo darme lecciones y consejos de vida y ser de ejemplo de superación para mi hermano, Israel Ruiz, al demostrar que los sueños se cumplen con esfuerzo y perseverancia.

*Valeria*

## **AGRADECIMIENTO**

Con toda gratitud y gozo, agradezco a Dios por haberme llevado tan lejos y ser mi guía en este largo camino. A mis papás y mi hermano, por haberme apoyado siempre, en el aspecto económico y moral, por sus ejemplos y enseñanzas, la perseverancia y la fe que una persona debe tener para lograr sus más grandes sueños. A mis primas, Ariana Ruiz y Fátima González, a quienes considero como hermanas, gracias a un ángel, que cuando estuvo con vida, nos dejó unidas. A mis amigas y compañeras, tanto del Coca como las maravillosas personas que Dios y la vida me permitió conocer en la ciudad de Riobamba, de las cuales me llevo impregnado gratos recuerdos.

A quien fue mi director de tesis, Ing. Hannibal Brito y a mi asesora, B.F.Q. Adriana Rodríguez, por dedicarme parte de su tiempo en las diversas asesorías y guías, brindándome las pautas para que este trabajo de investigación se lleve a cabo de la mejor manera. De igual forma, a los técnicos de laboratorio, quienes fueron de gran ayuda, con sus conocimientos y experiencias en gran parte del desarrollo del trabajo investigativo. Al Grupo de Investigación Ambiental y Desarrollo de la Espoch (GIADDE), por la oportunidad de pertenecer al mismo y desarrollar de la mejor manera mi Trabajo de Integración Curricular. Por último, agradezco a la Escuela de Ingeniería Química, perteneciente a la Facultad de Ciencias, formando la misma parte de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por haberme brindado hace cinco años la oportunidad de formarme profesionalmente dentro de esta prestigiosa institución.

*Valeria*

## ÍNDICE DE CONTENIDO

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

### CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	2
1.1. Planteamiento del problema.....	2
1.2. Limitaciones y delimitaciones.....	3
1.2.1. <i>Limitaciones</i> .....	3
1.2.2. <i>Delimitaciones</i> .....	3
1.3. Problema general de investigación.....	3
1.4. Problemas específicos de investigación.....	3
1.5. Objetivos.....	4
1.5.1. <i>General</i> .....	4
1.5.2. <i>Específicos</i> .....	4
1.6. Justificación.....	5
1.6.1. <i>Teórica</i> .....	5
1.6.2. <i>Metodológica</i> .....	5
1.6.3. <i>Práctica</i> .....	6
1.7. Hipótesis.....	6

### CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. Antecedentes de la Investigación.....	7
2.1. Referencias teóricas.....	9

<b>2.1.1.</b>	<b><i>Plásticos</i></b> .....	9
<b>2.1.1.1.</b>	<i>Tipos de plásticos</i> .....	9
<b>2.1.1.2.</b>	<i>Biopolímeros</i> .....	10
<b>2.1.1.3</b>	<i>Bioplásticos</i> .....	10
<b>2.1.1.4.</b>	<i>Tipos de plásticos degradables</i> .....	10
<b>2.1.1.5</b>	<i>Biodegradación</i> .....	12
<b>2.1.1.6.</b>	<i>Componentes para la elaboración del bioplástico</i> .....	12
<b>2.1.1.7.</b>	<i>Caracterización del bioplástico</i> .....	13
<b>2.1.2.</b>	<b><i>Productos agrícolas en el Ecuador</i></b> .....	14
<b>2.1.2.1.</b>	<i>Achira</i> .....	15
<b>2.1.2.2.</b>	<i>Morfotipos de la achira</i> .....	15
<b>2.1.2.3.</b>	<i>Zonas productivas</i> .....	16
<b>2.1.2.4.</b>	<i>Clasificación taxonómica</i> .....	16
<b>2.1.2.5.</b>	<i>Composición química</i> .....	16
<b>2.1.2.6.</b>	<i>Aplicación</i> .....	17
<b>2.1.2.7.</b>	<i>Almidón</i> .....	17
<b>2.1.2.8.</b>	<i>Extracción del almidón</i> .....	18
<b>2.1.2.9.</b>	<i>Operaciones unitarias para la extracción del almidón de la achira</i> .....	19
<b>2.1.2.10.</b>	<i>Caracterización del almidón</i> .....	21
<b>2.1.3.</b>	<b><i>Óxido de grafeno</i></b> .....	22
<b>2.1.3.1.</b>	<i>Aplicación</i> .....	22
<b>2.1.3.2.</b>	<i>Método de extracción</i> .....	23
<b>2.1.3.3.</b>	<i>Elementos empleados en la extracción</i> .....	23

### **CAPÍTULO III**

<b>3.</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	25
<b>3.1.</b>	<b>Enfoque de investigación</b> .....	25
<b>3.2.</b>	<b>Nivel de investigación</b> .....	25
<b>3.3.</b>	<b>Diseño de investigación</b> .....	25
<b>3.3.1.</b>	<i>Según las intervenciones en el trabajo de campo (transversal, longitudinal)</i> .....	25
<b>3.4.</b>	<b>Tipo de estudio (documental/de campo)</b> .....	26
<b>3.5.</b>	<b>Población y Planificación, selección y cálculo del tamaño de la muestra</b> .....	26
<b>3.5.1.</b>	<i>Población y planificación</i> .....	26



3.5.2.	<i>Selección y cálculo del tamaño de la muestra</i> .....	27
3.6.	<b>Métodos, técnicas e instrumentos de investigación</b> .....	29
3.6.1.	<i>Técnica de extracción del almidón de la achira</i> .....	29
3.6.2.	<i>Caracterización fisicoquímica del almidón de la achira</i> .....	31
3.6.3.	<i>Técnica de obtención del óxido de grafeno</i> .....	37
3.6.4.	<i>Técnica de obtención del bioplástico</i> .....	41
3.6.5.	<i>Caracterización del bioplástico</i> .....	43

## CAPITULO IV

4.	<b>MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS</b> .....	47
4.1.	<b>Datos obtenidos</b> .....	47
4.1.1.	<i>Almidón</i> .....	47
4.1.1.1.	<i>Análisis físico químico de la materia prima</i> .....	47
4.1.1.2.	<i>Rendimiento promedio del almidón de achira</i> .....	48
4.1.1.3.	<i>Obtención del almidón por vía húmeda</i> .....	49
4.1.2.	<i>Óxido de grafeno</i> .....	51
4.1.2.1.	<i>Sintetización</i> .....	51
4.1.3.	<i>Bioplásticos</i> .....	51
4.1.3.1.	<i>Elaboración del blanco</i> .....	51
4.1.3.2.	<i>Elaboración con óxido de grafeno</i> .....	52
4.1.3.3.	<i>Ensayo de humedad</i> .....	53
4.1.3.4.	<i>Ensayo de solubilidad</i> .....	53
4.1.3.5.	<i>Espesor</i> .....	55
4.1.3.6.	<i>Ensayo de permeabilidad</i> .....	56
4.1.3.7.	<i>Prueba de degradabilidad</i> .....	58
4.2.	<b>Cálculos</b> .....	60
4.2.1.	<i>Almidón</i> .....	60
4.2.1.1.	<i>Rendimiento de la extracción por vía húmeda</i> .....	60
4.2.1.2.	<i>Contenido de cenizas</i> .....	60
4.2.1.3.	<i>Índice de solubilidad de agua</i> .....	61
4.2.2.	<i>Óxido de grafeno</i> .....	61
4.2.2.1.	<i>Rendimiento de la obtención del óxido de grafito</i> .....	61
4.2.2.2.	<i>Rendimiento de la obtención del óxido de grafeno</i> .....	61

<b>4.2.3.</b>	<b><i>Bioplásticos</i></b> .....	62
<b>4.2.3.1.</b>	Porcentaje de solubilidad.....	62
<b>4.2.3.2.</b>	Porcentaje de permeabilidad.....	62
<b>4.2.3.3.</b>	Porcentaje de degradabilidad.....	62
<b>4.2.3.4.</b>	Cuadrado de error medio .....	63
<b>4.2.3.5.</b>	Diferencia honestamente significativa.....	63
<b>4.3.</b>	<b>Resultados</b> .....	64
<b>4.3.1.</b>	<b><i>Almidón</i></b> .....	64
<b>4.3.1.1.</b>	<i>Caracterización sensorial de la materia prima</i> .....	64
<b>4.3.1.2.</b>	<i>Rendimiento de la extracción por vía húmeda</i> .....	64
<b>4.3.1.3.</b>	<i>Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos</i> .....	65
<b>4.3.2.</b>	<b><i>Óxido de grafeno</i></b> .....	66
<b>4.3.2.1.</b>	<i>Rendimientos de la sintetización</i> .....	66
<b>4.3.2.2.</b>	<i>Espectroscopía UV-Vis óxido de grafeno</i> .....	67
<b>4.3.2.3.</b>	<i>Espectros infrarrojos</i> .....	68
<b>4.3.3.</b>	<b><i>Bioplásticos</i></b> .....	70
<b>4.3.3.1.</b>	<i>Análisis preliminar</i> .....	70
<b>4.3.3.2.</b>	<i>Pruebas físicas del bioplástico</i> .....	71
<b>4.3.3.3.</b>	<i>Prueba de degradabilidad</i> .....	72
<b>4.3.3.4.</b>	<i>Tiempo estimado de biodegradabilidad</i> .....	74
<b>4.3.3.5.</b>	<i>Ensayos de tracción</i> .....	74
<b>4.3.3.6.</b>	<i>Valoración económica</i> .....	81
<b>4.3.4.</b>	<b><i>Prueba de Hipótesis</i></b> .....	83

## CAPÍTULO V

<b>5.</b>	<b>MARCO PROPOSITIVO</b> .....	84
<b>5.1.</b>	<b>Propuesta</b> .....	84

<b>CONCLUSIONES</b> .....	85
---------------------------	----

<b>RECOMENDACIONES</b> .....	87
------------------------------	----

## GLOSARIO

## BIBLIOGRAFÍA

## ANEXOS

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b>	Clasificación taxonómica de la achira. ....	16
<b>Tabla 2-2:</b>	Composición química de la achira.....	17
<b>Tabla 3-2:</b>	Características de los métodos para la obtención de óxido de grafeno. ....	23
<b>Tabla 1-3:</b>	Identificación de variables.....	26
<b>Tabla 2-3:</b>	Boceto totalmente al azar para la manufactura de bioplásticos ..... mediante la implementación del óxido de grafeno. ....	27 27
<b>Tabla 3-3:</b>	Técnica de extracción del almidón de la achira.....	29
<b>Tabla 4-3:</b>	Caracterización fisicoquímica del almidón de la achira. ....	31
<b>Tabla 5-3:</b>	Técnica de obtención del óxido de grafeno. ....	37
<b>Tabla 6-3:</b>	Técnica de obtención del bioplástico.....	41
<b>Tabla 7-3:</b>	Caracterización del bioplástico.....	43
<b>Tabla 1-4:</b>	Resultados del análisis físico químico de la achira. ....	47
<b>Tabla 2-4:</b>	Rendimiento promedio del almidón de la achira.....	48
<b>Tabla 3-4:</b>	Datos del almidón obtenido por vía húmeda. ....	49
<b>Tabla 3-4:</b>	Cantidades resultantes dentro de la sinterización .....	51
<b>Tabla 4-4:</b>	Formulación del blanco. ....	51
<b>Tabla 5-4:</b>	Formulación de las láminas con óxido de grafeno .....	52
<b>Tabla 6-4:</b>	Prueba de humedad.....	53
<b>Tabla 7-4:</b>	Prueba de solubilidad .....	54
<b>Tabla 8-4:</b>	Mediciones del espesor.....	55
<b>Tabla 9-4:</b>	Ensayo de permeabilidad.....	57
<b>Tabla 10-4:</b>	Degradación en suelo .....	58
<b>Tabla 11-4:</b>	Degradación en ambiente. ....	58
<b>Tabla 12-4:</b>	Degradación en agua .....	59
<b>Tabla 13-4:</b>	Análisis sensorial de la achira. ....	64
<b>Tabla 14-4:</b>	Extracción por vía húmeda de la achira.....	64
<b>Tabla 15-4:</b>	Determinación de las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de la achira...	65
<b>Tabla 16-4:</b>	Determinación de las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del almidón.	65
<b>Tabla 17-4:</b>	Obtención del compuesto. ....	66
<b>Tabla 18-4:</b>	Espectros infrarrojos de diferentes compuestos .....	68
<b>Tabla 19-4:</b>	Grupos funcionales óxido de grafito. ....	69

<b>Tabla 20-4:</b>	Grupos funcionales óxido de grafeno.....	69
<b>Tabla 21-4:</b>	Evaluación previa del blanco.....	70
<b>Tabla 22-4:</b>	Evaluación previa del bioplástico con óxido de grafeno.....	70
<b>Tabla 23-4:</b>	Ensayos físicos del bioplástico.....	71
<b>Tabla 24-4:</b>	Ensayo de degradabilidad.....	72
<b>Tabla 25-4:</b>	Tiempo estimado de biodegradabilidad en diversos ambientes.....	74
<b>Tabla 26-4:</b>	Pruebas mecánicas del blanco.....	74
<b>Tabla 27-4:</b>	Módulo elástico.....	74
<b>Tabla 28-4:</b>	ANOVA módulo elástico.....	75
<b>Tabla 29-4:</b>	Máxima carga.....	75
<b>Tabla 30-4:</b>	ANOVA máxima carga.....	75
<b>Tabla 31-4:</b>	Máximo desplazamiento.....	75
<b>Tabla 32-4:</b>	ANOVA máximo desplazamiento.....	76
<b>Tabla 33-4:</b>	Análisis Tukey máximo desplazamiento.....	76
<b>Tabla 34-4:</b>	Máximo esfuerzo.....	76
<b>Tabla 35-4:</b>	ANOVA máximo esfuerzo.....	77
<b>Tabla 36-4:</b>	Máxima deformación.....	77
<b>Tabla 37-4:</b>	ANOVA máxima deformación.....	77
<b>Tabla 38-4:</b>	Análisis Tukey máxima deformación.....	78
<b>Tabla 39-4:</b>	Rotura de carga.....	78
<b>Tabla 40-4:</b>	ANOVA rotura de carga.....	78
<b>Tabla 41-4:</b>	Análisis Tukey rotura de carga.....	79
<b>Tabla 42-4:</b>	Pruebas mecánicas con óxido de grafeno.....	79
<b>Tabla 43-4:</b>	Grupos funcionales tratamiento 3.....	80
<b>Tabla 44-4:</b>	Insumo de la producción de almidón.....	81
<b>Tabla 45-4:</b>	Insumos de la producción del óxido de grafeno seco.....	81
<b>Tabla 46-4:</b>	Insumos en la producción del óxido de grafeno en solución.....	81
<b>Tabla 47-4:</b>	Precios por gramo producto.....	82
<b>Tabla 48-4:</b>	Costos de producción de las láminas biodegradables.....	82

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1-3.</b>	Diagrama de flujo de la obtención del almidón de la achira ( <i>Canna edulis</i> ). ....	30
<b>Ilustración 2-3.</b>	Diagrama de flujo para la obtención del óxido de grafeno. ....	40
<b>Ilustración 3-3.</b>	Diagrama de flujo-elaboración del bioplástico con óxido de grafeno.....	42
<b>Ilustración 1-4:</b>	Espectroscopía UV-Vis óxido de grafeno.....	67
<b>Ilustración 2-4:</b>	Grafito.....	68
<b>Ilustración 3-4:</b>	Óxido de grafito.....	68
<b>Ilustración 4-4:</b>	Óxido de grafeno.....	68
<b>Ilustración 5-4:</b>	Ir de espectros infrarrojos .....	68
<b>Ilustración 6-4:</b>	Biodegradabilidad en los diversos ambientes.....	73
<b>Ilustración 7-4:</b>	Espectroscopia del tratamiento 3 con óxido de grafeno.....	80

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1-3.</b>	Cálculo del porcentaje de cenizas. ....	31
<b>Ecuación 2-3.</b>	Índice de Solubilidad en el agua. ....	34
<b>Ecuación 3-3.</b>	Cálculo del porcentaje de humedad. ....	35
<b>Ecuación 4-3.</b>	Cálculo del porcentaje de solubilidad. ....	43
<b>Ecuación 5-3.</b>	Cálculo de la permeabilidad.....	44
<b>Ecuación 6-3.</b>	Cálculo del porcentaje de humedad de las láminas de plástico biodegradables. .	45

## ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** RECEPCIÓN, SELECCIÓN, PELADO Y LAVADO DE LA MATERIA PRIMA.
- ANEXO B:** EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN POR VÍA HÚMEDA.
- ANEXO C:** MEDICIÓN DE MUESTRAS.
- ANEXO D:** CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL ALMIDÓN DE LA ACHIRA.
- ANEXO E:** SÍNTESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL ÓXIDO DE GRAFENO.
- ANEXO F:** ELABORACIÓN DEL BIOPLÁSTICO.
- ANEXO G:** CARACTERIZACIÓN FÍSICA DEL BIOPLÁSTICO DE ACHIRA.
- ANEXO H:** PRUEBAS MECÁNICAS DEL BIOPLÁSTICO
- ANEXO I:** BIODEGRADABILIDAD EN LOS TRES AMBIENTES.
- ANEXO J:** PORCENTAJE DE AMILOSA EN EL ALMIDÓN DE ACHIRA.
- ANEXO K:** ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DEL ALMIDÓN DE ACHIRA.
- ANEXO L:** ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DE LA MATERIA PRIMA DE ACHIRA.

## RESUMEN

El objetivo del Trabajo de Integración Curricular fue evaluar la incidencia del óxido de grafeno en la obtención del plástico biodegradable de achira (*Canna edulis*). En primer lugar, se ejecutó la extracción del almidón de achira por vía húmeda y su caracterización, evaluando así parámetros del proyecto de investigación según las normas FAO (Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) y las Normas Técnicas Colombianas, lo que permitió identificar que era apto para la elaboración de plástico biodegradable. Para la síntesis del óxido de grafeno, se obtuvo un rendimiento del 40,626%. Se utilizó un diseño totalmente al azar para identificar la cantidad óptima de adición del compuesto en la composición de la lámina de plástico, donde se obtuvo un total de seis tratamientos. Por consiguiente, se valoró el producto obtenido mediante pruebas físicas y mecánicas, en donde el espesor máximo obtenido fue de 0,2 mm y en base a las pruebas mecánicas, existió un mejoramiento en las propiedades de desplazamiento 4,015 mm, deformación 10,599% y rotura de carga 1,496 N, correspondiente al tratamiento tres. Finalmente, los ensayos de degradabilidad se llevaron a cabo en tres diferentes medios que fueron: agua, suelo y ambiente, en donde la máxima degradación fue en agua de 93,353%, con un tiempo correspondiente a 21 días, el cual lleva relación con lo establecido con el reglamento de compostaje para plásticos biodegradables que se encuentran dentro del límite establecido, en suelo un 78,272% y en ambiente un 66,337%, por tanto al realizar un estudio de los resultados obtenidos se evidenció el mejoramiento en las propiedades mecánicas del bioplástico, el cual está destinado para la aplicación industrial. Se recomienda investigar la aplicación de otros aditivos en la manufactura de bioplásticos para mejorar las otras propiedades de tracción.

**Palabras clave:** <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <ACHIRA (*Canna edulis*)>, <ÓXIDO DE GRAFENO>, <BIODEGRADABLE>, <CARACTERIZACIÓN>, <BIOPLÁSTICO>.

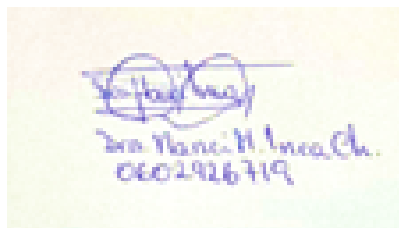




## ABSTRACT

The objective of the Curricular Integration Work was to evaluate the incidence of graphene oxide in obtaining biodegradable plastic from achira (*Canna edulis*). First, the achira starch was wet extracted and characterized, thus evaluating the parameters of the research project according to FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) and Colombian Technical Standards, which allowed identifying that it was suitable for the production of biodegradable plastic. For the synthesis of graphene oxide, a yield of 40,626% was obtained. A totally randomized design was used to identify the optimum amount of addition of the compound in the composition of the plastic sheet, where a total of six treatments were obtained. Consequently, the product obtained was evaluated by means of physical and mechanical tests, where the maximum thickness obtained was 0,2 mm and based on the mechanical tests, there was an improvement in the properties of displacement 4,015 mm, deformation 10,599% and load rupture 1,496 N, corresponding to treatment three. Finally, the degradability tests were carried out in three different media: water, soil and environment, where the maximum degradation was 93,353% in water, with a time corresponding to 21 days, which is related to the established composting regulations for biodegradable plastics that are within the established limit, 78,272% in soil and 66,337% in environment, therefore, when studying the results obtained, the improvement in the mechanical properties of the bioplastic, which is destined for industrial application, was evidenced. It is recommended to investigate the application of other additives in the manufacture of bioplastics to improve the other tensile properties.

**Keywords:** <TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCES>, <ACHIRA (*Canna edulis*)>, <GRAPHENE OXIDE>, <BIODEGRADABLE>, <CHARACTERIZATION>, <BIOPLASTIC>.



## INTRODUCCIÓN

El hombre desde tiempos remotos ha saciado las diversas necesidades a través de los recursos disponibles que la naturaleza nos otorga, creando así una dependencia que le permite un desarrollo económico a lo largo de su vida (Gómez, 2016, p.7). En base a investigaciones se ha logrado demostrar que el mayor contaminante a nivel mundial es la producción masiva de los denominados plásticos los cuales son productos derivados del petróleo, de donde se obtienen la mayor cantidad de botellas, materiales e insumos plásticos, que en base a encuestas realizadas por la Organización de las Naciones Unidas a nivel mundial se generan 4'000,000 de plásticos aproximadamente, los cuales el 80% de la basura está representada por desechos derivados del plástico(López et al, 2020, p.2).En nuestro país el daño causado por el consumo de este material alcanza los 117,000 toneladas anuales(López et al, 2020, p.2).Pese a los beneficios obtenidos del entorno natural, no existe un equilibrio equitativo, desarrollo económico-naturaleza, pues la mayoría de los recursos son destinados a la satisfacción de las necesidades básicas del ser humano y en gran masa contribuyen a la destrucción de la misma naturaleza (Gómez, 2016, p.9). Sin embargo, se han buscado alternativas que permiten contribuir al desarrollo económico del sector industrial, sin que el entorno ambiental se vea perjudicado por la excesiva emanación de CO<sub>2</sub> a la atmosfera ocasionado por la quema de este tipo de materiales que contaminan a nuestro planeta (Gómez, 2016, p.7).

En la actualidad, una de las principales alternativas empleadas para contrarrestar el uso excesivo del plástico, son los denominados “bioplásticos”, los cuales provienen de materia primas orgánicas, los cuales se degradan por factores ambientales o por la presencia de microorganismos. En su mayoría son elaborados mediante el empleo de polímeros los cuales otorgan al material cierto nivel de compactación y mantienen su estructura física, siendo esta la principal razón de ser usados dentro del sector industrial para el embalaje de alimentos (Ballesteros,2014, p.6). Sin embargo, existen nanomateriales que por su funcionalidad permiten obtener propiedades que optimizan la calidad de un material en cuanto a sus propiedades mecánicas tal es el caso del óxido de grafeno que se considera como un compuesto resistente a las fracturas y brinda tenacidad al material (Romero, 2015, p.10).

Por lo expuesto anteriormente, dentro de la propuesta de Trabajo de Integración Curricular, es buscar una nueva alternativa que sustituya el uso de plásticos mitigando la contaminación; por ello se ejecuta la manufactura de un plástico biodegradable empleando el almidón de la achira, en cuya estructura exista la presencia del óxido de grafeno, para así evaluar la rigidez y compactibilidad que este compuesto brinda, permitiendo el mejoramiento de las propiedades mecánicas y fisicoquímicas del mismo.

# CAPÍTULO I

## 1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. Planteamiento del problema

Desde la antigüedad, el hombre con el descubrimiento de la química revolucionó dentro del campo industrial mediante el manejo de sustancias cuyo origen es orgánico, las mismas que le permitirían a este, obtener objetos que sean útiles en su diario vivir, siendo los mismos adaptables, moldeables y fácil de adquirir, lo que en la actualidad conocemos como plásticos (Frías et al, 2003, pp.67-82).El empleo de los plásticos cada día va en aumento debido a su gran demanda a escala mundial, esto se debe a las propiedades físicas y mecánicas que caracterizan a dicho material, haciéndolo más asequible y generando un incremento tanto en el volumen de la producción de las industrias y aumento en la tasa de crecimiento económica de un país (López et al, 2020, p.4).Sin embargo, esto perjudica de manera directa al planeta, pues los mismos no se degradan en su totalidad y la exposición al sol genera la liberación de sustancias que promulgan la aparición del efecto invernadero tal es el caso del Metano y Etileno(López et al, 2020, p.4).

La contaminación a causa del mal manejo de los plásticos es evidente en la mayoría de los países, siendo México catalogado como uno de los principales generadores de plásticos de América Latina según la Alianza GAIA, este género entre los meses de Enero hasta Agosto un total de 32,650,60 toneladas de desechos plásticos (Morán, 2021, pp.2-3).A nivel mundial se generan por día un total de 2,5 millones de toneladas de desechos plásticos, los cuales por su baja densidad terminan en los océanos, incluyendo los micro plásticos, ambos causan daño y perjudican a la diversidad marina, pues muchos de los hallazgos evidencian que el alto índice mortandad de los mismos es causado por la ingesta de este material(Frías et al, 2003, pp.67-82).

Esta problemática, se ve evidenciada en la denominada “Isla de plástico”, el cual con el pasar de los años, las corrientes marinas han arrastrado la mayoría de los desechos procedente de las orillas de los diversos mares, convirtiendo una isla en un lugar de contaminación, donde la misma ocupa aproximadamente 1,2 km<sup>2</sup> de basura lo cual se considera de preocupación de nivel global (Sosa, 2018, pp.35-36).

## **1.2. Limitaciones y delimitaciones**

### **1.2.1. Limitaciones**

Para la respectiva elaboración de las láminas de plástico biodegradables a partir del almidón de la achira, se requiere de ciertos análisis microbiológicos los cuáles demandan el empleo de otros mecanismos permitiendo que el mismo cumpla con las normas establecidas para su empleo. De igual forma, nos permitirá obtener mejores aspectos físicos y químicos del bioplástico mencionado.

### **1.2.2. Delimitaciones**

Dentro de la investigación, se regirá netamente en el empleo del almidón de la achira, para la respectiva manufactura del plástico degradable empleando el óxido de grafeno, pues se evaluará netamente la influencia de estos dos componentes bases y claves, tal es el caso del óxido y del almidón mencionado dentro del proyecto investigativo.

## **1.3. Problema general de investigación**

- ¿Cómo repercute la manipulación del óxido de grafeno en los bioplásticos generados a partir del almidón de la achira (*Canna edulis*)?

La problemática ambiental a causa del mal manejo del plástico y el volumen excesivo de producción de los mismo va en aumento. Sin embargo, el mismo puede ser reemplazado por los denominados “bioplásticos”, que, al emplear óxido de grafeno, optimizará las propiedades estructurales y mecánicas de este.

## **1.4. Problemas específicos de investigación**

- ¿Cuáles serían las cantidades precisas al momento de emplear el óxido de grafeno en la elaboración de láminas biodegradables?

Mediante la evaluación de las propiedades mecánicas del plástico se identificará la concentración óptima de óxido de grafeno para la elaboración de las láminas.

- ¿Al hacer uso del óxido de grafeno mejoraron las pruebas físico-mecánicas y biodegradables de las láminas de plástico proveniente del almidón de la achira?

Las pruebas mecánicas y de biodegradabilidad que tendrá el plástico a elaborar permitirá evidenciar las características físico-mecánicas y biodegradables del bioplástico.

- ¿Cuál fue el tiempo necesario para que se desintegrara las láminas de plástico biodegradables, en cuya estructura se hallaba óxido de grafeno en comparación en los que se emplea ácido acético o ácido cítrico?

En base a las pruebas de degradación de las láminas, se establecerá el tiempo requerido para la degeneración del bioplástico.

- ¿Se considera óptimo los costos de producción del bioplástico a partir del almidón de la achira empleando el óxido de grafeno?

Se obtendrá una perspectiva clave para establecer el costo de producción del plástico biodegradable.

- ¿Cuál de los plásticos biodegradables obtenidos presento diferencias significativas entre los tratamientos para la obtención de las láminas de plástico biodegradable?

Con el uso de herramientas ofimáticas, se logrará especificar estadísticamente si existen diferencias significativas entre los tratamientos para la obtención de las láminas de plástico biodegradable.

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. General**

- Determinar la incidencia de la adición del óxido de grafeno en la obtención del plástico biodegradable de la Achira (*Canna edulis*) con sus propiedades mecánicas.

### **1.5.2. Específicos**

- Identificar la concentración óptima de óxido de grafeno para la elaboración de plástico.
- Evidenciar las características físico-mecánicas y biodegradables del bioplástico.
- Definir el tiempo de degradación del plástico.
- Establecer el costo de producción del plástico biodegradable.
- Especificar estadísticamente si existen diferencias significativas entre los tratamientos para la obtención de las láminas de plástico biodegradable.

## **1.6. Justificación**

### ***1.6.1. Teórica***

La gran demanda a escala mundial sobre la adquisición de productos, conllevan la manufactura de materiales sintéticos tales como el plástico, esto genera un flujo ascendente en cuanto al aumento en la producción e innovación de un sinnúmero de elementos elaborados los cuales son muy cotizados dentro de la industria química, pues están constituidos en gran proporción por petróleo y gas natural, denominados dentro de la industria como compuestos hidrocarbúricos cuya composición química es el carbono, considerados así apropiados para la fabricación de este tipo de elementos; pese a esto, se trata de mitigar los efectos negativos que trae consigo el empleo de materiales plásticos, mediante el empleo de elementos de origen natural denominados biopolímeros, los cuales bajo ciertas condiciones tienen la capacidad de degradarse generando así un impacto positivo al entorno (Carballo, 2009, pp.3-4). La problemática actual, permitió el empleo de otro tipo de material menos contaminante, conocidos como bioplásticos, estos ya se han implementado dentro de otro tipo de áreas tal es el caso de la medicina y la parte automotriz, siendo el mismo empleado para la fabricación de un modelo automovilístico (Vásquez et al, 2021, p.11).

El empleo de materiales de uso alternativo al plástico convencional ha generado gran controversia por sobre todo en las grandes industrias en donde su volumen de producción anual sobrepasaría los 2,4 millones de toneladas en los posteriores años y pese que aún no existen políticas que regulen la manufactura de este tipo de material. Sin embargo, esto genera grandes aportes al sector productivo, siendo Brasil uno de los principales productores de polímeros renovables (Ramos, 2020, pp.2-3).

### ***1.6.2. Metodológica***

Para erradicar el impacto que genera en la naturaleza, se han desarrollado láminas de bioplásticos los cuales reemplacen al plástico, estos se derivan de elementos considerados renovables, pues este posee características biodegradables, las mismas que están sujetas a las condiciones ambientales en las que se encuentre el polímero, la misma que se ve favorecida por la presencia de microorganismos los cuales contribuyen a la degradación del mismo, donde existe dos fases de degradación: la primaria, donde existe la pérdida de las propiedades físico-químicas y la secundaria conocida como mineralización, donde se libera CO<sub>2</sub> y metano de la biomasa, siendo la misma ejecutada por organismos patógenos y convertida en compuestos inorgánicos (Vásquez et al, 2021, p.11).

En el desarrollo de este tipo de películas biodegradables, requieren que los aditivos manipulados le confieran propiedades optimas; por lo general se emplea el Ácido acético, el mismo que le otorga propiedades mecánicas, térmicas y evita las posibles roturas del plástico (Velásquez, 2016, pp.28-30). Sin embargo, se ha buscado la implementación del óxido de grafeno, el cual se considera como un pionero para la manufactura de materiales que requieran de determinado esfuerzo, donde las propiedades mecánicas, estructurales, térmicas y eléctricas, propias del grafeno son concedidas al polímero (Velásquez, 2016, pp.28-30).

### **1.6.3. Práctica**

Una adecuada manufactura de este tipo de material nos llevara a la obtención y caracterización de las láminas de plástico biodegradables, las cuales nos menciona que están teniendo gran acogida a nivel mundial, por el bajo índice de contaminación que este trae consigo y la rentabilidad que el mismo otorga (Ramos, 2020, pp.4-5).

Por eso se considera de importancia que en el trabajo de tipo investigativo se dé a conocer las técnicas y metodologías empleadas para la obtención desde el almidón de la materia prima empleada como lo es la achira, hasta la obtención del respectivo bioplástico, teniendo como resultado como influye la adicción del óxido de grafeno en el mismo, permitiendo así la evaluación de las propiedades fisicoquímicas, mecánicas y degradativas del mismo.

### **1.7. Hipótesis**

Con la implementación del óxido de grafeno en las láminas de plástico biodegradables elaboradas a partir del almidón de Achira (*Canna edulis*) mejorará sus propiedades mecánicas.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de la Investigación

Los indicios del plástico se atribuyen a los primeros artículos destinados para la elaboración de diversos objetos que comúnmente son manipulados dentro del hogar, siendo el caucho, la caseína, la ebonita los primeros polímeros modificados por medio de diversas reacciones químicas (López & Franco, 2009, pp.3-4). Sin embargo, el empleo de polímeros naturales demandaba un sinnúmero de procesos para la obtención del elemento deseado; por ello, se requirió realizar cambios a partir de estos polímeros naturales para la obtención de materiales sintéticos los cuales tenían características dúctiles, resistentes y maleables(López & Franco, 2009, pp.3-4).Según Quintero & Mahecha ( 2016, p.12), el primer hallazgo del plástico manufacturado dentro de la industria tiene vigencia en el año 1863, donde el estadounidense Phelan & Collander, conocido como un fabricante de bolas de billar, oferto 10,000 dólares a quien logrará diseñar un elemento que sustituyera el marfil, siendo el mismo implementado por el norteamericano Wesley Hyatt, quien desarrolló a base de presión proveniente de piroxilina, con uso de nitrato de celulosa con alcanfor y proporciones rigurosas de alcohol.

A nivel industrial, el volumen de producción va en aumento debido al consumo excesivo de productos cuyo origen proviene de combustibles fósiles, donde su fabricación requiere de varias sustancias químicas, siendo los mismos los principales contaminantes de la flora y fauna tanto terrestre como marítima de nuestro planeta, pues estos al adherirse en el ambiente se fraccionan en diminutos elementos que contienen sustancias químicas toxicas destruyendo y generando consigo impactos significativos que afectan de manera significativa al ecosistema y al ser humano(Roca, 2005, p.20). Según (Gómez, 2016, p.24), los investigadores estiman que al menos 600 especies del medio marino son afectadas por la problemática causada por los desechos provenientes del plástico, pues alrededor de 12,7 millones de toneladas son enviados o arrastrados por el océano; en los países de Asia y África poseen problemas de contaminación debido al exceso de residuos plásticos provenientes de países como España, Canadá, Estados Unidos y Gran Bretaña. Desde año 1950 hasta la actualidad, se han fabricado alrededor de 8,3 mil millones de toneladas de plástico, considerando que la manufactura de este se duplicará para el año 2025(Caballero et al, pp.49-52).

La manufactura y manipulación de este tipo de compuestos inorgánicos, ha generado un gran desequilibrio ambiental por lo que se ha recurrido a otras alternativas amigables con el medio ambiente, tal es el caso de los denominados “Bioplásticos”, estos son láminas cuya apariencia es



similar a la de un plástico convencional, siendo los mismos provenientes de biopolímeros degradables de origen vegetal tal es el caso del almidón, siendo por este el principal elemento para su manufactura y considerándose así como un recurso renovable debido al bajo impacto ambiental que este ocasiona y cuya degradación se da mediante la acción de microorganismos (Rosales, 2016, pp.11-13).

Alrededor del mundo, la implementación de otras alternativas mediante la implementación del bioplástico es bastante significativa, pues a través de investigaciones se ha optado por el uso de almidones proveniente de la palma de melocotón, la proteína de canola, la cascara de papa destinado para la fabricación de envases alimenticios (Riera & Palma, 2018, p.3). En Europa y Asia, se producen alrededor de 94,800 toneladas de bioplásticos dentro del mercado global, siendo las principales empresas como NatureWorks LLC, Novamont, Roddenburg Biopolymers y Basf unas de las principales empresas consideradas con una producción significativa (Balart & Montañés, 2018, p.36). Sin embargo, hasta la actualidad en Ecuador no existen empresas dedicadas a la manufactura de bioplásticos, pero existen centros de investigación dedicados a las respectivas obtenciones a nivel micro a partir de diversos almidones tales es el caso de la achira, banana, oca, entre otras, siendo materias primas propias del entorno (Riera & Palma, 2018, p.3).

Dentro de la investigación de Chimbo (2021, p.15) procedente de la ciudad de Riobamba-Ecuador, en el año 2021, se realizó la obtención del bioplástico a partir del almidón elaborado con los residuos de la yuca, donde el almidón extraído se basó en la norma INEN 1456, siendo las variables de tiempo y velocidad tuvieron un respectivo diseño factorial, el cual estaba definido por  $2^4$ , obteniendo así un mejor tratamiento y resultado de las láminas plastificantes, y un rendimiento del 28,26%, donde las mismas estarían destinadas dentro del sector alimentario. Sin embargo, en la ciudad de Cotopaxi-Ecuador, la investigación de Caguana (2018, pp.54-55), se obtuvo vajillas biodegradables haciendo uso del almidón de la achira, en donde se evaluó laminas elaboradas a base del almidón mencionado y las mismas fueron sometidas a pruebas mecánicas dando como resultado que poseen una resistencia óptima de 30 Kpa con un rendimiento del 12%, en relación de las láminas de Polietileno cuya densidad era baja dando un valor de 23,58 Kpa y un rendimiento del 10%.

En la línea de investigación relacionada con la fabricación del bioplástico mediante la modificación estructural del almidón de la yuca ejecutada por Vásquez (2020, pp.25-94), nos explica como el grafeno dentro del proceso de acetilación posibilita el entrecruzamiento con varios grupos carboxilos proporcionándole así mejores características mecánicas siempre y cuando se emplee un 15% del mismo en un tiempo de mezclado de 60 minutos y otorgándole una resistencia a la tracción de aproximadamente 3,92 MPa, una elongación del 13,22% y una elasticidad del 29,66 MPa.

## 2.1. Referencias teóricas

### 2.1.1. Plásticos

Son elementos manipulados con regularidad en objetos cotidianos, pues los mismos están conformados por enormes cadenas moleculares poliméricas, siendo estas provenientes de sustancias orgánicas degradan peso molecular y obtenidas por medio del petróleo (Gómez, 2016, p.25). Estos son muy demandados dentro del mercado mundial debido a las diversas propiedades que le caracterizan al mismo tales como: conductividad térmica y eléctrica, resistencia mecánica y química, combustibilidad y plasticidad (Orellana & Serrano, 2010, pp.33-36).

#### 2.1.1.1. Tipos de plásticos

##### - *Sintéticos*

Estos materiales fueron implementados por el ser humano, siendo la celuloide y la galatita los primeros elementos sintéticos desarrollado dentro de la industria química; pese a esto, se necesita crear plásticos modernos, pues a una comienzo solo se le añadían sustancias denominadas plastificantes, cuyo comportamiento puede ser termoplástico o termorrígido, pero con el pasar del tiempo y el avance de la ciencia y tecnología se acuño el termino sinterización, el cual era un proceso que involucraba una reacción donde intervienen dos o más productos químicos empleando el uso de sustancias polimerizantes(Fernández, 2010, pp.9-247). Con el pasar del tiempo vieron la necesidad de innovar la industria de los plásticos, por ende, mediante diversas pruebas se desarrolló un sinnúmero de polímeros capaces de entrelazarse con diversos tipos de moléculas, dando como resultado diferentes tipos de polímeros sintéticos conocidos hasta la actualidad, tales es caso del polietileno, politetrafluoroetileno, polivinilo, poliuretano, entre otros (Franco, 2018, p.7).

##### - *Naturales*

Este tipo de polímeros se sustrae fuentes de origen natural considerados como recursos renovables tal es el caso de animales, plantas y microorganismos patógenos, siendo los ejemplos más comunes el almidón, la celulosa, las proteínas, los polisacáridos y polihidroxicanoatos, los cuales son manipulados sin tener la necesidad de que su estructura sea modificada, contribuyendo así manera

directa a contrarrestar la contaminación ambiental que afecta de forma progresiva al planeta (Hernández, 2013, p.33).

#### *2.1.1.2. Biopolímeros*

Son productos obtenidos de fuentes renovables mediante la aplicación de reacciones químicas a los polímeros sintéticos, como una forma de lidiar con los impactos negativos que conllevan el uso excesivo del plástico convencional, contrarrestando así los problemas ambientales que suscitan y favorecen a la contaminación, los mismos que son originarios de 4 grandes grupos, de origen animal (colágeno), marino (quitina), vegetal (lípidos) y agrícola (Ácido poli láctico), donde cuya composición química está constituida por la unión de miles de átomos, cuya unión se le denomina *macromoléculas*, donde estas son originadas por diversos sistemas biológicos propio de los seres vivos, donde este cumple la función dada por el sistema biológico de cada organismo viviente de transformar químicamente las unidades poliméricas de dichas macromoléculas en: aminoácidos, azúcares, lípidos vitaminas, entre otros (Pérez, 2010, pp.15-16). Estos son aplicados en diferentes áreas del campo industrial tales como: la biomedicina, la militar y en ciertos avances dentro del campo nanotecnológico (Pérez, 2010, pp.15-16).

#### *2.1.1.3. Bioplásticos*

En la actualidad, una de las alternativas innovadoras con el fin de mitigar los efectos negativos que trae consigo el uso de plástico sintético, es la empleo de los denominados bioplásticos, son generados de materias primas renovales o por la utilización de combustibles fósiles, los cuales poseen propiedades similares a las del plástico común, pero con la diferencia de que estos no contaminan, pues tienen la capacidad de degenerarse, en tanto los mismos se encuentran en condiciones susceptibles a la degeneración dentro de procesos de compost en un lapso de tiempo por acción de factores externos como la luz ultravioleta, microorganismos, agua, entre otros (Hermida, 2011, p.57).

#### *2.1.1.4. Tipos de plásticos degradables*

##### *- Biodegradables y compostables*

La biodegradabilidad y compostaje, son términos que se acuñan y van de la mano con el proceso y el lugar en la que un bioplástico tiene la capacidad de degenerarse, pues de este también depende

la estructura química propia de la planta o materia prima usada, pues la mayoría de los plásticos empleados en compostaje tiene la característica de ser degradables, pero un cierto porcentaje de los plásticos biodegradables no tienen como fin el compostaje, pues esto se ve influenciado por las condiciones ambientales a las que sean sometidos ya sea por la radiación ultravioleta, la temperatura, la humedad o fricción, puede que estos procesos se den de manera individual o continua, pero este proceso nos avala que alcanzará de mineralización de la materia orgánica en tiempos establecido (García et al, 2019, pp.38-39).

- *Biobasados*

Estos son aquellos materiales manufacturados mediante el uso de biomasa o materia por medio de procesos térmicos, químicos y fermentativos, cuyos recursos provienen de productos considerados renovables tales como la caña de azúcar, la papa, la mandioca, entre otros, incluyendo los diversos desechos obtenidos en el área de la agricultura. Este tipo de productos se diferencian de los biopolímeros debido a que estos son generados por la naturaleza (almidón, proteínas, lignina y quitosano). Por lo general, los plásticos biobasados, no son biodegradables debido a que pueden provenir tanto de residuos o de combustibles fósiles, un ejemplo claro es el polietileno elaborado de la caña de azúcar y el de combustibles fósiles (Aguilar, 2017, pp.31-32).

- *Fotodegradables*

Los plásticos en su gran mayoría tienen la capacidad de degenerarse y descomponerse en pequeñas partículas, esto se da por acción de los rayos emitidos por la luz solar, pues los enlaces propios del elemento carbono-carbono y carbono-hidrogeno, se debilitan y terminan rompiendo las grandes cadenas de moléculas y así reducen su respectivo peso y propiedades mecánicas de los mismos (Arévalo, 2017, pp.16-17).

- *Solubles en agua*

La manufactura de este tipo de bioplásticos se obtiene por productos derivados de la naturaleza como el almidón y celulosa o en ciertos casos son de origen sintético (Alcohol polivinílico), por lo general se desintegran debido a que su composición le permite solubilizarse en agua dentro de un rango promedio de temperatura para luego degradarse acción de microorganismos (Chariguamán, 2015, pp.16-17).

- *Biodesintegrables*

Son compuestos conocidos desde el año 1970 poco comercializados dentro del campo industrial, pues los mismos están constituidos por una parte orgánica (almidón) y un tipo de elementos denominado poliolefinas tales como polietileno, polipropileno y sus copolímeros, los mismos no son considerados como plásticos biodegradables, pues el almidón debilita las propiedades físicas y mecánicas del mismo y únicamente se degrada por acción de organismos patógenos la parte orgánica del producto y quedando sin alteración alguna la poliolefina(López, 2012,p.54).

- *Oxodegradables*

Son un tipo de plásticos conocidos también como oxobiodegradables, pues los mismos se tienden a desintegrarse en varios etapas o procesos mediante la adicción de reactivos químicos los cuales aceleran el proceso degradativo del plástico, cuya primera etapa se ve influenciada bajo las condiciones de luz ultravioleta, calor o tensión mecánica, produciendo así la reducción del peso del material, pues las grandes moléculas del mismo se reducen permitiendo posteriormente el proceso de degradación con el pasar del tiempo(Ojeda, 2013, pp.46-47).

*2.1.1.5. Biodegradación*

Es un proceso degenerativo de las láminas de plástico donde por la incidencia de microorganismos modifican la estructura del polímero, disminuyendo las moléculas del mismo, pese a que las más grandes lo hacen de forma progresiva, este proceso se lo conoce como degradación oxidativa, donde el oxígeno se entrelaza con las moléculas de hidrogeno y carbono, provocando pérdidas en el brillo, color y las diversas gritas del mismo, aparición de un aspecto gelatinoso en la paredes, pérdidas de las propiedades mecánicas reducción de las moléculas del polímero(López, 2012,pp.39-40).

*2.1.1.6. Componentes para la elaboración del bioplástico*

- *Agua destilada*

El propiamente una sustancia líquida cuya molécula se compone en un átomo de oxígeno y dos de hidrogeno (Calero & Lapo, 2021, p.10). Sin embargo, esta es manipulada dentro de laboratorios e industrias, por lo que se necesita que la misma este previamente tratada mediante proceso de

destilación permitiendo así la liberación de distintos contaminantes que pueda contener (Calero & Lapo, 2021, p.10).

- *Plastificante*

Conforme a la norma ASTM D-883, es un componente que le otorga flexibilidad al momento de incorporarle este aditivo al plástico, mejorando el alargamiento y flexibilidad de este, incluyendo la disminución de la viscosidad al aumento de temperatura, la espasticidad y la temperatura vítrea del mismo (García, 2017, p.16).

- *Aditivo conservante antimicrobiano*

Son compuestos que se adicionan a los productos alimenticios con el fin de contrarrestar las diversas alteraciones causadas por agentes patógenos tales como fermentación, aparecimiento de moho y descomposición (Villada, 2010, p.3).

#### 2.1.1.7. Caracterización del bioplástico

- *Espesor*

Se define como la anchura que posee un objeto o material, puesto que determina cual es la capacidad resistiva o de flexibilidad del bioplástico la misma que se realiza con el uso de un micrómetro (Guamán, 2019, p.22).

- *Humedad*

Se considera que dentro de un ambiente siempre existe cierta cantidad de vapor de agua en el mismo y este contenido de humedad existente se evalúa con el uso del método termogravimétrico, el cual consiste en calentar la muestra y se procese a tomar nota de la pérdida de peso por la evaporación de humedad (Calero & Lapo, 2021, p.15).

- *Solubilidad en agua*

Esta propiedad es fundamental para los elementos a base almidón, donde esta sustancia tiene la capacidad de mezclarse en otra, considerándose así una peculiaridad de suma importancia respecto al

bioplástico debido a que define el comportamiento que tendrá el mismo cuando se sumerja en agua o esté en relación en ambiente con altos porcentajes de humedad (Chariguamán, 2015, pp.7-9).

- *Transmisión de vapor de agua*

Es una cantidad cuantificada de agua que traspasa una determinada superficie referente a una porción de grosor del elemento a estudiar en un tiempo establecido (Chariguamán, 2015, pp.14-15).

- *Ensayos de tracción*

Es un tipo de ensayo de tipo mecánico comúnmente empleado para la deformación y medir la tensión respecto a un material y a su vez nos otorga el tiempo en que el material tendrá su respectiva elongación, cuyo equipo se denomina maquina universal. Los datos obtenidos nos permiten conocer cuál es la capacidad máxima en la que dicho material puede deformarse y cuando este se deforma en su totalidad y por ende no recupera su forma inicial (Colcha & Villa, 2010, p.9).

- *Biodegradabilidad*

Es un proceso denominado mineralización en el cual por acción de microorganismos transforman la materia orgánica en inorgánica, dando como resultado la degradación de los respectivos bioplásticos en dos fases la primaria y secundaria, donde la primera describe los cambios físicos y químicos que existen el material y la segunda fase la materia tanto como el carbono y la energía en su totalidad es sintetizada por organismos patógenos dando como resultados compuestos inorgánicos (Hernández, 2013, p.40).

### **2.1.2. *Productos agrícolas en el Ecuador***

El Ecuador, es considerado uno de los países que más cultivo de productos agrícolas posee, por su gran diversidad, sin dejar de lado que el mismo contribuye al sector económico del país pues genera alimentos, satisfaciendo la demanda de alimentos dentro del mismo y a su vez, son empleados como materias primas en determinados procesos (Mendoza, 2018, p.2). Una de las aplicaciones más empleadas es para el uso alimentario, de forraje textil oleaginoso, ornamental e industrial (Mendoza, 2018, p.2).

### 2.1.2.1. Achira

La achira, es un tipo de planta originaria de diversos países Andinos tales el caso de Ecuador, Perú, Bolivia y Colombia, siendo este último el país de procedencia, incluyendo países como Venezuela y Brasil, la misma que es cultivada en países de otros continentes, donde su respectiva siembra data de hace 11 siglos aproximadamente (Morejón, 2012, pp.5-6).

Esta pertenece a la familia de las *Cannáceas*, cuyo genero se identifica como *Canna* y su especie se le denomina como *Canna edulis*, siendo la misma procedente de las regiones tropicales y subtropicales del continente americano. Una de las características fundamentales de esta planta son sus hojas y una de las partes de la misma denominada rizomas; las hojas poseen mediciones valoradas en 30 a 80 cm y 10 a 30 cm de largo y ancho, respectivamente, en cuyo centro y costados poseen una textura arrugada y las mismas se denotan de un verde o morado característico y los rizomas tienen la medición aproximadamente de 15 a 12 cm de largo y ancho, respectivamente, esta posee en su parte interna de cuya corteza grandes cantidades de almidón (Caguana, 2018, pp.20-21).

### 2.1.2.2. Morfotipos de la achira

#### - *Yunga*

También conocida como chira blanca, se considera como una planta productora de una mejor calidad y cantidad de almidón (rizomas) (Espinosa et al, 1996, pp.148-149).

#### - *Morada*

Este tipo se diferencia de la chira blanca por el rizoma, pues posee una tonalidad morada en el denominado cogollo y al despedazarla se torna azul (Espinosa et al, 1996, pp.148-149).

#### - *Negra*

Es propia de climas fríos, y la misma no se cosecha, debido a que el rizoma siendo este muy demandado y a la vez escaso (Espinosa et al, 1996, pp.148-149).



### 2.1.2.3. Zonas productivas

La achira, se considera una planta de uso común dentro de la economía campesina, pues sus orígenes proceden de nuestros aborígenes, siendo la misma contribuye a la conservación de la biodiversidad, mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes y generación de fuentes de trabajo de la comunidad aledaña (Caicedo et al, 1996, pp.5-6). En Colombia se estima que existe alrededor de 800 hectáreas destinadas al cultivo de la planta de achira, siendo la uno de los principales acreedores de esta materia prima es el departamento de Huila-Colombia, pues posee 150 hectáreas cuyo rendimiento se encuentra en tonelada por hectárea de almidón, el mismo que en su gran mayoría proviene de Ecuador supliendo así la demanda del país vecino (Caicedo et al, 2003, pp.5-6).

### 2.1.2.4. Clasificación taxonómica

**Tabla 1-2:** Clasificación taxonómica de la achira.

Nº	Característica	Identificación
1	Reino	Vegetal
2	Subreino	Fanerógamas
3	División	Angiospermas
4	Clase	Monocotiledóneas
5	Orden	Scitemidales
6	Familia	Cannáceas
7	Género	Canna
8	Especie	Canna edulis K.

**Fuente:** (Biopat, 2016, p.1)

**Realizado por:** Ruiz, Katherine, 2022.

### 2.1.2.5. Composición química

Según Arcos (2015, pp.6-7), el empleo de la achira dentro del ámbito culinario es de suma importancia debido a que tanto las hojas y los rizomas de la planta se pueden obtener grandes cantidades de almidón, siendo esta razón una de las principales para que el organismo del ser humano sintetice de manera más rápida este alimento, por ello, este se caracteriza por tener optimas propiedades tanto físicas como químicas, debido a que soporta los diversos procesos aplicados dentro de la industria.

**Tabla 2-2:** Composición química de la achira.

N°	Cantidad	Característica
1	130	Kcal (n)
2	0,9	Cenizas (g)
3	0,1	Grasa(g)
4	1	Proteínas(g)
5	31,3	Carbohidratos(g)
6	0,5	Fibra(g)
7	15	Calcio(mg)
8	63	Fosforo (mg)
9	63	Fe(mg)
10	0,01	Caroteno(mg)
11	0,01	Riboflavina(mg)
12	0,03	Tiamina(mg)
13	0,4	Niacina(mg)
14	Tz	Vitamina A(mg)
15	7	Ácido Ascórbico(mg)

**Fuente:** (Arcos, 2015, pp.6-7)

**Realizado por:** Ruiz, Katherine, 2022.

#### *2.1.2.6. Aplicación*

Desde tiempos remotos, se empleó para tratar el paludismo, las heridas y ciertos problemas gastrointestinales. Mediante el uso de una de las partes de la achira denominada cormo, logra sustraer el almidón, el cual posee grandes valores nutricionales incluyendo las diversas propiedades curativas (Biopat, 2016, p.6).

Dentro del campo industrial es usado para la manufactura de elementos fosfatados, la elaboración de galletas, para la producción de adhesivos especiales, de pastillas estupefacientes, incluyendo aditivos dentro del campo alimenticio y ciertos productos de dietética (Caicedo et al, 2003, p.71).

#### *2.1.2.7. Almidón*

Es un elemento base para la fabricación de los bioplásticos, tal es el caso del almidón, es cual es un material extraído de una determinada planta, la misma que posee un sinnúmero de aplicaciones dentro del campo industrial, es el mismo es considerado como uno de los polisacáridos más empleados haciendo la misma referencia a un ingrediente base dentro de la industria alimentaria (Hernández et al, 2008, p.718).

- *Propiedades*

Los almidones en su mayoría poseen una característica que los identifica, es el caso de las propiedades, estas le otorgan cualidades únicas a cada tipo de almidón, considerándose así se suma importancia, siendo las mismas influenciadas por su forma granular y molecular (Hernández et al, 2008, p.719). Según Hurtado (2019, p.14), las propiedades térmicas que se destacan dentro del almidón son: la gelatinización, retrogradación, la solubilidad, absorción del agua, sinéresis y el comportamiento reológico de las pastas y geles.

2.1.2.8. *Extracción del almidón*

- *Extracción por vía seca*

Esta metodología consiste en la recopilación de ciertas operaciones unitarias previas al proceso de tamizado del almidón resultante, tal es el caso del lavado y selección de la materia prima, la reducción de la materia prima en pequeñas partículas para el posterior secado y tamizado del producto resultante (Guadrón, 2013, pp.66-84). En el artículo “*Extracción de almidón por el método seco en plátano macho, cuadrado y castilla*”, nos detalla que este método nos permite tener resultados favorables respecto al rendimiento del almidón, la misma nos da a conocer varios resultados acerca de diferentes tipos de plátanos donde el rendimiento que destaca fue el del plátano cuadrado de 83,97% (Hernández et al, 2017, p.6).

- *Extracción por vía húmeda*

Este método se realizó en primera instancia con el pesaje, pelado y troceo de las materias primas, sumergiéndolos en una disolución al 5 % de ácido cítrico, con ello se procedió a licuar la materia prima en relación de 1:5 con una revolución de 300 RPM y se procedió a realizar varias filtraciones hasta que el agua filtrada presentara transparencia producto, el mismo que se colocó en varias bandejas las mismas que se dejó en reposos transcurrido un tiempo se retira el agua sobrante y el almidón resultante del proceso de sedimentación se procede a secar a una temperatura de 55 °C en un lapso de 24 horas aproximadamente (Quezada, 2019, p.30).

- *Extracción del almidón de la achira*

Para la obtención del almidón de la achira, se procede a la ejecución de 4 fases, la primera es la recepción, lavado y rallado de la materia, esta consiste en eliminar elementos extraños que vienen adheridos con el material, esto se ejecuta con un lavador continuo con la adición de golpe y la abrasión permitiendo la eliminación de productos no deseados y con la ayuda de la operación de ralladura permite que la planta quede fragmentada en pequeñas porciones, con esto se procede a pasar al proceso de separación y tamizado; la segunda fase de separación, consiste en retirar el almidón el cual está contenida en la fibra por medio de la adhesión de agua, la tercera etapa de tamizado, tiene como objetivo la eliminación de impurezas que se puedan encontrar en el almidón, con el empleo de una malla que se encuentra en un tanque de almacenamiento el cual permite el paso solamente del líquido a sedimentar y la última fase de secado consta de bandejas elaboradas de aluminio cuya estufa se encuentra a una temperatura de 60°C durante aproximadamente 24 horas hasta lograr una humedad promedio de 16,5% (Jaramillo, 2013, pp.19-22).

2.1.2.9. *Operaciones unitarias para la extracción del almidón de la achira*

- *Lavado y pelado*

Esta operación consiste retirar mediante el uso de agua limpia, comúnmente potable sin la adherencia de algún desinfectante, pues ayuda a la eliminación de diversas impurezas que la materia prima a emplear pudiese contener, evitando con ello contaminación alguna para los posteriores procesos. El pelado hace referencia a la separación de la corteza o piel con la pulpa de la materia prima con el empleo de algún elemento cortopunzante o alguna metodología química, sin desperdiciar la pulpa, pues esto perjudicará el rendimiento del producto resultante (Cuadrado, 2019, p.20).

- *Trituración*

Se realiza mediante el empleo de máquinas denominadas “*tritadoras o molinos*”, los cuales permiten que la materia prima usada reduzca su tamaño a un volumen de partículas deseado por medio de esfuerzos de compresión, cizalla, cortadura, impacto y fricción (Gaitán, 2008, p.142).

- *Filtración*

Es aquella operación unitaria donde las partículas sólidas de gran tamaño de una solución quedan separadas de la parte líquida. Sin embargo, la centrifugación también es usada para la separación de partículas sólidas de tamaños diminutos el empleo de un medio filtrante, cuya acumulación de partículas da origen a una capa de gran grosor y una parte líquida (Brito, 2001, p.24).

- *Sedimentación y decantación*

Es una operación de tipo solido-líquido, cuya fenomenología trata de que las partículas presentes en el seno de la solución diluida por efecto de la gravedad queden en el fondo del recipiente (Cuadrado, 2019, p.21). La decantación consiste en la separación de sustancias debido a las diferencias de densidades que posean, el elemento más pesado queda por lo general depositado en el fondo y el más ligero en la parte superior (Montero, 2016, pp.49-50).

- *Secado*

Dentro del sector alimenticio es una de las operaciones unitarias más empleadas debido a la factibilidad que la misma provee, debido a que permite el secado parcial o total de los alimentos, pues mediante una corriente de gas ocurre la evaporación del agua contenida en un determinado elemento a través de la prolongación de calor por parte de un fluido con altas temperaturas permitiendo así la eliminación de la humedad y resultando la diferencia de peso inicial y final del producto (Brito, 2001, p.16).

- *Molienda*

Se considera como una reducción del tamaño de una determinada partícula por el uso y aplicación de una fuerza al elemento a moler, donde el mismo por esta acción puede sufrir una deformación y volver a su forma original o bien excede su límite de deformación y no recobra su forma esto conocido como rotura, dentro de la molienda existen 3 tipos la molienda húmeda, molienda semiseca y molienda seca (Loubes, 2015, pp.31-32).

- *Tamizado*

Es una operación unitaria cuyo objetivo es la de separar una mezcla de sólidos en base al tamaño que estos posean mediante el uso de un tamiz cuya malla permitirá el pase o no del material requerido dependiendo al número de malla que el mismo posea (Guadrón, 2013, p.56).

2.1.2.10. *Caracterización del almidón*

- *Solubilidad*

La solubilidad en agua fría que presenta un biopolímero es relativamente baja debido a que este al contener en su estructura componentes tales como la amilosa y amilopectina, cuya unión se da por puentes de hidrogeno los cuales están unidos de forma compleja le atribuye una estabilidad equilibrada, por ende, se considera que este se encuentre bajo efectos de aumento de temperaturas al disolverse en agua. Sin embargo, mediante el empleo de la agitación mecánica se puede lograr que el almidón se disuelva en agua fría en tiempos prolongados (Sánchez, 2007, p.7).

- *pH*

Se considera un valor asignado dentro de un rango de acidez o alcalinidad presente en una sustancia o algún determinado compuesto, ejecutándose mediante el empleo de un medidor de pH (Hidalgo & Micho, 2016, p.84).

- *Cenizas*

Es una terminología que hace referencia al desecho orgánico resultante de la calcinación de la materia orgánica, considerándose diferentes a las presentes respecto a la materia inorgánica inicial, pues existe la presencia de un sinnúmero de interacciones entre diversas reacciones químicas (Márquez, 2014, p.1).

- *Humedad*

Por lo general, la humedad referente al almidón se halla entre el 13 al 19 % de humedad dentro del carbono ocho, pues en él se encuentran los residuos de glucosa, y cuya estructura química está ligada al proceso de obtención, secado y de la humedad del entorno (Hidalgo & Micho, 2016, p.59).

- *Temperatura de gelatinización*

Este es un parámetro que influye de forma directa al almidón, pues en su gran mayoría la temperatura ideal para la gelatinización se halla a partir de los 60 °C, donde la mezcla del agua con el respectivo almidón a fuego, el responsable de la expansión de las estructuras amorfas y cristalinas del mismo, siendo la temperatura y la cantidad de humedad factores indispensables en el proceso de la gelatinización (Pineda, 2019, pp.15-16).

- *Viscosidad*

Se considera como una propiedad propia de un fluido al impedir moverse o deslizarse sobre una superficie u algún otro objeto (Jiménez, 2014, p.29).

### **2.1.3. Óxido de grafeno**

Se considera como un compuesto del siglo XXI, pues posee propiedades mejoradas, el mismo se obtiene por medio de la oxidación del grafito, cuya estructura posee carbono bidimensional, constituyéndose por grupos funcionales tales como: hidroxilo, carboxílicos, cetona, etc. Al ser un compuesto hidrófilo, genera puentes de hidrogeno ocasionado una gran resistencia en sus propiedades estructurales, mecánicas y electrónicas (Ávila, 2018, pp.10-11).

#### **2.1.3.1. Aplicación**

Sin duda alguna, la aplicación que posee el grafeno abarca un sinnúmero de áreas, como dentro de las plataformas energéticas para la fabricación de electrodos transparentes en las denominadas celdas solares o en la manufactura de baterías a base de iones de litio (Martínez, 2015, p.14). Dentro del área de construcción para el reforzamiento de estructuras a base de hormigón y mortero, permitiendo así el mejoramiento ante el soporte de diversas cargas (Ávila, 2018, p.3). En el área de producción, médico, militar entre otros, se hallan los denominados sensores de gas los cuales posee propiedades electrónicas otorgadas por el grafeno, pues por su elevada área superficial le permite detectar y absorber una mayor cantidad de gases en un determinado lugar (Martínez, 2015, p.15).

### 2.1.3.2. Método de extracción

#### - Método de hummers

Este método es uno de los más empleados desde el año 1958 hasta la actualidad, debido a la facilidad con el que el grafito se oxida, pues consta del empleo de Ácido sulfúrico, Nitrato de sodio y Permanganato de potasio en altas concentraciones, es decir, la manipulación moderada de Permanganato de potasio al respectivo grafito que se halla en un medio ácido. Sin embargo, existen otros métodos para la oxidación del grafito tal es el caso del método de Brodie y Staudenmaier, los cuales hacen uso del Clorato de potasio y el Ácido nítrico (Farías et al, 2017, pp.3-4).

**Tabla 3-2:** Características de los métodos para la obtención de óxido de grafeno.

Método	Oxidante	Solvente	Tiempo de oxidación	C/O RATIO	Ventajas	Inconvenientes
Brodie	KClO <sub>3</sub>	HNO <sub>3</sub>	3-4 días	2,16	Muy estable, poco contaminante, poca distancia entre capas	Lento
Staudenmaier	KClO <sub>3</sub>	HNO <sub>3</sub> H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	4 días	2,6	No reportado	No reportado
Hummers	NaNO <sub>3</sub> KMnO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1 hora	2,25	Rápida reacción, pocos efectos	Muy contaminante y alta degradación

**Fuente:** (Farías et al, 2017, pp.3-4).

**Realizado por:** Ruiz, Katherine, 2022.

### 2.1.3.3. Elementos empleados en la extracción

#### - Grafito

Se considera como un material cuyo origen es sintético o natural, donde sus láminas son frágiles debido a que posee enlaces débiles de Vander Walls y en las mismas se encuentran encimadas, este posee dos formas tanto alotrópicas y romboédrica, siendo la primera solamente considerada como estable (Villaro, 2017, pp.43-44).



- *Ácido sulfúrico*

Es un producto químico que posee varios usos dentro de la industria química, pues es empleado para la fabricación de fertilizantes, catalizadores, para la obtención de baterías, entre otras. Sin embargo, este considerada una sustancia sumamente peligrosa pues es corrosiva, reacciona violentamente al contacto con el agua, por ello requiere del uso de equipos especiales al momento de su manipulación (Loayza et al, 2013, p.14).

- *Permanganato de potasio*

Este compuesto fue usado por primera vez en el año de 1910 en el tratamiento y desinfección de aguas en Londres, pues es un oxidante de alta calidad el cual dentro de las aguas residuales permite la degradación de los constituyentes del cianuro, pues para que este tenga una mayor efectividad debe emplearse en ambientes alcalinos, pues convierte al cianuro en cianato dando con ello elementos menos tóxicos (Fernández et al, 2021, p.111).

- *Peróxido de hidrogeno*

También conocida de manera comercial como agua oxigenada, es un compuesto con características polares, considerándose altamente oxidante. Por lo general, en el ambiente se hallan pequeñas cantidades en forma gaseosa de este compuesto. Dentro del sector industrial, su uso es máximo y en concentraciones elevadas, pues es empleado para el blanqueamiento de telas y pasta de papel, combustible destinado para el uso de cohetes, sustancias químicas orgánicas entre otros (Toapanta, 2018, pp.23-24).

- *Ácido clorhídrico*

Este compuesto es un líquido altamente corrosivo que a la presencia de agua se disocia con facilidad. Dentro de la industria es empleado para la eliminación de depósitos e incrustaciones referente a los sistemas en donde existe intercambio de calor, para la manufactura de Cloruros metálicos, Cloruros de amonio, Colorantes nitrogenados, para la elaboración de glucosa, medicamentos y cosméticos (Quelali, 2016, p.1).

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Enfoque de investigación

La naturaleza del proyecto se basa en el enfoque cualitativo y cuantitativo, constituyéndose a su vez en un proceso netamente investigativo de tipo exploratoria, pues este requiere de materias primas y cantidades exactas del almidón de la Achira (*Canna edulis*), el óxido de grafeno y sus demás aditivos para la obtención del bioplástico de esta planta, incluyendo que esto optimizará las propiedades estructurales al momento de los respectivos ensayos mecánicos.

#### 3.2. Nivel de investigación

El propósito de este análisis dentro de la investigación fue la realización de un estudio sobre la adicción del óxido de grafeno en los bioplásticos elaborados a partir del almidón de la achira (*Canna edulis*), conociendo así si las pruebas físico-mecánicas y mecánicas permitieron las obtenciones de resultados favorables en base al mejoramiento de las propiedades estructurales del bioplástico.

#### 3.3. Diseño de investigación

Esta investigación se rige totalmente bajo parámetros experimentales al azar, pues permitirá evaluar los resultados positivos o negativos obtenidos al implementar el óxido de grafeno en el bioplástico resultante.

##### 3.3.1. Según las intervenciones en el trabajo de campo (transversal, longitudinal)

En base a la respectiva indagación bibliográfica se estableció que el trabajo de campo que se implementó posee variables longitudinales, debido a que, en las diversas etapas del proceso desde la extracción del almidón de la achira, la obtención del óxido de grafeno y la obtención de las láminas de plástico biodegradables, se manipulan variables tanto dependientes como independientes.

**Tabla 1-3:** Identificación de variables.

Nº	Etapas del Proceso	Variables Independientes	Variables Dependientes
1	Extracción del almidón.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Materia prima (achira).</li><li>• Agua destilada.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Almidón de la achira obtenido.</li></ul>
2	Obtención del óxido de grafeno.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Reactivos.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Temperatura.</li></ul>
3	Obtención de las láminas de plástico biodegradable.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Temperatura.</li><li>• Aditivos.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Humedad.</li><li>• Espesor</li><li>• Tracción.</li><li>• Permeabilidad.</li><li>• Solubilidad.</li><li>• Biodegradabilidad.</li></ul>

Realizado por: Ruiz, Katherine, 2022.

### 3.4. Tipo de estudio (documental/de campo)

El presente trabajo es de tipo documental y de campo en su mayoría, pues el primero hace referencia de los métodos y técnicas a emplear para el respectivo proceso de obtención de las láminas de plástico biodegradables mediante el empleo del almidón de la achira (*Canna edulis*) con la implementación del óxido de grafeno, el cual permitió el análisis físico-químico, mecánico y biodegradable de las mismas por medio de las diversas fuentes bibliográficas consultados en el proceso de investigación y de campo ya que todo el proceso se llevará a cabo mediante la experimentación aleatoria, con el implemento de varios tratamientos que conllevaron a la elección del mejor rendimiento respecto al almidón para así obtener bioplásticos de excelente calidad, en conjunto con la implementación del óxido de grafeno.

### 3.5. Población y Planificación, selección y cálculo del tamaño de la muestra

#### 3.5.1. Población y planificación

La población de estudio y la planificación hace referencia a la cantidad de materia prima proveniente de la Achira (*Canna edulis*), cuya cantidad a emplear corresponde a 14 kg, la misma que fue seleccionada de los mercados de la parroquia Mulalillo, cantón Salcedo y fue empleada para la obtención del almidón de la planta mencionada, en donde se planteó como objetivo reducir el tamaño

total a emplear ejecutando los respectivos tratamientos para poder obtener el mejor rendimiento referente al almidón resultante.

### 3.5.2. Selección y cálculo del tamaño de la muestra

Esta metodología que se va a ejecutar dentro del proceso de muestreo es netamente no probabilística, debido a que la cantidad de almidón resultante del proceso de extracción y sedimentación dependen exclusivamente de esto y para el cálculo del tamaño de la muestra se refiere a los 6 tratamientos manipulados en donde se trabajará con 4 repeticiones de cada uno, dando un resultado total de 24 repeticiones para la manufactura del bioplástico.

**Tabla 2-3:** Boceto totalmente al azar para la manufactura de bioplásticos mediante la implementación del óxido de grafeno.

Nº	Composición	Óxido de grafeno	Repeticiones
1	AG	GO1	1
2			2
3			3
4			4
5		GO2	1
6			2
7			3
8			4
9		GO3	1
10			2
11			3
12			4
13		GO4	1
14			2
15			3
16			4

17		GO5	1
18			2
19			3
20			4
21		GO6	1
22			2
23			3
24			4

**Realizado por:** Ruiz, Katherine, 2022.

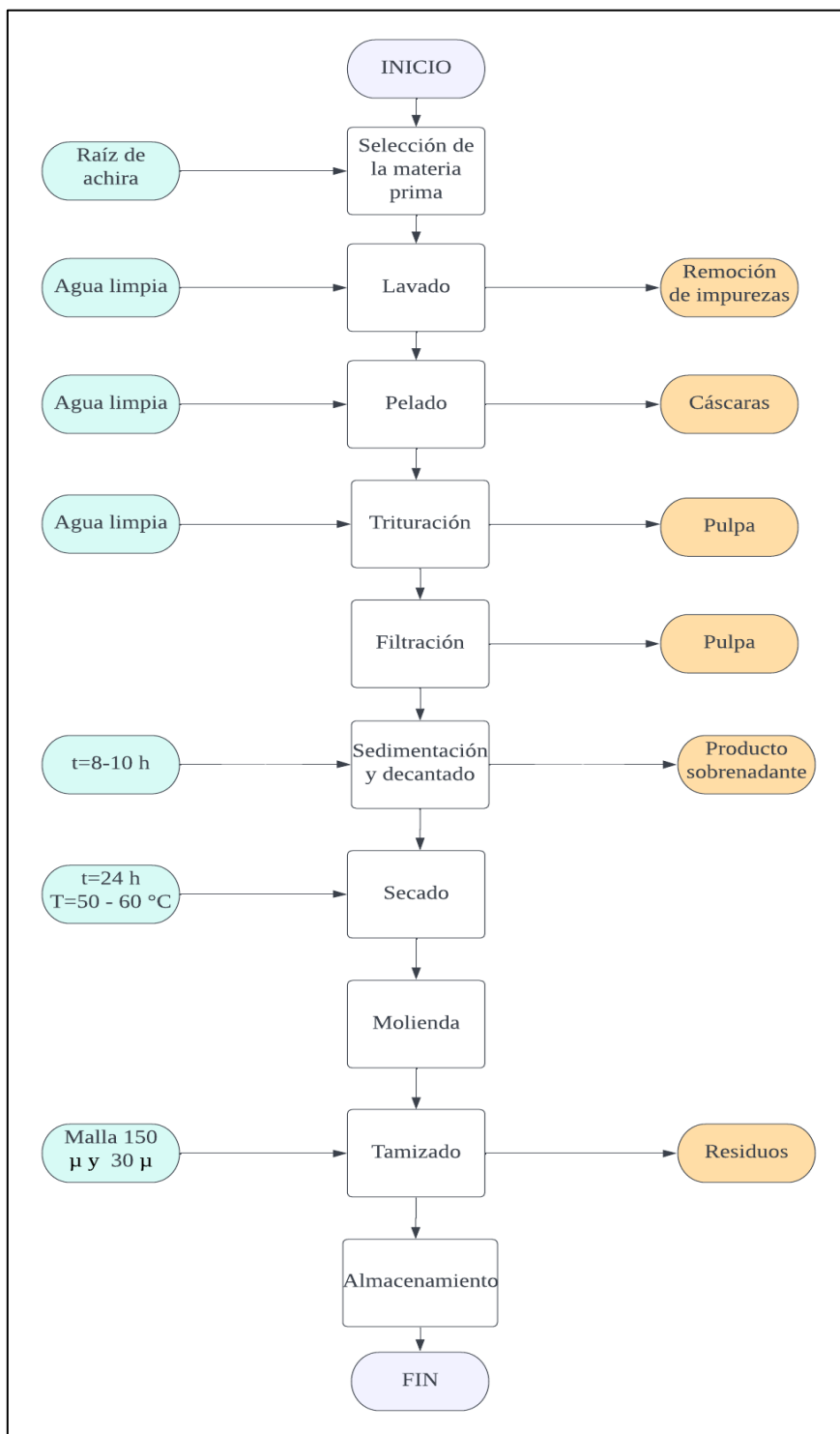
### 3.6. Métodos, técnicas e instrumentos de investigación

#### 3.6.1. Técnica de extracción del almidón de la achira

**Tabla 3-3:** Técnica de extracción del almidón de la achira.

Método	Instrumentación	Procedimiento	Método de ensayo
Método por vía húmeda	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuchillo</li> <li>• Licuadora</li> <li>• Medias nylon</li> <li>• Espátula</li> <li>• Mortero y pistilo</li> <li>• Guantes de nitrilo</li> <li>• Vasos plásticos</li> <li>• Jeringa</li> <li>• Cronómetro</li> <li>• Fundas ziploc</li> <li>• Bandejas de aluminio</li> <li>• Tamices con número de malla 150 <math>\mu</math> y 300 <math>\mu</math></li> <li>• Probeta</li> <li>• Estufa con recirculación de aire</li> <li>• Balanza analítica</li> <li>• Materia prima (achira)</li> <li>• Agua destilada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se selecciona, lava, pela y corta en pequeños trozos la materia prima.</li> <li>• Se retira los restos de la cascara y se procede a realizar pequeños montones hasta que toda la materia prima se halla empleado.</li> <li>• Se realiza una relación de 500 g de materia prima con 1000 mL de agua destilada y en base a las repeticiones, en total 24, se divide en dos secciones.</li> <li>• Se procede en base datos obtenidos anteriormente referente al mejor rendimiento, siendo la velocidad de 2000 RPM y el tiempo de 30 y 60 segundos los seleccionados.</li> <li>• Se procede a licuar los 24 tratamientos y cada una de estos se separa por medio de la filtración haciendo uso de los envases plásticos por un lapso de 8 horas hasta que sedimente.</li> <li>• Con la jeringa, se elimina el exceso de agua y se lleva a la estufa por 24 horas a una temperatura de 21°C.</li> <li>• Una vez seca las muestras, se obtiene el almidón seco y se procede a triturar con el mortero y pistilo hasta obtener la textura de una harina y se conserva el almidón en fundas ziploc.</li> </ul>	(Charro,2015, pp.7-65).

Realizado por: Ruiz, Katherine, 2022.



**Ilustración 1-3.** Diagrama de flujo de la obtención del almidón de la achira (*Canna edulis*).

**Fuente:** (Charro,2015, pp.7-65).

**Realizado por:** Ruiz, Katherine, 2022.

### 3.6.2. Caracterización fisicoquímica del almidón de la achira

**Tabla 4-3:** Caracterización fisicoquímica del almidón de la achira.

N°	Análisis	Instrumentación	Procedimiento	Cálculo o fórmula	Método de ensayo
1	Cenizas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Almidón de achira</li> <li>• Agua destilada</li> <li>• Pinza</li> <li>• Crisol</li> <li>• Espátula</li> <li>• Guantes térmicos</li> <li>• Desecador</li> <li>• Mufla</li> <li>• Balanza Analítica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se debe pesar 5 g de almidón haciendo empleo de los crisoles previamente encerados.</li> <li>• Se deben tener los crisoles totalmente limpios.</li> <li>• Se seca los crisoles dentro de la mufla por aproximadamente 5 horas a 550°C.</li> <li>• Se debe quemar en la mufla a diversos valores en tanto exista un incremento de valores de 50 °C, previo a esto se debe tener en cuenta que no debe existir gases dentro del equipo.</li> <li>• Cuando las muestra este totalmente incinerada se debe introducir en la mufla una temperatura de 550 °C y cerrar de manera adecuada la misma.</li> </ul>	$\% \text{Cenizas} = \frac{P_c}{P_i}$ <p><b>Ecuación 1-3.</b> Cálculo del porcentaje de cenizas.</p> <p>Donde:            %Cenizas= Porcentaje de las cenizas            P<sub>c</sub>=Peso de las cenizas.            P<sub>i</sub>=Peso inicial.</p>	<p>(Aristizábal &amp; Sánchez, 2007, pp. 76-106)</p>



			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se debe retirar los crisoles y pesar los mismos, dejando en reposo el desecador.</li> <li>• El peso resultante debe dar valores constantes y registrar los valores obtenidos.</li> </ul>		
2	Viscosidad de Brookfield	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Almidón de achira</li> <li>• Agua destilada</li> <li>• Reverbero</li> <li>• Vidrio reloj</li> <li>• Espátula</li> <li>• Agujas empleadas en el viscosímetro</li> <li>• Termómetro</li> <li>• Malla de Asbesto</li> <li>• Vaso de precipitación de 100 y 600 mL</li> <li>• Balanza Analítica</li> <li>• Viscosímetro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dentro de un vaso de precipitación, se debe pesar 25 g de almidón con agua destilada hasta completar 500 mL.</li> <li>• La suspensión resultante se debe colocar en un vaso de precipitación hasta su respectiva ebullición por 15 minutos y luego llevar al gel a su enfriamiento hasta los 25 °C.</li> <li>• Medir la viscosidad en un respectivo viscosímetro.</li> </ul>	Medición directa	Norma Técnica Colombiana 3228 (Icontec, 1991, p.5)

3	pH	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Almidón de achira</li> <li>• Agua destilada</li> <li>• Vidrio reloj</li> <li>• Espátula</li> <li>• Balanza analítica</li> <li>• Centrífuga</li> <li>• Tubos de centrífuga: 50 mL</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Primero se debe hacer la respectiva calibración del pH metro en una valoración neutra de 7 a 25 °C.</li> <li>• Se debe sonicar una cantidad prudente de agua estilada.</li> <li>• Previo a esto, se debe mezclar 20 g de almidón con 100 mL de agua ya tratada.</li> <li>• Se centrifuga a 3000 RPM la solución resultante.</li> <li>• Se toma una fracción de lo centrifugado y se mide con el pH</li> </ul>	Medición directa	INEN 1456

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vaso de Precipitación de 50 mL</li> <li>• pH metro</li> <li>• Baño maría con sonicador</li> </ul>	metro y se registra los valores obtenidos.		
4	Solubilidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Almidón de achira.</li> <li>• Agua destilada</li> <li>• Espátula</li> <li>• Vidrio reloj</li> <li>• Pipeta Volumétrica de 10 mL</li> <li>• Probeta de 50 mL</li> <li>• Vasos de precipitación: 100 y 500 mL</li> <li>• Termómetro</li> <li>• Reverbero</li> <li>• Centrífuga</li> <li>• Balanza analítica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se debe lavar los tubos de centrifuga y los mismos deben ser colocados en una estufa a 60 °C.</li> <li>• Realizar una mezcla que consta de 2 g de almidón y 5 mL de agua fría siendo el mismo agitado constantemente hasta que se homogenice.</li> <li>• Previo a esto se debe tener un recipiente en baño maría e iniciado esto se debe agitar durante 10 minutos la suspensión.</li> <li>• Colocar en la centrifugadora a 3000 RPM en un lapso de 45 minutos.</li> <li>• Se procede a decantar y depositar el sobrenadante, midiendo su volumen.</li> <li>• Se cambia dicha suspensión en una fracción de 10 mL, en un vaso</li> </ul>	$ISA = \frac{Pm(g) * V * 10}{Ps(g)}$ <p><b>Ecuación 2-3.</b> Índice de Solubilidad en el agua.</p> <p>Donde:  ISA = Índice de solubilidad de agua.  Ps = pesos solubles.  V=volumen del sobrenadante.  Pm = peso de la muestra en base seca.</p>	(Aristizábal & Sánchez, 2007, pp. 76-106)

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estufa con recirculación de aire</li> </ul>	<p>de precipitación con 100 mL de agua.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se debe secar el sobrenadante por 24 horas a una temperatura de 70 °C.</li> <li>• Se debe pesar el tubo de centrifuga con gel y el vaso de precipitación con los insolubles.</li> </ul>		
5	Humedad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Almidón de achira</li> <li>• Vidrio reloj</li> <li>• Espátula</li> <li>• Termobalanza</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar el pesaje de 5 g de almidón de la Achira haciendo uso del vidrio reloj.</li> <li>• Empezar con la termobalanza encendida, la primera vez sin el vidrio reloj y la segunda con el vidrio reloj y a su vez colocando los 5 g del almidón.</li> <li>• Previo a esto, tener la estufa encendida a una temperatura de 105 °C, por al menos 24 horas.</li> <li>• Se registra el valor de la humedad del equipo, tres veces aproximadamente.</li> <li>• Se toma los valores del peso inicial y final.</li> </ul>	$\% \text{ Humedad} = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100$ <p><b>Ecuación 3-3.</b> Cálculo del porcentaje de humedad.</p> <p>Donde:  % Humedad=Porcentaje de humedad  P<sub>i</sub>=Peso de cenizas  P<sub>f</sub>=Peso inicial</p>	(Aristizábal & Sánchez, 2007, pp. 76-106)
6	Temperatura de gelatinización	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Almidón de achira (<i>Canna edulis</i>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Primero se calienta 250 mL de agua destilada en el reverbero a una temperatura de 85°C.</li> </ul>	Medición directa	(Aristizábal & Sánchez, 2007, pp. 76-106)

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua Destilada</li> <li>• Vasos de precipitación</li> <li>• Balanza analítica</li> <li>• Reverbero</li> <li>• Probeta</li> <li>• Pinzas</li> <li>• Termómetro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Luego se procede a pesar 10 kg del almidón obtenido y se lo disuelve con una cantidad de llegue a los 100 mL procedente de la cantidad medida anteriormente formando una solución.</li> <li>• Con ello se coloca dicha solución encima del vaso ya calentado y se procede a agitar con el termómetro hasta que la misma tenga la contextura de una pasta y dicha temperatura no cambie.</li> <li>• Se registra la temperatura.</li> </ul>		
--	--	---	--	--	--

Realizado por: Ruiz, Katherine, 2022

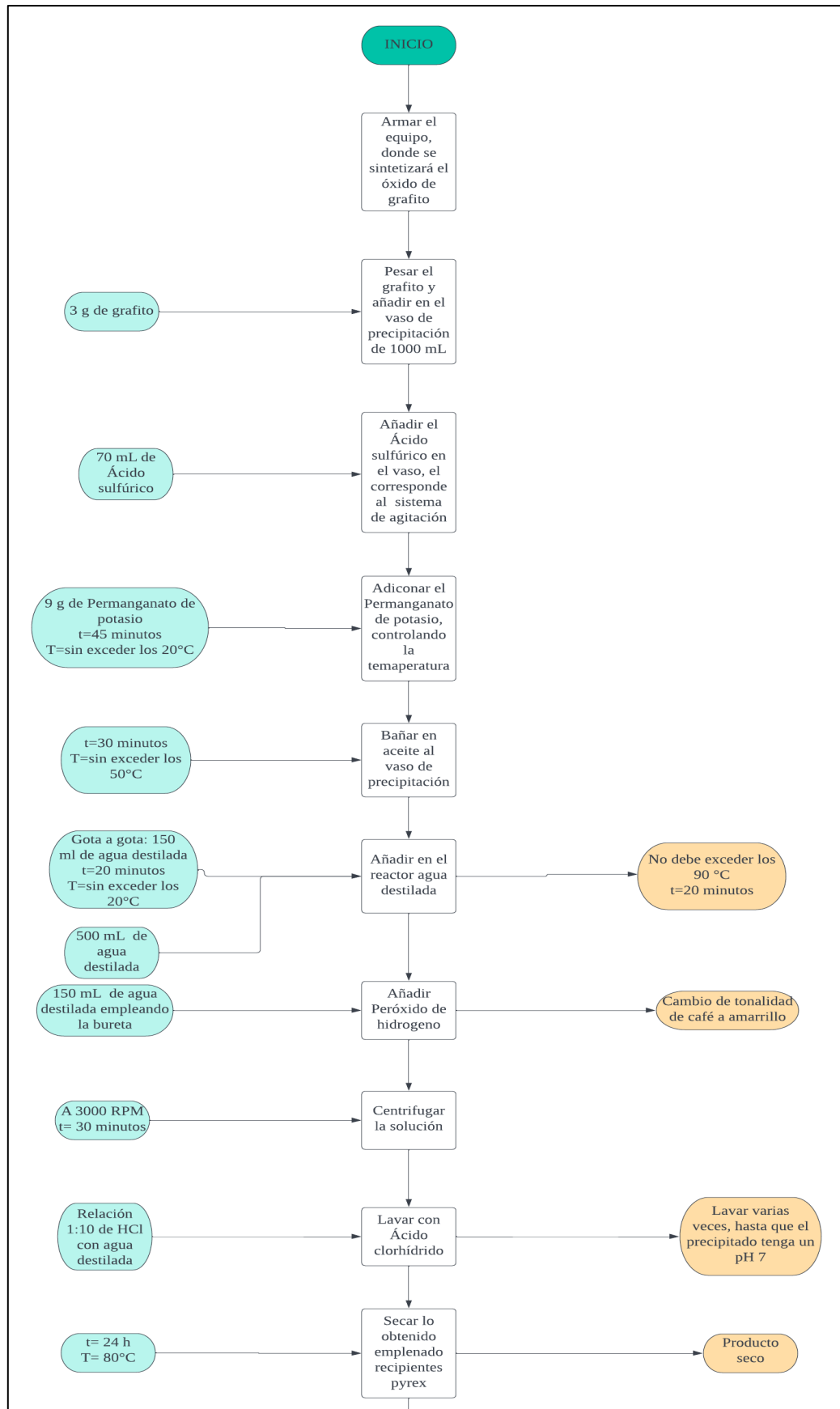
### 3.6.3. Técnica de obtención del óxido de grafeno

**Tabla 5-3:** Técnica de obtención del óxido de grafeno.

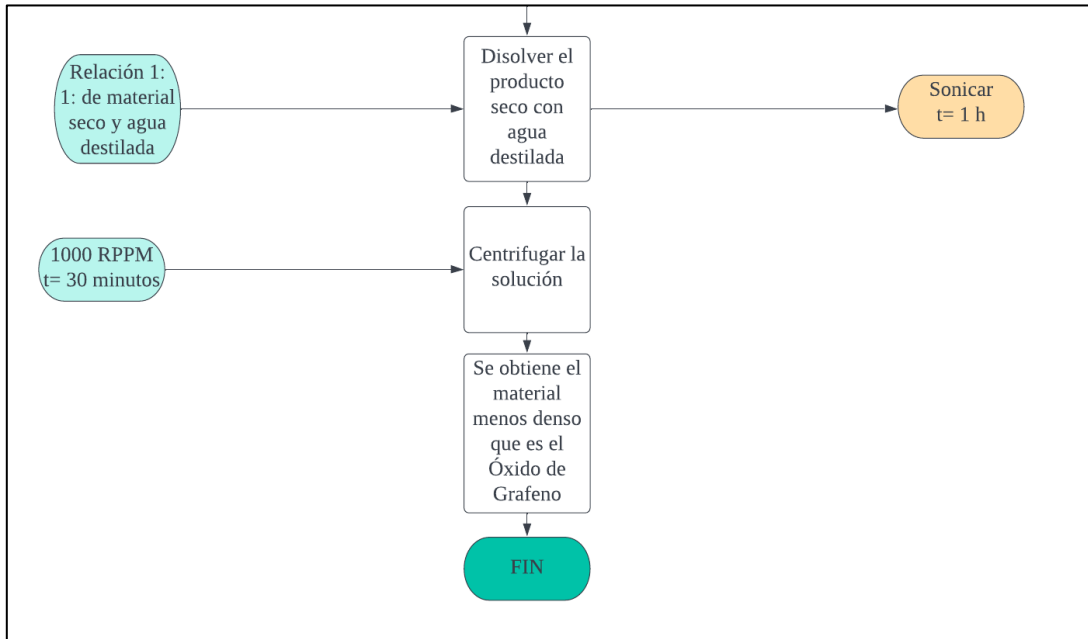
Método	Instrumentación	Procedimiento	Método de ensayo
Método de hummers con modificaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vidrio reloj</li> <li>• Termómetro digital</li> <li>• Termómetro</li> <li>• Espátula</li> <li>• Vasos de precipitación</li> <li>• Reverbero</li> <li>• pH metro</li> <li>• Agitador</li> <li>• Pipeta de 10 mL</li> <li>• Bureta de 10 mL</li> <li>• Tubos falcón 50 mL</li> <li>• Balón de aforo 100 mL</li> <li>• Vaso de precipitación de 1000 mL</li> <li>• Balanza analítica</li> <li>• Centrifuga</li> <li>• Magneto</li> <li>• Baño maría con sonicador</li> <li>• Sorbona</li> <li>• Estufa con recirculación de aire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es necesario tener armado el equipo en donde se llevará a cabo el proceso de obtención del óxido de grafito.</li> <li>• Se debe pesar 3g de grafito y añadir dentro del vaso de precipitación de 1000 mL, ir agregando 70 mL de Ácido sulfúrico concentrado, al mismo tiempo encender de manera cuidadosa el sistema de agitación con el magneto.</li> <li>• Se procede a añadir lentamente 9 g de Permanganato de potasio durante un lapso de 45 minutos sin que se la temperatura pase los 20°C, esto se controla mediante del uso del termómetro digital.</li> <li>• Se necesita realizar un baño a base de aceite al vaso de precipitación pues el mismo empezó con una temperatura de 50°C y en este lapso no debe pasar esta temperatura, por 30 minutos. Sin embargo, se continua con una cuidadosa agitación.</li> <li>• Dentro del vaso de precipitación se añaden gota por gota 150 mL de agua destilada empleando la bureta, por un tiempo de 20 minutos, considerando que la temperatura no debe pasa de los 20°C.Sin embargo, la temperatura aumentara alrededor de los 90°C, por lo que es necesario bajar la misma con hielo o aceite.</li> </ul>	(Tubón,2015, pp.71-73)

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grafito</li> <li>• Permanganato de potasio</li> <li>• Peróxido de hidrógeno</li> <li>• Ácido sulfúrico</li> <li>• Agua destilada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Al vaso de precipitación se le añade 500 mL y se agrega gota por gota 15 mL de Peróxido de hidrógeno haciendo uso de la bureta, tomando la solución de café a una tonalidad amarilla).</li> <li>• Se procede a centrifugar la solución a 3000 RPM, en un tiempo de 30 minutos, terminado este proceso se lava con Ácido clorhídrico con una relación 1:10.</li> <li>• Se procede a enjuagar varias veces hasta que el pH del precipitado resulte 7.</li> <li>• Lo resultante se procede a secar empleando recipientes pyrex, por un lapso de 24 horas a 80°C, obteniendo así el producto totalmente seco.</li> <li>• El producto se disuelve con agua destilada, considerando la relación 1g: 1 litro de agua destilada, donde la solución obtenida se debe sonicar por cada hora.</li> <li>• La disolución obtenida se debe centrifugar a 1000 RPM por 30 minutos.</li> <li>• El material que se obtiene es el óxido de grafeno, el cual tiene un aspecto menos denso considerado como sobrenadante y el que no fue exfoliado, es el óxido de grafito.</li> </ul>	
--	--	---	--

Realizado por: Ruiz, Katherine, 2022.







**Ilustración 2-3.** Diagrama de flujo para la obtención del óxido de grafeno.

**Fuente:** (Tubón,2015, pp.71-73).

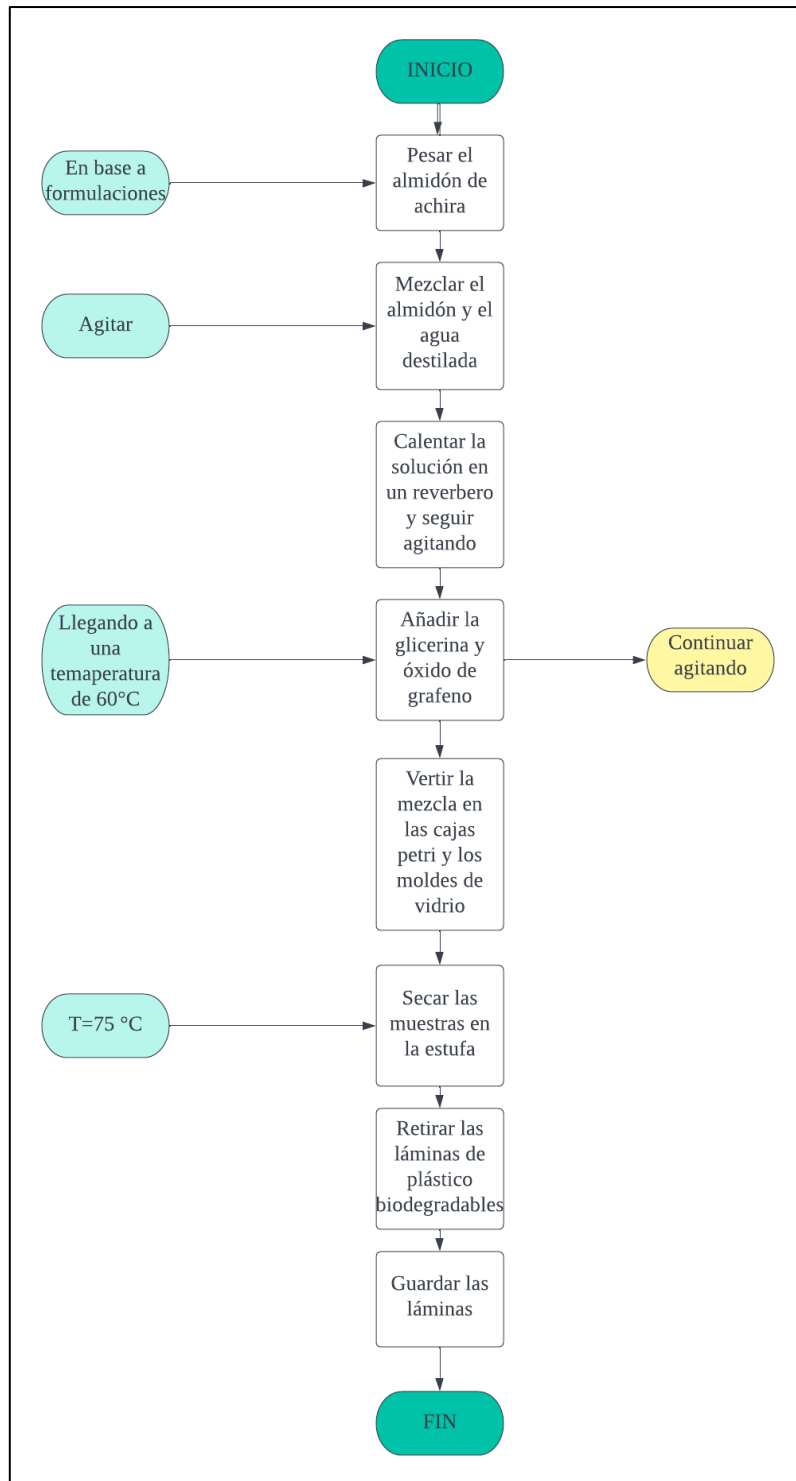
**Realizado por:** Ruiz, Katherine, 2022.

### 3.6.4. Técnica de obtención del bioplástico

**Tabla 6-3:** Técnica de obtención del bioplástico.

Método	Instrumentación	Procedimiento	Método de ensayo
Obtención de las láminas de plástico biodegradables	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moldes de vidrio</li> <li>• Cajas petri</li> <li>• Espátula</li> <li>• Termómetro</li> <li>• Probeta graduada</li> <li>• Vasos de precipitación de 250 mL</li> <li>• Varilla de agitación</li> <li>• Balanza analítica</li> <li>• Estufa con recirculación de aire</li> <li>• Almidón de la Achira</li> <li>• Agua destilada</li> <li>• Óxido de grafeno</li> <li>• Glicerina</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Con las respectivas formulaciones se procede a pesar la cantidad establecida de almidón de Achira.</li> <li>• Se añade el almidón y el agua destilada en relación dentro de un vaso de precipitación y se procede a agitar.</li> <li>• Se coloca la solución en un recipiente, previamente calentado y se continúa agitando.</li> <li>• Al llegar a los 60°C, se procede a colocar la glicerina y el óxido de grafeno en base a las formulaciones ejecutadas. Y se continúa agitando hasta que se forme una capa gelatinosa</li> <li>• Se vierte la mezcla en las cajas Petri y en los moldes de vidrio y posteriormente llevar a la estufa a una temperatura de 75°C por un lapso, hasta que las láminas tomen una textura firme.</li> </ul>	(Charro,2015, pp.7-65).

Realizado por: Ruiz, Katherine, 2022.



**Ilustración 3-3.** Diagrama de flujo-elaboración del bioplástico con óxido de grafeno.

**Fuente:** (Charro,2015, pp.7-65).

**Realizado por:** Ruiz, Katherine, 2022.

### 3.6.5. Caracterización del bioplástico

**Tabla 7-3:** Caracterización del bioplástico.

N°	Análisis	Instrumentación	Procedimiento	Cálculo o fórmula	Método de ensayo
1	Solubilidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>Láminas de plástico</li> <li>Agua destilada</li> <li>Cajas petri</li> <li>Matraces 600 mL</li> <li>Cronómetro</li> <li>Shaker</li> <li>Balanza analítica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se coloca las láminas de plástico biodegradables en matraces de 600 mL, añadiéndole 80 mL de agua destilada.</li> <li>Se procede a agitar a 1000 RPM el shaker por 1 hora aproximadamente.</li> <li>Luego, se filtran las muestras y se las coloca en la estufa a 40 °C, hasta que se elimine en su totalidad los residuos de líquido.</li> <li>Se colocan nuevamente en la estufa a 105 °C hasta que el peso no varíe.</li> </ul>	$\% \text{Solubilidad} = \frac{P_{ipb} - P_{fpb}}{P_{ipb}}$ <p><b>Ecuación 4-3.</b> Cálculo del porcentaje de solubilidad.</p> <p>Donde:            % Solubilidad=Porcentaje de solubilidad.            P<sub>ipb</sub>=Peso inicial del plástico biodegradable.            P<sub>fpb</sub>=Peso final del plástico biodegradable.</p>	Laboratorio de Uruguay- INN TEC-33-2009

2	Permeabilidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>Láminas de plástico biodegradables de achira</li> <li>Sílica de gel</li> <li>Solución de NaCl</li> <li>Desecador</li> <li>Calibrador digital</li> <li>Gradilla</li> <li>Tubos de ensayo</li> <li>Balanza analítica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Previo a las pruebas, se necesita dejar secar la sílica gel en la estufa por 24 horas a una temperatura de 65° C, permitiendo la activación de esta.</li> <li>Se debe dejar pasar la lámina de plástico y se colocadas sobre un tubo de ensayo el cual debe contener ¾ partes de la sílica que fue activada previamente y sellar la misma con cinta.</li> <li>Se debe colocar los tubos de ensayo dentro del desecador, el cual requiere que contenga una solución sobre saturada de NaCl</li> <li>Este proceso necesariamente debe repetirse seis veces, pasando una hora.</li> </ul>	$\text{Permeabilidad} = \frac{(P_2 - P_1) * e}{t * pv * (\varphi_2 - \varphi_1)}$ <p><b>Ecuación 5-3.</b> Cálculo de la permeabilidad.</p> <p>Donde:  <math>P_2</math>=Peso final (g).  <math>P_1</math>= Peso inicial (g).  e= espesor.  t = tiempo (h).  pv= presión de vapor de agua a 23 °C(MPa).  <math>\varphi_2</math>= humedad relativa2.  <math>\varphi_1</math>=humedad relativa 1.</p>	ASTME96/96M05
3	Espesor	<ul style="list-style-type: none"> <li>Láminas de plástico biodegradables</li> <li>Cúter</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se recorta las láminas en una medición de 2,5 x 2,5 cm.</li> <li>Se procede a medir la anchura que posee cada una de las</li> </ul>	Medición directa	NTE INEN 2542

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calibrador digital</li> </ul>	<p>láminas de plástico biodegradables por medio del uso del calibrador digital y se registra los valores resultantes.</p>		
4	Características de tracción	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Láminas de bioplástico de achira</li> <li>• Probetas</li> <li>• Máquina universal de las pruebas de tracción</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Este equipo nos permite la medición de forma transversal del área de la muestra de las láminas de bioplástico, determina la separación de las mordazas iniciales permitiendo conocer la velocidad de deformación.</li> <li>• Por ello se empieza calibrando el mismo, donde las probetas se colocan sobre el equipo, en cuyas mordazas, permitiendo que así no exista desplazamiento alguno, con ello se inicia y registra los resultados dados.</li> </ul>	Datos obtenidos de la parte experimental.	NTE INEN 2635
5	Humedad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Láminas biodegradables de achira</li> <li>• Crisoles</li> <li>• Termobalanza</li> <li>• Balanza Analítica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se procede a tomar el respectivo peso inicial de las láminas de plástico.</li> <li>• Luego se las coloca en la termobalanza para medir el porcentaje de humedad de cada una.</li> </ul>	$\% \text{ Humedad} = \frac{P_{iL} - P_{fL}}{P_{iL}}$ <p><b>Ecuación 6-3.</b> Cálculo del porcentaje de humedad de las láminas de plásticos biodegradables.</p>	Método Gravimétrico

			<ul style="list-style-type: none"> <li>Luego de esto, se procede a registrar los datos del respectivo peso final de las láminas.</li> <li>Se debe realizar 2 ensayos de este tipo por cada muestra.</li> </ul>	<p>Donde:</p> $P_{iL}$ = Peso inicial de las láminas de plástico biodegradables. $P_{fL}$ = Peso final de las láminas de plástico biodegradables.	
6	Biodegradabilidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>Agua</li> <li>Tierra orgánica</li> <li>Bioplástico de achira</li> <li>Recipientes</li> <li>Programa Image J</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se procede a cortar las láminas de plástico en una dimensión de 4x 4 cm.</li> <li>Se coloca las muestras en el agua, tierra orgánica y a la intemperie.</li> <li>Se ejecuta el análisis respecto en el programa pasando 5 días y se registra los valores resultantes.</li> </ul>	El programa Image J, es el encargado de ejecutar los cálculos respecto a la biodegradabilidad de las láminas, permitiendo conocer la disminución del área que presenta el bioplástico.	Método de disminución de área

Realizado por: Ruiz, Katherine, 2022.

## CAPÍTULO IV

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

#### 4.1. Datos obtenidos

##### 4.1.1. Almidón

##### 4.1.1.1. Análisis físico químico de la materia prima

Para la respectiva obtención de la materia prima se empleó de 20 muestras y se procedió a tomar los respectivos datos los cuales se encuentran detallados en la Tabla 1-4

**Tabla 1-4:** Resultados del análisis físico químico de la achira.

Nº	Producto	Características		
		Peso (g)	Longitud (mm)	Diámetro (mm)
1	Achira	114,325	77,300	45,500
2		61,547	52,200	42,500
3		54,909	52,900	40,500
4		115,427	103,700	65,800
5		58,636	67,500	38,200
6		116,624	98,000	49,200
7		157,402	81,200	54,800
8		64,788	108,200	41,800
9		188,739	99,400	90,600
10		117,933	119,400	50,800
11		117,697	108,300	47,200
12		199,892	154,400	57,600
13		100,178	104,200	56,100
14		197,635	125,400	66,500
15		83,589	97,100	58,200
16		133,971	83,100	64,400
17		158,377	98,100	63,000
18		91,416	75,100	54,600
19		127,337	131,500	14,800
20		158,426	152,800	13,100
<b>Promedio</b>		120,942	99,490	50,760

Realizado por: Ruiz, Katherine, 2022.



4.1.1.2. Rendimiento promedio del almidón de achira

**Tabla 2-4:** Rendimiento promedio del almidón de la achira.

No.	Tratamiento	Variables	Repetición	Volumen agua (mL)	Peso (g)			Rendimiento (%)		Tiempo de secado (h)	
					Producto	Almidón		R	Promedio		
						R	Promedio				Total
1	TRA1	RPM 1: 1	R1	2221	2221	1,5	1,375	5,5	0,067	0,061	3
			R2			1,25			0,056		
			R3			1,35			0,060		
			R4			1,4			0,063		
2	TRA2	RPM 1: 1.5	R1			4	3,750	15	0,180	0,168	3
			R2			2			0,090		
			R3			5			0,225		
			R4			4			0,180		
3	TRA3	RPM 2: 1	R1			2	3,000	12	0,090	0,135	3
			R2			2			0,090		
			R3			4			0,180		
			R4			4			0,180		
4	TRA4	RPM 2: 1.5	R1			3	3,000	12	0,135	0,135	3
			R2			3			0,135		
			R3			3			0,135		
			R4			3			0,135		

Realizado por: Ruiz, Katherine, 2022.

4.1.1.3. Obtención del almidón por vía húmeda

**Tabla 3-4:** Datos del almidón obtenido por vía húmeda.

Nº	Tratamiento	Repetición	Valores iniciales			Valores finales	
			Materia prima(g)	Cantidad total (g)	Volumen agua(mL)	Almidón (g)	Cantidad total (g)
1	TRA2	R1	250,000	14113,891	400	8,237	875,153
2		R2	250,393			19,628	
3		R3	250,690			13,127	
4		R4	250,380			9,855	
5		R5	250,291			13,127	
6		R6	250,692			18,794	
7		R7	250,835			12,988	
8		R8	250,122			8,240	
9		R9	250,026			15,680	
10		R10	250,092			10,026	
11		R11	250,278			13,902	
12		R12	250,029			13,326	
13		R13	250,785			16,195	
14		R14	250,280			17,515	
15		R15	250,250			13,186	
16		R16	252,265			16,223	
17		R17	268,522			15,683	
18		R18	259,523			24,731	
19		R19	256,031			16,583	
20		R20	244,573			15,923	
21		R21	265,890			13,101	
22		R22	255,484			11,908	
23		R23	253,697			12,511	
24		R24	253,467			17,937	
25		R25	254,841			16,593	
26		R26	252,575			12,301	
27		R27	243,912			16,872	
28		R28	257,983			17,251	
29		R29	254,993			15,065	
30		R30	252,595			15,152	
31		R31	253,455			13,591	
32		R32	260,845			15,778	

33		R33	251,197			16,187	
34		R34	310,166			13,906	
35		R35	250,711			16,432	
36		R36	259,110			16,62	
37		R37	157,110			13,394	
38		R38	256,639			14,697	
39		R39	290,902			16,840	
40		R40	251,285			12,972	
41		R41	263,011			18,022	
42		R42	226,086			23,146	
43		R43	264,293			25,398	
44		R44	251,542			22,662	
45		R45	286,778			15,279	
46		R46	253,012			17,426	
47		R47	250,904			24,218	
48		R48	261,452			16,633	
49		R49	269,866			13,204	
50		R50	262,269			15,964	
51		R51	285,426			12,778	
52		R52	274,418			17,851	
53		R53	274,675			12,395	
54		R54	179,053			11,411	
55		R55	265,787			18,815	
56		R56	372,797			17,841	

Realizado por: Ruiz, Katherine, 2022.

### 4.1.2. Óxido de grafeno

#### 4.1.2.1. Sintetización

Para la respectiva obtención del óxido de grafeno se empleó el método de Hummers modificado, pues el mismo fue dado por (Tubón,2015, pp.71-73), dentro de su investigación “*Physical and Chemical treatments to produce Graphene and their related applications*”, siendo el mismo un proceso recurrente para este tipo de síntesis.

**Tabla 3-4:** Cantidades resultantes dentro de la sinterización.

Nº	Grafito (g)	Óxido de grafito(g)	Óxido de grafeno(g)
1	3,396	2,291	1,380

Realizado por: Ruiz, Katherine, 2022.

### 4.1.3. Bioplásticos

#### 4.1.3.1. Elaboración del blanco

**Tabla 4-4:** Formulación del blanco.

Tratamiento	Cantidad de almidón (g)	Cantidad de glicerina (mL)	Cantidad de agua destilada (mL)	Cantidad de ácido acético (mL)	Repetición	Tiempo de secado (H)	Temperatura de secado (°C)
TRA1	5,5	2,75	75	2	R1	72	28
					R2		
					R3		
					R4		

Realizado por: Ruiz, Katherine, 2022.

Dentro de la elaboración del plástico se trabajó con 4 tratamientos los cuales fueron ejecutados por medio de las operaciones unitarias de trituración, reducción de tamaño, filtración, sedimentación y decantado, secado obteniendo así dichas láminas, las mismas fueron manufacturadas en la Libertad-Santa Elena, cuyo tiempo de secado fue de 72 horas, donde el ambiente del Cantón La Libertad se encontraba a una temperatura de 28°C.

#### 4.1.3.2. Elaboración con óxido de grafeno

Para el respectivo diseño, fue seleccionado totalmente al azar, empleando 6 tratamientos distintos, donde dentro de los mismos existieron 4 repeticiones, permitiendo así la variación de la cantidad del óxido de grafeno empleado.

**Tabla 5-4:** Formulación de las láminas con óxido de grafeno.

Nº	Tratamiento	Cantidad de almidón (g)	Cantidad de glicerina (mL)	Cantidad de agua destilada (mL)	Cantidad de óxido de grafeno (mL)	Repetición	Tiempo de secado (h)	Temperatura de secado (°C)						
1	TRA1	5,5	2,75	75	0,5	R1	24	28						
						R2								
						R3								
						R4								
2	TRA2				5,5	2,75	75	1	R1	24	28			
									R2					
									R3					
									R4					
3	TRA3							5,5	2,75	75	1,5	R1	24	28
												R2		
												R3		
												R4		
4	TRA4	5,5	2,75	75							2	R1	24	28
												R2		
												R3		
												R4		
5	TRA5				5,5	2,75	75				2,5	R1	24	28
												R2		
												R3		
												R4		
6	TRA6							5,5	2,75	75	3	R1	24	28
												R2		
												R3		
												R4		

Realizado por: Ruiz, Katherine, 2022.

#### 4.1.3.3. Ensayo de humedad

El respectivo ensayo de humedad se ejecutó en la termobalanza ubicada dentro del laboratorio de Química Analítica correspondiente a la Facultad de Ciencias, en donde se mencionó los parámetros respecto a la medida (4x4 cm) de las láminas de plástico obtenidas.

**Tabla 6-4.** Prueba de humedad.

N°	Tratamiento	Repetición	Peso inicial (g)	Peso final (g)
1	TRA1	R1	0,323	0,272
		R2	0,333	0,176
		R3	0,325	0,175
2	TRA2	R1	0,172	0,122
		R2	0,176	0,125
		R3	0,175	0,123
3	TRA3	R1	0,198	0,145
		R2	0,197	0,144
		R3	0,198	0,142
4	TRA4	R1	0,194	0,143
		R2	0,194	0,144
		R3	0,195	0,142
5	TRA5	R1	0,181	0,132
		R2	0,182	0,133
		R3	0,184	0,135
6	TRA6	R1	0,274	0,201
		R2	0,275	0,202
		R3	0,273	0,201

Realizado por: Ruiz, Katherine, 2022.

#### 4.1.3.4. Ensayo de solubilidad

En los ensayos de solubilidad, se emplearon las muestras resultantes de la prueba de humedad, lo que permitió obtener resultados factibles para el cálculo. Esta se ejecutó en el laboratorio de Investigación, el cual se encuentra ubicado en la Facultad de Ciencias, empleando consigo el shaker a 100 RPM y una estufa de recirculación, donde la misma se encontró a 40°C, para el respectivo secado del plástico degradable.

**Tabla 7-4:** Prueba de solubilidad

N°	Tratamiento	Repetición	Peso inicial (g)	Peso final (g)
1	TRA1	R1	0,271	0,234
		R2	0,273	0,233
		R3	0,273	0,235
2	TRA2	R1	0,137	0,106
		R2	0,138	0,108
		R3	0,137	0,105
3	TRA3	R1	0,154	0,093
		R2	0,156	0,094
		R3	0,153	0,093
4	TRA4	R1	0,154	0,099
		R2	0,152	0,097
		R3	0,153	0,094
5	TRA5	R1	0,138	0,106
		R2	0,137	0,107
		R3	0,14	0,105
6	TRA6	R1	0,273	0,205
		R2	0,271	0,206
		R3	0,275	0,203

Realizado por: Ruiz, Katherine, 2022.

#### 4.1.3.5. Espesor

Se empleó 10 muestras obtenidas del plástico biodegradables para la respectiva prueba de espesor.

**Tabla 8-4:** Mediciones del espesor.

N°	Tratamiento	Repetición	M1 (mm)	M2(mm)	M3 (mm)	M4 (mm)	M5 (mm)	M6 (mm)	M7 (mm)	M8 (mm)	M9 (mm)	M10 (mm)	
1	TRA1	R1	0,100	0,100	0,100	0,200	0,100	0,100	0,100	0,200	0,200	0,100	
		R2	0,200	0,100	0,200	0,200	0,100	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	
		R3	0,200	0,100	0,200	0,200	0,100	0,100	0,100	0,100	0,200	0,100	0,100
		R4	0,200	0,100	0,100	0,200	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
2	TRA2	R1	0,300	0,300	0,100	0,100	0,200	0,100	0,300	0,200	0,100	0,200	
		R2	0,100	0,100	0,300	0,200	0,200	0,100	0,100	0,200	0,200	0,200	
		R3	0,300	0,300	0,300	0,200	0,200	0,200	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
		R4	0,300	0,300	0,200	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,200	0,200
3	TRA3	R1	0,100	0,200	0,200	0,200	0,200	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
		R2	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,200	0,200	0,200	0,200
		R3	0,200	0,200	0,100	0,100	0,100	0,100	0,200	0,100	0,100	0,200	0,100
		R4	0,200	0,200	0,200	0,100	0,100	0,100	0,100	0,200	0,200	0,200	0,200
4	TRA4	R1	0,200	0,100	0,300	0,200	0,300	0,200	0,200	0,200	0,200	0,300	0,100
		R2	0,100	0,200	0,200	0,200	0,300	0,100	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
		R3	0,300	0,100	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,100	0,300



		R4	0,300	0,100	0,300	0,100	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
5	TRA5	R1	0,100	0,300	0,100	0,200	0,200	0,200	0,300	0,100	0,100	0,300
		R2	0,300	0,300	0,300	0,100	0,200	0,200	0,100	0,100	0,100	0,100
		R3	0,200	0,200	0,200	0,300	0,300	0,300	0,200	0,100	0,100	0,100
		R4	0,100	0,100	0,100	0,100	0,300	0,300	0,300	0,200	0,200	0,200
6	TRA6	R1	0,100	0,100	0,100	0,100	0,200	0,300	0,300	0,100	0,200	0,200
		R2	0,300	0,300	0,300	0,300	0,100	0,300	0,100	0,200	0,200	0,200
		R3	0,300	0,300	0,200	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,200	0,200
		R4	0,100	0,100	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,300	0,300	0,300

**Realizado por:** Ruiz, Katherine, 2022.

#### 4.1.3.6. Ensayo de permeabilidad

Para el ensayo de permeabilidad se llevó a cabo en el laboratorio de Química Analítica, perteneciente a la Facultad de Ciencias, y se empleó las láminas de plástico biodegradables resultantes, cuya medición es de 4x4 cm, donde previo a esto se colocó un día antes a la respectiva activación de la sílica gel a una temperatura de 65°C, teniendo como muestras 9 pesos totales, donde fueron evaluados durante 8 horas seguidas en un lapso de 24 horas.

**Tabla 9-4:** Ensayo de permeabilidad.

N°	Tratamiento	Repetición	Peso 1 (g)	Peso 2 (g)	Peso 3 (g)	Peso 4 (g)	Peso 5 (g)	Peso 6 (g)	Peso 7 (g)	Peso 8 (g)	Peso 9 (g)
1	TRA1	R1	24,864	24,871	24,887	24,023	24,892	24,897	24,897	24,897	25,038
		R2	24,865	24,872	23,889	24,024	24,893	24,896	24,895	24,894	25,039
		R3	24,866	24,871	23,888	23,025	24,891	24,897	24,896	24,893	25,040
2	TRA2	R1	23,219	23,3429	23,224	23,2105	23,2603	23,2680	23,2385	23,2689	23,279
		R2	23,220	23,343	23,225	23,211	23,260	23,268	23,239	23,269	23,280
		R3	23,218	23,343	23,224	23,211	23,261	23,268	23,238	23,269	23,279
3	TRA3	R1	23,413	23,431	23,43	23,303	23,435	23,4415	23,4416	23,4420	23,552
		R2	23,415	23,432	23,410	23,301	23,436	23,442	23,442	23,442	23,552
		R3	23,413	23,433	23,450	23,302	23,436	23,442	23,442	23,442	23,553
4	TRA4	R1	23,077	23,485	23,0079	23,0915	23,100	23,109	23,110	23,1115	23,534
		R2	23,078	23,486	23,008	23,092	23,101	23,110	23,111	23,112	23,533
		R3	23,076	23,485	23,008	23,091	23,102	23,109	23,112	23,112	23,534
5	TRA5	R1	23,807	23,460	23,8354	23,312	23,855	23,097	23,097	23,099	24,345
		R2	23,807	23,461	23,836	23,311	23,856	23,098	23,098	23,098	24,346
		R3	23,808	23,462	23,834	23,312	23,855	23,098	23,097	23,098	24,999
6	TRA6	R1	23,532	23,525	23,089	23,032	23,394	23,461	23,467	23,469	23,628
		R2	23,534	23,526	23,090	23,033	23,394	23,462	23,468	23,468	23,629
		R3	23532	23,527	23,087	23,034	23,395	23,463	23,468	23,468	23,629

Realizado por: Ruiz, Katherine, 2022.

#### 4.1.3.7. Prueba de degradabilidad

Este tipo de ensayo se ejecutó en un programa denominado Image J, el cual nos permitió tener como resultado el área del bioplástico resultante y consigo el proceso de degradación que el mismo se llevó a cabo con el pasar de los días, tanto al ambiente, suelo y en el agua.

**Tabla 10-4:** Degradación en suelo.

Nº	Tratamiento	Área Inicial (cm <sup>2</sup> )	Área 1 (cm <sup>2</sup> )	Área 2 (cm <sup>2</sup> )	Área 3 (cm <sup>2</sup> )	Área 4 (cm <sup>2</sup> )	Área 5 (cm <sup>2</sup> )	Área 6 (cm <sup>2</sup> )	Área 7 (cm <sup>2</sup> )	Área 8 (cm <sup>2</sup> )	Área 9 (cm <sup>2</sup> )
1	TRA1	9,344	8,400	8,400	7,540	7,540	7,000	7,000	7,000	7,000	6,785
2	TRA2	9,322	9,600	8,700	6,000	6,000	5,760	5,760	5,520	5,520	5,280
3	TRA3	9,670	9,600	9,000	8,700	8,700	8,400	8,400	8,400	8,400	8,120
4	TRA4	9,446	7,250	6,240	6,000	6,000	5,520	5,520	5,520	5,520	5,280
5	TRA5	9,238	7,260	7,260	5,060	5,060	5,060	6,060	4,830	4,830	4,600
6	TRA6	9,223	9,300	9,000	8,700	8,700	8,400	8,400	8,100	8,100	7,830

Realizado por: Ruiz, Katherine, 2022.

**Tabla 11-4:** Degradación en ambiente.

Nº	Tratamiento	Área Inicial (cm <sup>2</sup> )	Área 1 (cm <sup>2</sup> )	Área 2 (cm <sup>2</sup> )	Área 3 (cm <sup>2</sup> )	Área 4 (cm <sup>2</sup> )	Área 5 (cm <sup>2</sup> )	Área 6 (cm <sup>2</sup> )	Área 7 (cm <sup>2</sup> )	Área 8 (cm <sup>2</sup> )	Área 9 (cm <sup>2</sup> )
1	TRA1	9,990	9,990	7,830	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000
2	TRA2	9,989	8,700	8,700	8,700	8,700	8,700	8,700	8,700	8,700	8,700
3	TRA3	9,880	8,700	8,700	8,400	8,400	8,400	8,100	7,830	7,830	7,830
4	TRA4	9,789	8,640	7,800	7,800	7,800	7,800	7,500	7,500	7,500	7,500

5	TRA5	9,788	8,700	8,400	8,400	8,400	8,400	8,100	8,100	7,830	7,830
6	TRA6	9,769	8,700	8,700	8,700	8,700	8,700	8,410	8,410	8,410	8,210

Realizado por: Ruiz, Katherine, 2022.

**Tabla 12-4:** Degradación en agua.

N°	Tratamiento	Área Inicial (cm <sup>2</sup> )	Área 1 (cm <sup>2</sup> )	Área 2 (cm <sup>2</sup> )	Área 3 (cm <sup>2</sup> )	Área 4 (cm <sup>2</sup> )	Área 5 (cm <sup>2</sup> )	Área 6 (cm <sup>2</sup> )	Área 7 (cm <sup>2</sup> )	Área 8 (cm <sup>2</sup> )	Área 9 (cm <sup>2</sup> )
1	TRA1	9,345	6,250	5,750	5,280	5,280	4,830	4,830	4,830	4,830	4,600
2	TRA2	9,210	5,750	5,520	4,830	4,830	4,600	4,600	4,400	4,400	4,180
3	TRA3	9,094	10,200	9,900	8,910	8,910	8,370	8,370	7,800	7,800	7,500
4	TRA4	9,324	9,300	8,700	6,960	6,960	6,960	6,960	6,380	6,380	6,090
5	TRA5	8,567	6,240	6,240	6,000	6,000	5,520	5,520	4,000	4,000	3,800
6	TRA6	9,680	6,600	6,300	5,280	5,228	5,280	5,280	4,600	4,600	4,400

Realizado por: Ruiz, Katherine, 2022.

## 4.2. Cálculos

### 4.2.1. Almidón

#### 4.2.1.1. Rendimiento de la extracción por vía húmeda

Para el respectivo rendimiento del almidón obtenido de la achira se empleó la siguiente fórmula, dando como resultado el rendimiento de todas las respectivas repeticiones:

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{Peso almidón obtenido (g)}}{\text{Peso materia prima achira (g)}} \times 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{24,218}{250,904} \times 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = 9,652$$

#### 4.2.1.2. Contenido de cenizas

Para el respectivo cálculo del contenido de cenizas tanto de la materia prima, como del almidón obtenido de la achira, se aplicó la siguiente fórmula, haciendo énfasis en las diversas repeticiones detalladas:

$$\% \text{Cenizas} = \frac{\text{Peso cenizas (g)}}{\text{Peso muestra de almidón de achira seca (g)}} \times 100$$

$$\% \text{Cenizas} = \frac{0,025}{33,447} \times 100$$

$$\% \text{Cenizas} = 0,074$$

#### 4.2.1.3. Índice de solubilidad de agua

Para el respectivo resultado de la solubilidad del almidón y la materia prima de la achira, haciendo énfasis a las distintas repeticiones hechas, se aplicó la siguiente fórmula:

$$ISA = \frac{\text{Peso solubles (g)} * \text{Volumen sobrenadante (mL)} * \frac{10}{\text{mL}}}{\text{Peso muestra base seca (g)}}$$

$$ISA = \frac{0,016 \text{ (g)} * 24 \text{ (mL)} * \frac{10}{\text{mL}}}{6,349 \text{ (g)}}$$

$$ISA = 0,604$$

#### 4.2.2. Óxido de grafeno

##### 4.2.2.1. Rendimiento de la obtención del óxido de grafito

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{Peso óxido de grafito (g)}}{\text{Peso grafito en polvo (g)}} * 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{3,311 \text{ (g)}}{3,396 \text{ (g)}} * 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = 97,497$$

##### 4.2.2.2. Rendimiento de la obtención del óxido de grafeno

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{Peso óxido de grafeno (g)}}{\text{Peso óxido de grafito (g)}} * 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{1,380 \text{ (g)}}{3,396 \text{ (g)}} * 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = 40,636$$

### 4.2.3. Bioplásticos

#### 4.2.3.1. Porcentaje de solubilidad

El cálculo de la solubilidad del bioplástico en cada una de las repeticiones ejecutadas se aplicó la siguiente fórmula:

$$\% \text{Solubilidad} = \frac{\text{Peso inicial bioplástico seco (g)} - \text{Peso final bioplástico seco (g)}}{\text{Peso inicial bioplástico seco (g)}} \times 100$$

$$\% \text{Solubilidad} = \frac{0,137(\text{g}) - 0,106(\text{g})}{0,137(\text{g})} \times 100$$

$$\% \text{Solubilidad} = 22,627$$

#### 4.2.3.2. Porcentaje de permeabilidad

Para el respectivo cálculo del porcentaje de permeabilidad de las láminas de plástico obtenido del almidón de la achira, se aplicó la siguiente fórmula, haciendo énfasis a las diversas repeticiones detalladas:

$$\text{Permeabilidad} = \frac{(P_2 - P_1) * e}{t * pv * (\varphi_2 - \varphi_1)}$$

$$\text{Permeabilidad} = \frac{(25,038 \text{ g} - 24,864 \text{ g}) * 0,2 \text{ mm}}{24 \text{ h} * 0,003 \text{ MPa} * (75 - 0)}$$

$$\text{Permeabilidad} = 0,006 \frac{\text{g} * \text{mm}}{\text{h} * \text{MPa}}$$

#### 4.2.3.3. Porcentaje de degradabilidad

Para el respectivo porcentaje de degradabilidad del bioplástico obtenido de la achira se empleó la siguiente fórmula, dando como resultado el rendimiento de todas las respectivas repeticiones:

$$\% \text{ Degradabilidad} = \frac{\text{Área inicial bioplástico (cm}^2\text{)} - \text{Área final bioplástico (cm}^2\text{)}}{\text{Área inicial bioplástico (cm}^2\text{)}} \times 100$$

$$\% \text{ Degradabilidad} = \frac{8,567 \text{ (cm}^2\text{)} - 4,000 \text{ (cm}^2\text{)}}{8,567 \text{ (cm}^2\text{)}} \times 100$$

$$\% \text{ Degradabilidad} = 53,309$$

#### 4.2.3.4. Cuadrado de error medio

$$\text{Mse} = \frac{\text{Suma de cuadrados de los grupos}}{\text{Grados de libertad}}$$

$$\text{Mse} = \frac{653,225}{18}$$

$$\text{Mse} = 36,290$$

#### 4.2.3.5. Diferencia honestamente significativa

$$\text{HSD} = \text{Multiplicador} \times \sqrt{\frac{\text{Mse}}{n}}$$

$$\text{HSD} = 4,490 \times \sqrt{\frac{36,290}{4}}$$

$$\text{HSD} = 13,524$$



### 4.3. Resultados

#### 4.3.1. Almidón

##### 4.3.1.1. Caracterización sensorial de la materia prima

Se ejecutó la caracterización física de la achira dentro de la experimentación, en donde se manipuló 20 muestras, donde se tomó su respectivo peso, longitud y diámetro.

**Tabla 13-4:** Análisis sensorial de la achira.

N°	Características		
	Peso (g)	Longitud (mm)	Diámetro (mm)
1	120,942	99,490	50,760

Realizado por: Ruiz, Katherine, 2022.

##### 4.3.1.2. Rendimiento de la extracción por vía húmeda

En base a la experimentación y a los diversos tratamientos obtenidos, se obtuvo un rendimiento del 2,994%, mediante el manejo de las operaciones unitarias de trituración, reducción de tamaño, filtración, sedimentación y decantado, secado donde nos da como resultado que el tratamiento TRA2, pues empleando las mismas técnicas de extracción implementadas dentro de la práctica de laboratorio en el Cantón La Libertad, permitió obtener un rendimiento mayor al anterior. Sin embargo, la cantidad de materia prima que se empleó incremento la cantidad de almidón obtenida dentro de la experimentación anterior, respecto a la cantidad total (14113,891 g).

**Tabla 14-4:** Extracción por vía húmeda de la achira.

N°	Producto	Rendimiento (%)
1	Almidón de Achira	15,627

Realizado por: Ruiz, Katherine, 2022.

#### 4.3.1.3. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos

**Tabla 15-4:** Determinación de las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de la achira.

Nº	Producto	Parámetro	Unidades	Valor	Estándar	Norma/Institución
1	Achira ( <i>Canna edulis</i> )	Humedad	%	11,524	-	FAO
2		Ceniza	%	0,019	-	FAO
3		Solubilidad	%	7,169	-	FAO
4		pH	-	5,283	-	INEN 1456
5		Fibra	%	2,04	-	SAQMIC
6		Proteína	%	4,96	-	SAQMIC
7		Viscosidad	cP	110,070	-	Norma Técnica Colombiana (NTC) 3228
8		Hongos	UFC/g	1200	Min: $1 \times 10^3$ Max: $1 \times 10^4$	SAQMIC
9		Levaduras y Mohos	UFC/g	1800	Min: $1 \times 10^3$ Max: $1 \times 10^4$	SAQMIC
10		Coliformes Totales	UFC/g	20	Mín. $1 \times 10^3$ Máx. $1 \times 10^4$	SAQMIC

Realizado por: Ruiz, Katherine, 2022.

**Tabla 16-4:** Determinación de las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del almidón.

Nº	Producto	Parámetro	Unidades	Valor	Estándar	Norma/Institución
1	Almidón de Achira ( <i>Canna edulis</i> )	Humedad	%	8,131	10-13	FAO
2		Ceniza	%	0,13	0,06-1,30	FAO
3		Solubilidad	%	0,9324	0,27-12,32	FAO
4		pH	-	5,690	5,00-7,00	INEN 1456
5		Viscosidad	cP	5,741,67	478-15,606	Norma Técnica Colombiana (NTC) 3228
6		Temperatura de gelatinización	°C	66,333	-	FAO
7		Amilosa	%	37,43	-	INIAP
8		Amilopectina	%	62,57	-	INIAP
9		Hongos	UFC/g	2000	Mín. $1 \times 10^3$ Máx. $5 \times 10^3$	SAQMIC

10		Levadura y Mohos	UFC/g	5000	Mín. $1 \times 10^3$ Máx. $5 \times 10^3$	SAQMIC
11		Coliformes Totales	UFC/g	140	Mín. $2 \times 10^5$ Máx. $3 \times 10^5$	SAQMIC

Realizado por: Ruiz, Katherine, 2022.

El presente trabajo de investigación partió desde la extracción del almidón de achira, basándose en los parámetros fisicoquímicos, tomados tanto de las normas FAO y las Normas Técnicas Colombianas que se rigen netamente al empleo de esta materia prima, donde en primera instancia el promedio de las repeticiones elaboradas dieron como resultado final referente a la temperatura de gelatinización de 63, 33°C, esto se debe a poder de hinchamiento de los gránulos del almidón, los cuales al ser sometidos a temperaturas elevadas permiten que la amilosa y la amilopectina presente adquieran la mayor cantidad de líquido, permitiendo que el almidón aumente su viscosidad y en donde la misma dio un valor de 5,741.67 cP, el cual se encuentra dentro de lo establecido dentro de la norma. En base a la metodología dada por el autor Quezada (2019, pp. 33-35), en su proyecto investigativo, detalló las determinaciones fisicoquímicas del almidón nativo de la malanga y de la achira, haciendo énfasis a la temperatura de gelatinización de ejecutada por calorimetría diferencial de barrido, donde la misma resulto 65,28°C, relacionándose en gran manera con los almidones de la yuca, camote, avena y cebada. Sin embargo, el respectivo análisis de amilosa fue de 28,59 %, dando así que la cantidad de amilosa presente en este granulo determina si la temperatura de gelatinización es mayor o lo contrario y cuya viscosidad presento un valor de 3535,5 cP, por la rápida absorción de agua en un tiempo de 3,5 minutos aproximadamente.

#### 4.3.2. Óxido de grafeno

##### 4.3.2.1. Rendimientos de la sintetización

**Tabla 17-4:** Obtención del compuesto.

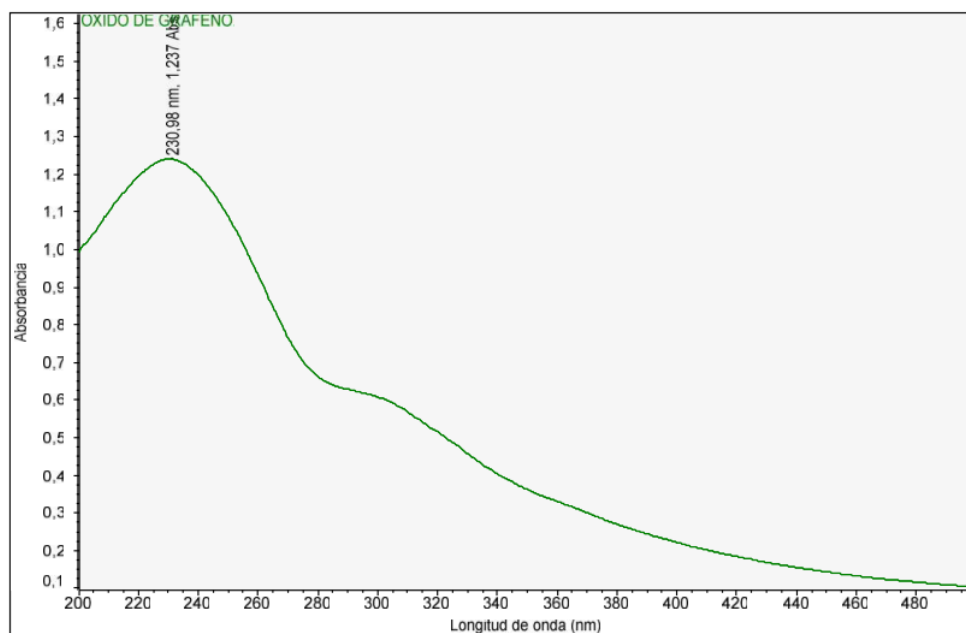
N°	Rendimiento óxido de grafito	Rendimiento óxido de grafeno
1	97,497	40,636

Realizado por: Ruiz, Katherine, 2022.

En base a los resultados obtenidos de la síntesis del óxido de grafeno, y la metodología dada por Tubón (2015, pp.71-73), mediante el empleo del método modificado de Hummers, se obtuvo un rendimiento del óxido de grafito del 97, 497 %, considerándose como un rendimiento apropiado, pese

a que no se recuperó una cantidad aproximada o superior a lo empleado en su respectiva síntesis, pues por lo expuesto por Lunavictoria (2020, pp.11-37), en cuya obtención se genera un distanciamiento de las láminas obtenidas procedentes del grafito común y consiguiendo la generación de los compuestos funcionales característicos del mismo. Sin embargo, el resultado estuvo influenciado por la pérdida de material en las diversas lavadas del compuesto; pese a esto, se consiguió un rendimiento considerable. Para su recuperación se precedió a ejecutar el proceso detallado y se logró aumentar el rendimiento del elemento descrito. Por otro lado, el rendimiento del óxido de grafeno fue del 40,636%, que, por lo mencionado anteriormente, no se considera como un rendimiento elevado. Sin embargo, se encuentra dentro de lo establecido y existió un elevado índice de oxidación del grafito.

#### 4.3.2.2. Espectroscopía UV-Vis óxido de grafeno



**Ilustración 1-4:** Espectroscopía UV-Vis óxido de grafeno.

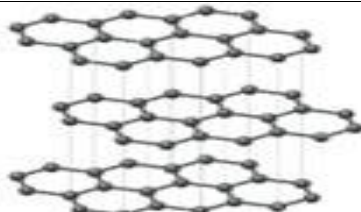
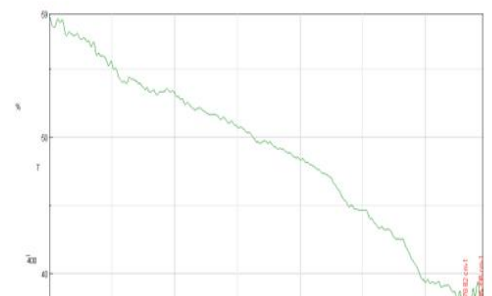
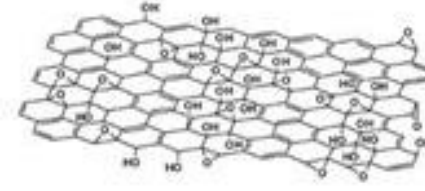
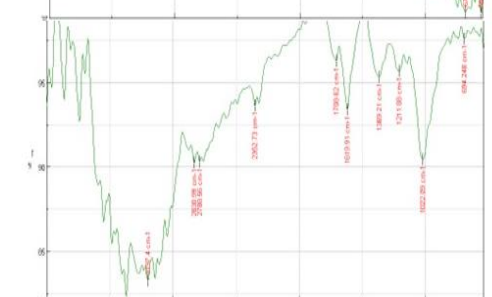
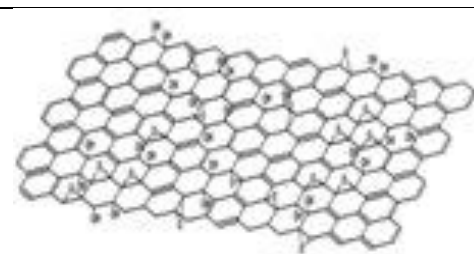
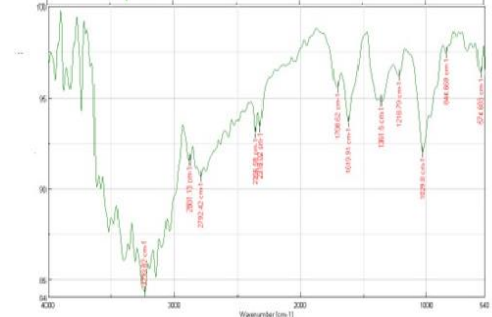
Realizado por: Ruiz, Katherine, 2022.

Dentro del proceso de absorción del óxido de grafeno nos dio un resultado de 230,98 nm y 300nm, que se atribuyen a la transición  $\pi-\pi^*$  de los enlaces C=C y transición  $n-\pi^*$  de los enlaces C=O, donde nos evidencia la presencia del óxido de grafeno dentro de un rango de oxidación de 221-233 nm, esto nos permitió decir que existió la presencia de grupos carbonilo ( $-\text{COOH}$ ) los cuales se localizaron en los picos donde presentó mayor absorbancia siendo característico del mismo (Lunavictoria,2020, pp.11-37). Según López & Cuenca (2017, pp.19-34), nos menciona la longitud de onda está comprendida entre

los 160 a 780 nm, pues a mayor oxidación menor es el nivel de absorbancia y contrariamente a lo detallado, considerando que nuestro nivel de absorbancia fue menor, se dice que la oxidación que existió fue alta.

#### 4.3.2.3. Espectros infrarrojos

**Tabla 18-4:** Espectros infrarrojos de diferentes compuestos

No.	Nombre	Estructura	IR
1	Grafito	 <p><b>Ilustración 2-4:</b> Grafito.</p>	
2	Óxido de grafito	 <p><b>Ilustracion 3-4:</b> Óxido de grafito.</p>	
3	Óxido de grafeno	 <p><b>Ilustración 4-4:</b> Óxido de grafeno.</p>	 <p><b>Ilustracion 5-4:</b> Ir de espectros infrarrojos</p>

Realizado por: Ruiz, Katherine, 2022.

Conforme a los espectros infrarrojos que se detallaron en el proyecto de investigación referente a la síntesis del óxido de grafeno, se tuvo tres graficas comparativas en cuyas ilustraciones tienen una

configuración hexagonal y los cuales poseen grupos hidroxilos, carbonilos y epóxidos. En el Ir del grafito se evidenció una gráfica descendente con la presencia de leves vibraciones esto se puede ver afectado por las alteraciones causadas por el ambiente. Sin embargo, este reactivo empleado no tuvo problema alguno en la respectiva obtención del óxido de grafito. En cambio, el análisis de Espectroscopia infrarroja transformada de Fourier existió diversos picos en donde es muy clara la oxidación del óxido de grafito y grafeno y con ello nos permitió identificar diversos grupos funcionales:

**Tabla 19-4:** Grupos funcionales óxido de grafito.

Elemento	Pico	Grupos	Descripción/compuesto
Óxido de grafito	3197,4 cm <sup>-1</sup>	-OH	Vibraciones de estiramiento
	2830,99 a 2788,56 cm <sup>-1</sup>	-CH <sub>3</sub> y -CH <sub>2</sub> o -CH	Compuestos alifáticos
	1708,62 a 1619,91 cm <sup>-1</sup>	-C=O	Cetonas
	1211,08 cm <sup>-1</sup>	-COOH	Ácidos carboxílicos
	694,248 cm <sup>-1</sup>	R-O-R''	Grupos epóxidos

Realizado por: Ruiz, Katherine, 2022.

**Tabla 20-4:** Grupos funcionales óxido de grafeno.

Elemento	Pico	Grupos	Descripción/compuesto
Óxido de grafeno	3239,82 y 2792,42 cm <sup>-1</sup>	OH	Vibraciones de estiramiento
	2881,13 cm <sup>-1</sup>	-CH <sub>3</sub> y -CH <sub>2</sub> o -CH	Compuestos alifáticos
	1708,62 a 1619,91 cm <sup>-1</sup>	-C=O	Cetonas
	1218,79 cm <sup>-1</sup>	-COOH	Ácidos carboxílicos
	884,669 cm <sup>-1</sup>	R-O-R''	Grupos epóxidos

Realizado por: Ruiz, Katherine, 2022.

Lo que se evidenció dentro de los grupos funcionales es que en ambos compuestos partiendo del grafito se obtuvo la presencia de grupos hidroxilos, carbonilos, cetonas y ácidos carboxilos en los picos enunciado en las tablas 19-4 y 20-4 los cuales poseen similitudes en ambos compuestos. Siendo comparado con el trabajo de Lunavictoria (2020, pp.11-37), donde los grupos funciones tuvieron similitud referente a los valores de los picos resultantes dando a conocer la presencia del compuesto y la pureza del grafito empleado.

### 4.3.3. Bioplásticos

#### 4.3.3.1. Análisis preliminar

Para lograr una comparación de las propiedades mecánicas del bioplástico con óxido de grafeno, se requirió elaborar 4 repeticiones referente al blanco manufacturado con ácido acético, permitiéndonos la evaluación del mejoramiento con el uso del óxido de grafeno.

**Tabla 21-4:** Evaluación previa del blanco.

N°	Tratamiento	Repetición	Peso (g)	Espesor (mm)	Moldeo	Forma película	Transparencia	Estabilidad
1	G1	R1	0,195	0,090	SI	SI	Transparente	SI
		R2	0,199	0,100	SI	SI	Transparente	SI
		R3	0,189	0,090	SI	SI	Transparente	SI
		R4	0,201	0,093	SI	SI	Transparente	SI

Realizado por: Ruiz, Katherine, 2022.

**Tabla 22-4:** Evaluación previa del bioplástico con óxido de grafeno.

N°	Tratamiento	Repetición	Peso (g)	Espesor (mm)	Moldeo	Forma película	Transparencia	Estabilidad
1	TRA1	R1	1,285	0,2	SI	SI	SI	SI
		R2	1,345	0,2	SI	SI	SI	SI
		R3	1,453	0,2	SI	SI	SI	SI
		R4	1,234	0,2	SI	SI	SI	SI
2	TRA2	R1	1,560	0,1	SI	SI	Ligeramente Opaco	SI
		R2	1,254	0,2	SI	SI	Ligeramente Opaco	SI

		R3	1,350	0,2	SI	SI	Ligeramente Opaco	SI
		R4	1,983	0,2	SI	SI	Ligeramente Opaco	SI
3	TRA3	R1	1,618	0,2	SI	SI	Opaco	SI
		R2	1,052	0,1	SI	SI	Opaco	SI
		R3	1,892	0,1	SI	SI	Opaco	SI
		R4	0,892	0,1	SI	SI	Opaco	SI
4	TRA4	R1	1,922	0,2	SI	SI	Opaco	SI
		R2	2,169	0,1	SI	SI	Opaco	SI
		R3	1,241	0,1	SI	SI	Opaco	SI
		R4	1,560	0,1	SI	SI	Opaco	SI
5	TRA5	R1	1,144	0,1	SI	SI	Muy opaco	SI
		R2	1,340	0,1	SI	SI	Muy opaco	SI
		R3	1,465	0,1	SI	SI	Muy opaco	SI
		R4	2,340	0,1	SI	SI	Muy opaco	SI
6	TRA6	R1	2,728	0,1	SI	SI	Muy opaco	SI
		R2	2,345	0,2	SI	SI	Muy opaco	SI
		R3	2,890	0,1	SI	SI	Muy opaco	SI
		R4	2,679	0,1	SI	SI	Muy opaco	SI

Realizado por: Ruiz, Katherine, 2022.

En base a los datos obtenidos en la obtención de la lámina de plástico a partir del almidón de achira, se logró notar cambios significativos en la coloración y el peso de estos, esto se denotó por el uso del óxido de grafeno pues el compuesto les confirió resistencia y compactación a las láminas resultantes.

#### 4.3.3.2. Pruebas físicas del bioplástico

**Tabla 23-4:** Ensayos físicos del bioplástico.

N°	Tratamiento	Espesor(mm)	Humedad (%)	Solubilidad (%)	Permeabilidad $\left(\frac{g \cdot mm}{h \cdot Mpa}\right)$
1	TRA1	0,143	36,363	14,075	0,005
2	TRA2	0,180	29,254	22,518	0,002
3	TRA3	0,145	27,318	39,536	0,005
4	TRA4	0,200	26,414	36,862	0,009
5	TRA5	0,190	26,875	23,418	0,026
6	TRA6	0,195	26,520	25,025	0,003

Realizado por: Ruiz, Katherine, 2022.



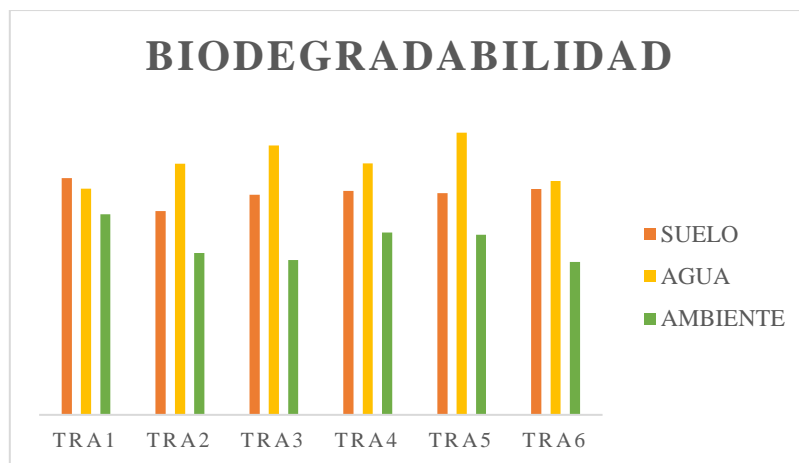
Conforme a los resultados obtenidos de la caracterización física del plástico degradable a partir de la achira empleando óxido de grafeno, se concluyó que en base a los valores resultantes dentro de los 6 tratamientos referente al espesor se encontraron dentro del rango establecido por la norma INEN 2542:2010, en donde nos detalla que lo permitido es un espesor de 0,2 mm. Por otro lado, dentro de los ensayos de humedad se hallaron dentro de lo establecido por Wang, L. et al, (2013, pp. 35-41) en donde nos menciona que el rango mínimo y máximo de humedad oscila entre los 25, 95 a 42, 71 %. Sin embargo, esto dependió la materia prima a emplear y tomando en consideración que el reactivo clave en nuestra investigación fue el óxido de grafeno el cual permitió la disminución de la humedad en el plástico elaborado. Según Guamán (2019, p.47) nos detalla el límite de la solubilidad de un bioplástico se encuentra siendo el mismo de 40-60 %, y lo resultante en nuestras laminas se encontraron dentro de lo determinado y referente a los ensayos de permeabilidad estuvieron dentro de los límites permitidos expuestos por Wang, L. et al, (2013, pp. 35-41), el cual es de  $5,77 \frac{\text{g}\cdot\text{mm}}{\text{h}\cdot\text{Mpa}}$ , pues al aplicar el óxido de grafeno permite que nuestro plástico rellene sus espacios intermoleculares.

#### 4.3.3.3. Prueba de degradabilidad

**Tabla 24-4:** Ensayo de degradabilidad.

N°	Tratamiento	Degradabilidad (%)		
		Agua	Suelo	Ambiente
1	TRA1	74,799	78,272	66,337
2	TRA2	83,049	67,417	53,525
3	TRA3	89,105	72,750	51,241
4	TRA4	83,134	74,011	60,287
5	TRA5	93,353	73,338	59,551
6	TRA6	77,365	74,660	50,595

Realizado por: Ruiz, Katherine, 2022.



**Ilustración 6-4:** Biodegradabilidad en los diversos ambientes.

Realizado por: Ruiz, Katherine, 2022.

En base a los resultados se puede evidenciar que la mayor tasa de degradabilidad se encontró dentro del ambiente agua, pues al ser nuestra fuente de materia prima el almidón de achira considerado como un tubérculo, este tiene la capacidad de degradarse más rápido que en los otros medios, siendo el tratamiento TRA5, TRA3 y TRA4 los que presentan un porcentaje de degradabilidad elevado en el agua del 93,353%, 89,105% y 83,134%, respectivamente y los mismos en base a la norma europea EN 13432, en el escrito por Guamán (2019, p.47), nos detalla que para un plástico se considere como biodegradable o apto para el compostaje es necesario que alcance el 90% de degradabilidad, pese a que nuestros plásticos no se hallaron dentro de lo establecido, se puede decir que en un rango de 21 días aproximadamente alcanzaron un porcentaje de degradabilidad adecuado. Por otro lado, la norma INEN 2643:2012, nos menciona que el tiempo de degradación total estima un lapso aproximadamente 6 meses y según Avellán et al. (2020, p.6), empleando la norma ASTM (2019), nos dice que este proceso lleva un tiempo de 90 días para la descomposición total del mismo. Tomando en consideración esto, se puede concluir que el medio agua dentro del tratamiento cinco, cumplió con las especificaciones de las normas tomadas como referencia y estaría apta para procesos de compostaje. Sin embargo, en los otros medios se logró una descomposición tanto en el suelo y del ambiente de los tratamientos TRA1 (78,272%) mayor, TRA2 (67,417%) menor y TRA1 (66,337%) mayor, TRA6 (50,595%) menor, respectivamente.

#### 4.3.3.4. Tiempo estimado de biodegradabilidad

**Tabla 25-4:** Tiempo estimado de biodegradabilidad en diversos ambientes.

N°	Producto	Agua (días)	Suelo (días)	Ambiente (días)
1	Bioplástico a partir del almidón de achira	21	35	53

Realizado por: Ruiz, Katherine, 2022.

#### 4.3.3.5. Ensayos de tracción

**Tabla 26-4:** Pruebas mecánicas del blanco.

N°	Tratamiento	Módulo elástico (MPa)	Máxima carga (N)	Máximo desplazamiento (mm)	Máximo esfuerzo (MPa)	Máxima deformación (%)	Rotura carga (N)
1	Blanco	6,612	0,507	0,648	0,415	1,982	0,297

Realizado por: Ruiz, Katherine, 2022.

En base a los datos obtenidos de las respectivas pruebas mecánicas, se procedió a realizar una análisis de varianza, el cual nos permitió corroborar las diferencias entre los grupos existentes, identificando de esta manera que si existió diferencias significativas entre los mismos, por ello se evaluó mediante un análisis ANOVA y Tukey, para así descartó los tratamientos que no permiten obtener mejoramiento y se indagó la formulación correcta del plástico elaborado con achira y la influencia que tuvo el óxido de grafeno.

**Tabla 27-4:** Módulo elástico.

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
TRA1	4	472,6496	118,1624	1148,36965
TRA2	4	511,234	127,8085	2859,14302
TRA3	4	225,83928	56,45982	3181,92934
TRA4	4	22,98368	5,74592	6,76936202
TRA5	4	26,55847	6,6396175	0,31858074
TRA6	4	733,18197	183,2954925	51177,8027

Realizado por: Ruiz, Katherine, 2022.

**Tabla 28-4:** ANOVA módulo elástico.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	103227,4473	5	20645,48946	2,12204459	0,10952008	2,772853153
Dentro de los grupos	175122,9979	18	9729,055437			
Total	278350,4452	23				

Realizado por: Ruiz, Katherine, 2022.

**Tabla 29-4:** Máxima carga.

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
TRA1	4	10,78	2,695	0
TRA2	4	10,78	2,695	0
TRA3	4	9,815	2,45375	0,07770625
TRA4	4	10,1025	2,525625	0,39185156
TRA5	4	10,675	2,66875	0,11129375
TRA6	4	10,6325	2,658125	0,12858906

Realizado por: Ruiz, Katherine, 2022.

**Tabla 30-4:** ANOVA máxima carga.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,206127083	5	0,041225417	0,34865849	0,87640816	2,772853153
Dentro de los grupos	2,128321875	18	0,118240104			
Total	2,334448958	23				

Realizado por: Ruiz, Katherine, 2022.

**Tabla 31-4:** Máximo desplazamiento.

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
TRA1	4	3,50904	0,87726	0,0405333
TRA2	4	4,25097	1,0627425	1,30300696
TRA3	4	16,059667	4,01491675	14,8479997
TRA4	4	26,01329	6,5033225	3,92661186
TRA5	4	30,23245	7,5581125	6,2888758
TRA6	4	11,39703	2,8492575	7,10642361

Realizado por: Ruiz, Katherine, 2022.

**Tabla 32-4:** ANOVA máximo desplazamiento.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	153,6629314	5	30,73258629	5,50213454	0,00302291	2,772853153
Dentro de los grupos	100,5403537	18	5,585575208			
Total	254,2032852	23				

Realizado por: Ruiz, Katherine, 2022.

- Análisis Tukey para el máximo desplazamiento.

**Tabla 33-4:** Análisis Tukey máximo desplazamiento.

	TRA1	TRA2	TRA3	TRA4	TRA5	TRA6
TRA1		-0,185	-3,138	-5,626	-6,681	-1,972
TRA2			-2,952	-5,441	-7,558	-1,787
TRA3				-2,488	-3,543	1,166
TRA4					-1,055	3,654
TRA5						4,709
TRA6						

Realizado por: Ruiz, Katherine, 2022.

**Tabla 34-4:** Máximo esfuerzo.

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
TRA1	4	2,39853	0,5996325	0,02641437
TRA2	4	2,65507	0,6637675	0,0766159
TRA3	4	3,67652	0,91913	0,19385232
TRA4	4	3,70914	0,927285	0,1445958
TRA5	4	4,89929	1,2248225	0,00863451
TRA6	4	4,12234	1,030585	0,11108246

Realizado por: Ruiz, Katherine, 2022.

**Tabla 35-4:** ANOVA máximo esfuerzo.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	1,077989508	5	0,215597902	2,30505724	0,08748193	2,772853153
Dentro de los grupos	1,683586058	18	0,093532559			
Total	2,761575566	23				

Realizado por: Ruiz, Katherine, 2022.

**Tabla 36-4:** Máxima deformación.

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
TRA1	4	9,15645	2,2891125	0,24107324
TRA2	4	11,36812	2,84203	9,18828727
TRA3	4	42,39585	10,5989625	101,770151
TRA4	4	74,1413	18,535325	26,2379465
TRA5	4	87,2326	21,80815	28,2145043
TRA6	4	30,76549	7,6913725	52,0896643

Realizado por: Ruiz, Katherine, 2022.

**Tabla 37-4:** ANOVA máxima deformación.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	1305,218156	5	261,0436312	7,19321248	0,00073835	2,772853153
Dentro de los grupos	653,2248804	18	36,29027113			
Total	1958,443036	23				

Realizado por: Ruiz, Katherine, 2022.

- Análisis Tukey para la máxima deformación

**Tabla 38-4:** Análisis Tukey máxima deformación

	TRA1	TRA2	TRA3	TRA4	TRA5	TRA6
TRA1		-0,553	-8,310	-16,246	-19,519	-5,402
TRA2			-7,757	-15,693	-18,966	-4,849
TRA3				-7,936	-11,209	2,908
TRA4					-3,273	10,844
TRA5						14,117
TRA6						

Realizado por: Ruiz, Katherine, 2022

**Tabla 39-4:** Rotura de carga.

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
TRA1	4	8,57	2,1425	0
TRA2	4	8,57	2,1425	0
TRA3	4	5,9825	1,495625	0,55795573
TRA4	4	2,275	0,56875	0,00772292
TRA5	4	3,4025	0,850625	0,06138073
TRA6	4	5,39	1,3475	0,4969375

Realizado por: Ruiz, Katherine, 2022.

**Tabla 40-4:** ANOVA rotura de carga.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	8,414705208	5	1,682941042	8,98369602	0,00020269	2,772853153
Dentro de los grupos	3,371990625	18	0,187332813			
Total	11,78669583	23				

Realizado por: Ruiz, Katherine, 2022.

- Análisis Tukey para la rotura de carga.

**Tabla 41-4:** Análisis Tukey rotura de carga.

	TRA1	TRA2	TRA3	TRA4	TRA5	TRA6
TRA1		0,000	0,647	1,574	1,292	0,795
TRA2			0,647	1,574	1,292	0,795
TRA3				0,927	0,645	0,148
TRA4					-0,282	-0,779
TRA5						-0,497
TRA6						

Realizado por: Ruiz, Katherine, 2022.

**Tabla 42-4:** Pruebas mecánicas con óxido de grafeno.

Nº	Tratamientos	Módulo elástico (MPa)	Máxima carga (N)	Máximo desplazamiento (mm)	Máximo esfuerzo (MPa)	Máxima deformación (%)	Rotura carga (N)
1	TRA1	118,162	2,695	0,877	0,600	2,289	2,143
2	TRA2	101,257	1,063	1,063	0,664	2,842	2,143
3	TRA3	53,460	4,015	4,015	0,919	10,599	1,496
4	TRA4	5,746	6,503	6,503	0,927	18,535	0,569
5	TRA5	6,640	7,558	7,558	1,225	21,808	0,851
6	TRA6	1108,450	2,849	2,849	1,031	7,691	1,348

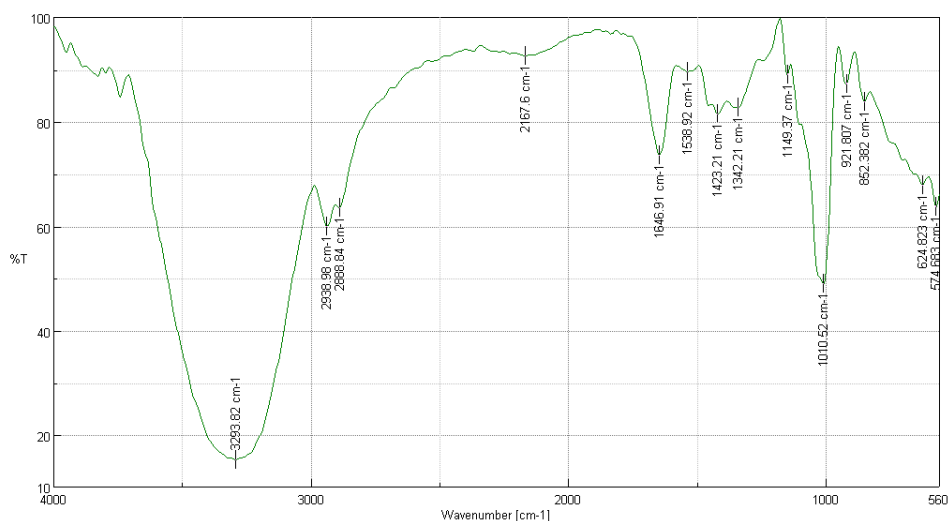
Realizado por: Ruiz, Katherine, 2022.

Conforme a los resultados que se obtuvieron del análisis ANOVA permitieron establecer los parámetros de los seis tratamientos obtenidos en nuestro proyecto de las pruebas mecánicas ejecutadas a los plásticos degradables de achira, en donde el módulo elástico, máxima carga y máximo esfuerzo no existieron diferencias significativas, considerando que nuestro valor de probabilidad se halló por encima del valor de confiabilidad el cual corresponde al 95%, lo cual nos permitió conocer que todos los tratamientos son adecuados para estos parámetros. Sin embargo, si existió diferencias que se hallaron por debajo de los 0,05 del valor de significancia, en los parámetros restantes, por lo que los tratamientos TRA1, TRA2, TRA4, TRA5, y TRA6, se encontraron alejados de las diversas repeticiones, por ello, se debió, ejecutar el respectivo análisis Tukey, evaluando así esas diferencias. Como resultado se obtuvo que las pruebas realizadas llevan a concretar que el tratamiento TRA3, se consideró como uno de los mejores pues presentó un desplazamiento 4,015 mm, una deformación de 10,599 % y una rotura de carga de 1,496 N; considerando estas las variables evaluadas dentro del



análisis Tukey, incluyendo que la adición del óxido de grafeno mejora estos parámetros en un 519,599% y 434,763%.

- *Espectroscopia infrarroja del mejor tratamiento*



**Ilustración 7-4:** Espectroscopia del tratamiento 3 con óxido de grafeno.

**Realizado por:** Ruiz, Katherine, 2022.

Se obtuvo el tratamiento con mejores propiedades mecánicas en base al análisis ANOVA y Tukey al tratamiento 3, por ello, se evaluó las características que el óxido de grafeno proporción al plástico en base a la espectroscopia dando como resultado que en el existen grupos hidroxilos, carboxilos, cetonas y epóxidos, los cuales son característicos del compuesto adherido, por ello se detallaron conforme a los picos obtenidos en la tabla 43-4:

**Tabla 43-4:** Grupos funcionales tratamiento 3.

Elemento	Pico	Grupos	Descripción/compuesto
TRA3 con óxido de grafeno	3293,82 y 2888, 84 $\text{cm}^{-1}$	-OH	Vibraciones de estiramiento
	2938,98 $\text{cm}^{-1}$	-CH <sub>3</sub> y -CH <sub>2</sub> o -CH	Compuestos alifáticos
	1646,91 $\text{cm}^{-1}$	-C=O	Cetonas

	1149,37 cm <sup>-1</sup>	-COOH	Ácidos carboxílicos
	852,382 cm <sup>-1</sup>	R-O-R''	Grupos epóxidos

Realizado por: Ruiz, Katherine, 2022.

#### 4.3.3.6. Valoración económica

**Tabla 44-4:** Insumo de la producción de almidón.

N°	Producto	Valor invertido (\$)
1	Achira	50,00
2	Agua destilada	23,078

Realizado por: Ruiz, Katherine, 2022.

**Tabla 45-4:** Insumos de la producción del óxido de grafeno seco.

N°	Producto	Valor invertido (\$)
1	Grafito	15,00
2	Agua destilada	0,927
3	Ácido sulfúrico	1,056
4	Permanganato de potasio	3,271
5	Peróxido de hidrógeno	0,479
6	Ácido clorhídrico	0,255
7	Hielo	0,850
8	Aceite de cocina	1,000
9	Caracterizaciones	100,00

Realizado por: Ruiz, Katherine, 2022.

**Tabla 46-4:** Insumos en la producción del óxido de grafeno en solución.

N°	Producto	Valor invertido (\$)
1	Agua destilada	1,030

Realizado por: Ruiz, Katherine, 2022.

**Tabla 47-4:** Precios por gramo producto.

N°	Producto	Valor invertido (\$)
1	Almidón	0,084
2	Óxido de grafeno en seco	89,013
3	Óxido de grafeno en solución	90,043

Realizado por: Ruiz, Katherine, 2022

**Tabla 48-4:** Costos de producción de las láminas biodegradables.

N°	Costos de producción de las láminas de plástico	
	Tratamiento	Valor (\$)
1	TRA1	0,584
2	TRA2	0,674
3	TRA3	0,719
4	TRA4	0,764
5	TRA5	0,764
6	TRA6	0,809

Realizado por: Ruiz, Katherine, 2022.

#### ***4.3.4. Prueba de Hipótesis***

Conforme a la investigación realizada se llegó a la conclusión que, mediante el uso del óxido de grafeno en la variación de 1,5 mL, en las láminas de bioplástico generadas a partir del almidón de achira se logró obtener laminas cuyas propiedades mecánicas mejoraron en un 519,599% y 434,763%, haciendo énfasis en sus propiedades de desplazamiento y deformación de estas, siendo el tratamiento 3: TRA3, el óptimo para esta elaboración.

## CAPÍTULO V

### 5. MARCO PROPOSITIVO

#### 5.1. Propuesta

Dentro del aspecto industrial, esta investigación se puede incorporar al sector alimentario correspondiente al embalaje de alimentos, tal es el caso de la empresa Andaltec, en donde ya existen investigaciones dentro del proyecto europeo denominado Grafood, el cual consiste en la elaboración de envases haciendo empleo del óxido de grafeno, mejorando así en estos empaques las propiedades mecánicas (Mangaraj et al, 2019, pp.1-11). Sin embargo, nuestra propuesta debe estar enlazada a elementos biopolímeros, como es el caso de la Achira, materia prima empleada dentro del proyecto, por esto se toma como base la investigación expuesta por Grande (2016, pp.1-2), pues nos da a conocer que el uso del quitosano, bajo influencia del óxido de grafeno al 0.1%, en la elaboración de las láminas de plástico aumento de manera significativa las propiedades térmicas y mecánicas, e incluso mejoraron la inhibición y proliferación de las diversas bacterias y microorganismos (22,86%), que destruyen las láminas biodegradables, convirtiéndose así como una alternativa para la conservación de productos dentro del sector alimenticio.

Los resultados obtenidos dentro del proyecto de investigación ejecutado demostraron que la adición del óxido de grafeno en las láminas elaboradas a partir de la extracción del almidón de la Achira (*Canna edulis*), es favorable pues estas en la evaluación y caracterización de las mismas, dieron valores de desplazamiento de 4,015 mm, una deformación de 10,599 % y una rotura de caga de 1,496 N correspondientes a siendo el tratamiento el TRA3, considerándose el más factible para su manufactura, constituyéndose a su vez, las cantidades aptas de 5,5 gr del almidón, 75 mL de agua destilada, 1,5 mL de óxido de grafeno y 2,75 mL de glicerina. Por ello, se establece que, en base a los resultados obtenidos del proyecto investigativo, que las cantidades obtenidas en su respectiva elaboración nos permitieron un plástico biodegradable óptimo y estable el cuál puede ser empleado como embalaje para alimentos.

## CONCLUSIONES

- Se determinó la incidencia de la adicción del óxido de grafeno en la obtención del plástico degradable de la achira mediante la implementación de las pruebas mecánicas en donde se obtuvo un mejoramiento de los parámetros establecidos como módulo elástico (16664,217%), máxima carga (1390,730%), máximo desplazamiento (1066,358%), máximo esfuerzo (195,181%), máxima deformación (1000,303%) y rotura de carga (621,549%).
- Se identificó cual es la concentración óptima de óxido de grafeno para la respectiva elaboración del plástico en base los resultados del mejor tratamiento (TRA3), la adicción del óxido de grafeno mejoro las propiedades mecánicas en un 519,599% en el desplazamiento y 434,763% en la deformación, respectivamente.
- Se evidenció las diversas caracterizaciones físico-mecánicas y degradables del plástico degradable en donde en base a lo establecido en la norma INEN 2542:2010, la caracterización se determinó que el espesor es de 0,2 mm, la humedad de 36,363%, la solubilidad de 39,536 % y la permeabilidad de  $0,026 \frac{g \cdot mm}{h \cdot Mpa}$  considerándose dentro de los parámetros establecidos citados en la norma, siendo el mejor tratamiento el TRA3 donde dio un módulo elástico (53,460 MPa), máxima carga (4,015 N), máximo desplazamiento (4,015 N), máximo esfuerzo (0,919 MPa), máxima deformación (10,599%) y rotura de carga (1,496 N). Para el ensayo de degradabilidad los valores más representativos en agua fueron del 93,353% (TRA5), 78,272% en suelo (TRA1) Y 66,337 % al ambiente (TRA1).
- Se definió que el tiempo de degradación del plástico mediante el ensayo de análisis de disminución el área con el programa Image J evaluado a los 15 a 30 días, se degradó en agua 83,134 %, 89,105 % y 93,353 % correspondientes a los tratamientos TRA4, TRA3 y TRA5, en suelo 78,272 % y 74,66% (TRA1 y TRA6) y ambiente 66,337% y 60,287% (TRA1 y TRA4), donde el respectivo tiempo de degeneración de cada ambiente fue entre: 21, 35, 53 días, respectivamente.
- Se estableció el costo de producción del plástico biodegradable a partir de la achira (*Canna edulis*), correspondiente al TRA3, mediante la respectiva valoración económica de los implementos utilizados que son: almidón de achira y óxido de grafeno en una lámina de 310,80 cm<sup>2</sup> dando como resultado \$ 0,719.
- Se especificó mediante un análisis ANOVA y Tukey que existen diferencias significativas entre los tratamientos TRA1, TRA2, TRA4, TRA5, Y TRA6, al evaluar los parámetros de las pruebas

mecánicas dando como resultado dicha diferencia en las características de máximo desplazamiento, máxima deformación y rotura de carga.

## RECOMENDACIONES

- Se debería considerar el aprovechamiento del residuo obtenido del proceso de filtración de los diversos tratamientos, pues este tendrá algún aprovechamiento lignocelulósico en algún otro proceso investigativo.
- Se debería ejecutar el proceso de caracterización fisicoquímica del almidón presente en la cáscara de la raíz de la achira, pues en la obtención de una parte de este, se obtuvo un rendimiento considerable. Sin embargo, se debería buscar alternativas para lograr quitar en su mayor parte la cáscara para así llevar a cabo este proceso.
- Se debería implementar el aprovechamiento neto de las cáscaras de la achira, pues las mismas por el valor nutricional de esta raíz, podría ser de uso para algún otro proceso direccionado a la obtención o uso dentro sector industrial mediante un tema investigativo.
- Se debería realizar el proceso de aprovechamiento de los residuos obtenidos de los diversos lavados ejecutados en la centrifugación del óxido de grafito, pues en el existen materia pérdida y la misma lograría ser usada para obtener más producto requerido en algún otro proceso de investigación.



## GLOSARIO

**ASTM D-883:** (American Society for Testing and Materials), es una norma aplicada a materiales plastificantes, los mismos que son añadidos a un biopolímero permitiendo su elaboración y flexibilidad (Ku, 2018, pp.2-4).

**CO-RATIO:** Es una relación carbono-oxígeno, donde tiene influencia en las propiedades físicas propias del óxido de grafeno (Rojas & Barraza, 2013, pp.43-45).

**Comportamiento reológico:** Dentro de la industria, hace referencia a la resistencia del esfuerzo de cizalla, la temperatura y al descenso de la retrogradación (Aristizábal & Sánchez, 2007, pp. 76-106).

**FAO:** (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), es una guía técnica para la producción y el respectivo análisis del almidón de yuca (Aristizábal & Sánchez, 2007, pp. 76-106).

**GAIA:** Alianza global para alternativas a la incineración, es una organización fundada en el año 2002 dentro de una comunidad española, sin fines de lucro, cuyo fin se basa es la conservación de la naturaleza (Morán, 2021, pp.2-3).

**Hidrocarbúricos:** Son compuestos de origen orgánico, en cuya composición está presente los átomos de carbono e hidrogeno. Por lo general se manipulan dentro del campo petrolero (Carballo, 2009, pp.3-4)

**Retrogradación:** Nos detalla los cambios que ocurren tras el proceso de reorganización de las moléculas del almidón, luego que las mismas han sido gelatinizadas (Hurtado, 2019, p.14),

**RPM:** Revoluciones por minutos, es una unidad de medición que nos permite dar a conocer la velocidad angular o la frecuencia de un determinado equipo (Quezada, 2019, p.30).

**Sustancias polimerizantes:** Son sustancias que no poseen una estabilización y además experimentan una reacción exotérmica (Fernández, 2010, pp.9-247).

## **BIBLIOGRAFÍA**

**AGUILAR CASTRO, María del Carmen.** Síntesis de plásticos Bio-basados a partir de monómeros Bifuncionales obtenidos de compuestos derivados de Ácidos grasos. [en línea] (Trabajo de Titulación) (Tercer Nivel) Universidad Autónoma del Estado de México, Unidad Académica Profesional Tianguistenco, México. 2017. pp 31-32. [Consulta: 16 marzo 2022]. Disponible en: <https://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/67368/Mar%C3%ADa%20del%20Carmen%20Aguilar%20Castro-split-merge.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

**ARCOS JÁCOME, Roberto Xavier.** Investigación del almidón de achira y propuesta gastronómica para el Cantón Píllaro. [en línea] (Trabajo de Titulación) (Tercer Nivel) Universidad Tecnológica Equinoccial, Facultad de Turismo, Hotelería y Gastronomía, Carrera de Gastronomía, Ecuador. 2015. pp 6-7. [Consulta: 17 marzo 2022]. Disponible en: [http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/16047/1/60646\\_1.pdf](http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/16047/1/60646_1.pdf)

**ARÉVALO NIÑO, M.C. Katiushka.** Elaboración de plásticos biodegradables a partir de polisacáridos y su estudio de biodegradación a nivel de laboratorio y de campo. [en línea] (Trabajo de Titulación) (Cuarto Nivel) Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, División de Estudios de Postgrado, México. 1996. pp 16-17. [Consulta: 16 marzo 2022]. Disponible en: <http://eprints.uanl.mx/4767/1/1080073271.PDF>

**ARISTIZÁBAL, J & SÁNCHEZ, T.** “Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca”. FAO [en línea], 2007, (Italia) 163(1), pp. 76-106. [Consulta: 28 diciembre 2021]. ISSN 1020-4334. Disponible en: <https://doi.org/9253056770-9789253056774>

**AVELLÁN et al.** (2020). Obtención de bioplásticos a partir del almidón de maíz (*Zea mays L.*). Colón, Ciencias, Tecnológicas Negocios”. 7(1), p 6.

**ÁVILA ESPINOZA, Jhonnathan Eugenio.** Evaluación del comportamiento en compresión de morteros reforzados con óxido de grafeno y costos inherentes al proceso productivo de la mezcla. [en línea] (Trabajo de Titulación) (Tercer Nivel) Universidad de Especialidades Espíritu Santo, Facultad de Arquitectura e Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería Civil, Ecuador. 2018. pp 03-11. [Consulta: 24 marzo 2022]. Disponible en:

<http://repositorio.uees.edu.ec/bitstream/123456789/2917/1/Tesis%20%C3%B3xido%20de%20grafeno%202018.pdf>

**BALART GIMENO, Rafael Antonio & MONTAÑES MUÑOZ, Néstor.** Desarrollo, optimización y modelización de compuestos de alto rendimiento medioambiental derivados de poli (butilén succinato) - PBS y residuos de cáscara de almendra”. [en línea] (Trabajo de Titulación) (Cuarto Nivel) Universitat Politècnica de València, Instituto de tecnología de Materiales, Ingeniería y Producción Industrial, España. 2018. p 36. [Consulta:13 marzo 2022]. Disponible en: [https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/115935/Memoria%20deTesis\\_V3.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/115935/Memoria%20deTesis_V3.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

**BALLESTEROS PAZ, Laura Vanessa.** Los bioplásticos como alternativa verde y sostenible de los plásticos basados en petróleo. [en línea] (Trabajo de Titulación) (Tercer Nivel) Universidad de San Buenaventura Cartagena, Ingeniería Química, Colombia. 2014. p. 6 [Consulta: 02 julio 2022]. [http://bibliotecadigital.usb.edu.co/bitstream/10819/2247/1/Los%20Biopl%C3%A1sticos\\_Laura%20Ballestero\\_USBCTG\\_2014.pdf](http://bibliotecadigital.usb.edu.co/bitstream/10819/2247/1/Los%20Biopl%C3%A1sticos_Laura%20Ballestero_USBCTG_2014.pdf)

**BIOPAT. Achira.** [en línea]. Perú: INDECOPI, 2016. [Consulta: 17 marzo 2022]. Disponible en: <https://www.indecopi.gob.pe/documents/3015875/4896339/Biopat+62/2e83a923-d9c1-a1a1-94b8-5374a33299dc>

**BRITO, H.** *Texto Básico Operaciones Unitarias II.* [en línea]. Ecuador: Design of Equipment and Processes, 2001. [Consulta:23 marzo 2022]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/315778840\\_Texto\\_Basico\\_Operaciones\\_Unitarias\\_II](https://www.researchgate.net/publication/315778840_Texto_Basico_Operaciones_Unitarias_II)

**BRITO, H.** *Texto Básico Operaciones Unitarias III.* [en línea]. Ecuador: Libros EIQ, 2001. [Consulta:23 marzo 2022]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/313673664\\_TEXTO\\_BASICO\\_DE\\_OPERACIONES\\_UNITARIAS\\_III](https://www.researchgate.net/publication/313673664_TEXTO_BASICO_DE_OPERACIONES_UNITARIAS_III)

**CABALLERO et al.** “Plástico y sus dos caras”. Convicciones. [en línea], 2019, (Colombia) 6 (12), pp.49-52. [Consulta:13 marzo 2022]. ISSN 2389-7589. Disponible en: <https://www.fesc.edu.co/Revistas/OJS/index.php/convicciones/article/view/522>

**CAGUANA TLENCHANA, Verónica Estefanía.** Evaluación de la Achira (*Canna indica*) para la elaboración de vajilla desechable biodegradable. [en línea] (Trabajo de Titulación) (Tercer Nivel) Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Ingeniería en Medio Ambiente, Ecuador. 2018. pp 20-55. [Consulta: 13 marzo 2022]. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/5238/6/PC-000367.pdf>

**CAICEDO, et al.** *La Achira: Alternativa agroindustrial para áreas de economía campesina*. [en línea]. Colombia: CORPOICA y PRONATTA, 2003. [Consulta: 18 marzo 2022]. Disponible en: <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4071/1/La%20achira%20tecnicas%20de%20cultivo%20y%20beneficio.pdf>

**CAICEDO, et al.** *La achira: su producción y beneficio*. [en línea]. Colombia: CORPOICA y PRONATTA, 2003. [Consulta: 17 marzo 2022]. Disponible en: <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4079/1/La%20achira%20su%20produccion%20y%20beneficio.pdf>

**CALERO ZURITA, Mabel Fabiola & LAPO MACHAY, Esthela Karina.** Diseño de una línea de producción de envases biodegradables a partir de bioplástico, aprovechando residuos del plátano (musa paradisíaca) con aplicación para el uso de empaquetado de alimentado. [en línea] (Trabajo de Titulación) (Tercer Nivel) Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad Ciencias de la Ingeniería, Carrera de Ingeniería Industrial, Ecuador. 2021. pp 10-15. [Consulta: 17 marzo 2022]. Disponible en: <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/6123/1/T-UTEQ-103.pdf>

**CARBALLO, E.** “Futuro en los plásticos”. Redalyc. [en línea], 2009, (México) 1 (96), pp.3-4. [Consulta: 27 febrero 2022]. ISSN 0187-6376. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/644/64414998007.pdf>

**CHARIGUAMÁN CHANATASIG, Jimmy Alcides.** Caracterización de bioplástico de almidón elaborado por el método de casting reforzado con albedo de maracuyá (*Passiflora edulis* spp.). [en línea] (Trabajo de Titulación) (Cuarto Nivel) Universidad Zamorano, Escuela Agrícola Panamericana-Zamorano, Carrera de Agroindustria, Honduras. 2015. pp 7-17. [Consulta: 16 marzo 2022]. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/4560/1/AGI-2015-014.pdf>

**CHARRO ESPINOSA, Mónica Margarita.** Obtención de bioplástico biodegradable a partir de almidón de patata. [en línea] (Trabajo de Titulación) (Tercer Nivel) Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería Química, Carrera de Ingeniería Química, Ecuador. 2015. pp. 07- 73. [Consulta: 26 marzo 2022]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/3788/1/T-UCE-0017-97.pdf>

**CHIMBO ENCLADA, Melanie Valeria.** Producción de plástico biodegradable para el uso en alimentos a partir del almidón de residuo de yuca. [en línea] (Trabajo de Titulación) (Tercer Nivel) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Ingeniería en Biotecnología Ambiental, Ecuador. 2021. p 15. [Consulta: 13 marzo 2022]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/14783/1/236T0544.pdf>

**COLCHA DÍAZ, Juan Gabriel & VILLA OROZCO, Mariana Elizabeth.** Diseño e implementación de un sistema electrónico-informático para aplicaciones en ensayos en la máquina universal. [en línea] (Trabajo de Titulación) (Tercer Nivel) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Escuela de Ingeniería Mecánica, Ecuador. 2010. p 9. [Consulta: 17 marzo 2022]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/891/1/15T00458.pdf>

**CUADRADO PEÑAFIEL, Edwin Alfredo.** Diseño de un proceso industrial para la obtención de almidón a partir de camote (*Ipomoera batatas L.*) para su uso industrial. [en línea] (Trabajo de Titulación) (Tercer Nivel) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ingeniería Química, Ecuador. 2019. pp 20-21. [Consulta: 23 marzo 2022]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/10790/1/96T00529.pdf>

**ESPINOSA, et al.** *Raíces y tubérculos andinos cultivados marginados en el Ecuador- Situación actual y limitaciones para la producción.* [en línea]. Ecuador: Ediciones ABYA-YALA, 1996. [Consulta: 17 marzo 2022]. Disponible en: [https://digitalrepository.unm.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1421&context=abya\\_yala](https://digitalrepository.unm.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1421&context=abya_yala)

**FARÍAS et al.** “Grafeno, el material del futuro. Síntesis y propiedades”. *Revista CienciaCierto*. [en línea], 2017, (México) 1 (50), pp.3-4. [Consulta: 24 marzo 2022]. ISSN 2683-1848. Disponible en: [https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Simulacion\\_y\\_Laboratorio/vol4num13/Revista\\_de\\_Simulacion\\_y\\_Laboratorio\\_V4\\_N13\\_1.pdf](https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Simulacion_y_Laboratorio/vol4num13/Revista_de_Simulacion_y_Laboratorio_V4_N13_1.pdf)

**FERNÁNDEZ et al.** “Eficacia del Permanganato de potasio en la degradación de Tiocianato en aguas residuales mineras”. Revista Internacional de Contaminación Ambiental. [en línea], 2021, (España) 37(1), p.111. [Consulta: 24 marzo 2022]. ISSN 0188-4999. Disponible en: <https://digital.csic.es/bitstream/10261/244357/1/53701-163676-1-PB.pdf>

**FERNÁNDEZ-VILLA, Silvia.** Los Plásticos en el arte y el diseño hasta 1945: Historia, tecnología, conservación e identificación. [en línea] (Trabajo de Titulación) (Tercer Nivel) Universidad Plutense de Madrid, Facultad de Bellas Artes, Departamento de Pintura, España. 2010. pp 9-247. [Consulta: 15 marzo 2022]. Disponible en: <https://eprints.ucm.es/id/eprint/11670/1/T32046.pdf>

**FRANCO, Leonardo Redondo.** Síntesis y caracterización de copolímeros bloque biocompatibles. [en línea] (Trabajo de Titulación) (Cuarto Nivel) Universidad Nacional del Sur, Ingeniería Química, Argentina. 2018. p 7. [Consulta: 15 marzo 2022]. Disponible en: [https://repositoriodigital.uns.edu.ar/bitstream/handle/123456789/4168/Tesis%20FLR%20\(Versi%F3n%20Final\).pdf;jsessionid=D556B7150E2C258103A1FD468D6AD2F5?sequence=1](https://repositoriodigital.uns.edu.ar/bitstream/handle/123456789/4168/Tesis%20FLR%20(Versi%F3n%20Final).pdf;jsessionid=D556B7150E2C258103A1FD468D6AD2F5?sequence=1)

**FRÍAS et al.** “La situación de los envases de plástico en México”. Gaceta Ecológica. [en línea], 2003, (México) 1 (69), pp. 67-82. [Consulta: 25 febrero 2022]. ISSN 1405-2849. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=53906905>

**GAITÁN OVALLE, Paula Karina.** Estudio sobre las operaciones unitarias más utilizadas en los procesos de manufactura por las industrias de procesamiento de materiales instaladas en Guatemala. [en línea] (Trabajo de Titulación) (Tercer Nivel) Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Química, Guatemala. 2008. p 142. [Consulta: 23 marzo 2022]. Disponible en: [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_1071\\_Q.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1071_Q.pdf)

**GARCÍA VÁSQUEZ, Iber.** Diseño de una línea de producción de envases biodegradables a partir de bioplástico, aprovechando residuos del plátano (musa paradisiaca) con aplicación para el uso de empaquetado de alimentado. [en línea] (Trabajo de Titulación) (Tercer Nivel) Universidad Nacional de Ucayali, Facultad Ciencias de Agropecuarias, Escuela académico Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Perú. 2017. p 16. [Consulta: 17 marzo 2022]. Disponible en: <http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/3626/000003196T.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

**GARCÍA CALOPIÑA, Luis Alfredo, et al.** Diseño del proceso productivo de bandejas biodegradables a partir de fécula de maíz. [en línea] (Trabajo de Titulación) (Tercer Nivel) Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería, Perú. 2019. pp 38-39. [Consulta: 15 marzo 2022]. Disponible en:  
<https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4276/f15f56df2c6ce4fa6b1beb82a733acae5e1247a3a2fc682d78384751f8c7955.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**GRANDE TOVAR, Carlos David.** “Bionanocompuestos de quitosano-óxido de grafeno: una alternativa novedosa para la conservación de alimentos”. Revista SENA. [en línea], 2016, (Colombia) 80 (1), pp.1-2. [Consulta: 24 junio 2022]. ISSN 0122-056X. Disponible en:  
<https://biblat.unam.mx/es/revista/informador-tecnico/articulo/bionanocompuestos-de-quitosano-oxido-de-grafeno-una-alternativa-novedosa-para-la-conservacion-de-alimentos>

**GÓMEZ SERRATO, José Guillermo.** Diagnóstico del impacto del plástico-botellas sobre el medio ambiente: Un estado del arte. [en línea] (Trabajo de Titulación) (Tercer Nivel) Universidad Santo Tomás, Facultad de Ciencias y Tecnologías, Administración Ambiental y de los Recursos Naturales, Colombia. 2016. pp 7-25. [Consulta: 13 marzo 2022]. Disponible en:  
<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/10047/Gomez2016.pdf>

**GUADRÓN DE DELGADO, Erika Neymie.** Diseño y desarrollo del proceso para la extracción de almidón a partir de guineo majoncho verde (*Musa sp.* Variedad Cuadrado), para su uso en la industria de alimentos. [en línea] (Trabajo de Titulación) (Tercer Nivel) Universidad de El Salvador, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela de Ingeniería Química e Ingeniería de Alimentos, El Salvador. 2013. pp 56-84. [Consulta: 19 marzo 2022]. Disponible en:  
[http://handbook.usfx.bo/nueva/vicerrectorado/citas/TECNOLOGICAS\\_20/Ingenieria%20de%20Alimentos/G%20DE%20DELGADO.pdf](http://handbook.usfx.bo/nueva/vicerrectorado/citas/TECNOLOGICAS_20/Ingenieria%20de%20Alimentos/G%20DE%20DELGADO.pdf)

**GUAMÁN BRAVO, Jenny Marcela.** Obtención de plásticos biodegradables a partir de almidón de cáscaras de papa para su aplicación industrial. [en línea] (Trabajo de Titulación) (Tercer Nivel) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ingeniería Química, Ecuador. 2019. p 22. [Consulta: 17 marzo 2022]. Disponible en:  
<http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/11069/1/96T00540.pdf>

**HERMIDA, E.** *Polímeros: Capítulo 9*. [en línea]. Argentina: Colección Encuentro Inet, 2011. [Consulta: 15 marzo 2022]. Disponible en:  
[http://www.inet.edu.ar/wp-content/uploads/2012/11/09\\_Polimeros.pdf](http://www.inet.edu.ar/wp-content/uploads/2012/11/09_Polimeros.pdf)

**HERNÁNDEZ et al.** “Extracción de almidón por el método seco en plátano macho, cuadrado y castilla”. *Revista de Simulación y Laboratorio*. [en línea], 2017, (México) 4 (13), p.6. [Consulta: 19 marzo 2022]. ISSN 2410-3462. Disponible en:  
[https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Simulacion\\_y\\_Laboratorio/vol4num13/Revista\\_de\\_Simulacion\\_y\\_Laboratorio\\_V4\\_N13\\_1.pdf](https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Simulacion_y_Laboratorio/vol4num13/Revista_de_Simulacion_y_Laboratorio_V4_N13_1.pdf)

**HERNÁNDEZ TOMAS, Karina.** Biodegradación de envases elaborados a base de fécula de maíz, papa, caña de azúcar, papel y oxo-degradables. [en línea] (Trabajo de Titulación) (Tercer Nivel) Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores de Zaragoza, Carrera de Biología, México. 2013. pp 33-40. [Consulta: 15 marzo 2022]. Disponible en:  
[https://www.zaragoza.unam.mx/wp-content/Portal2015/Licenciaturas/biologia/tesis/tesis\\_hernandez\\_tomas.pdf](https://www.zaragoza.unam.mx/wp-content/Portal2015/Licenciaturas/biologia/tesis/tesis_hernandez_tomas.pdf)

**HERNÁNDEZ GERVACIO, Claudia & QUIROZ CEBALLOS, Dalia Mariela.** Grafeno: Estado del arte. [en línea] (Trabajo de Titulación) (Cuarto Nivel) Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C., Ciencias Químicas en Nanotecnologías, México. 2015. p 24. [Consulta: 25 julio 2022]. Disponible en: <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/607/1/-Tesis%20Claudia%20Hern%C3%A1ndez%20Gervacio%2C%20Dalia%20Quiroz%20Ceballos.pdf>

**HIDALGO ORTÍZ, Annie Xrisa & MICHO YMAÑA, Nathaly Sthefany.** Modificación química de almidón nativo de maca (*Lepidium Peruvianum*) en sus características fisicoquímicas y reológicas. [en línea] (Trabajo de Titulación) (Tercer Nivel) Universidad Nacional del Centro del Perú, Facultad de Ciencias Aplicadas, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Perú. 2016. pp 59-84. [Consulta: 23 marzo 2022]. Disponible en:  
<https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/4767/Hidalgo%20Ortiz%20-%20Micho%20Yma%C3%B1a.pdf?sequence=1>

**HURTADO JIMENEZ, Jhanela Elizabeth.** Estudio del almidón modificado de banano (*M. Sapientum L.*) variedad cavendish obtenido por acetilación. [en línea] (Trabajo de Titulación) (Tercer Nivel) Universidad Técnica de Machala, Unidad Académica de Ciencias Químicas y de la Salud,



Carrera de Ingeniería en Alimentos, Ecuador. 2019. p 14. [Consulta: 18 marzo 2022]. Disponible en: [http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/14181/1/T2900\\_HURTADO%20JIMENEZ%20JHANELA%20ELIZABETH.pdf](http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/14181/1/T2900_HURTADO%20JIMENEZ%20JHANELA%20ELIZABETH.pdf)

**ICONTEC.** *Norma Técnica Colombiana 3228 Industrias alimentarias. Almidón de achira.* [en línea]. Colombia: Ediciones Icontec, 1991. [Consulta: 17 marzo 2022]. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/69533/1/143232250.2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**JARAMILLO MONTENEGRO, Lorena Paola.** Obtención e almidones modificados de ahora (*Canna edulis ker*) y caracterización de sus propiedades de interés en la industria alimentaria. [en línea] (Trabajo de Titulación) (Tercer Nivel) Universidad del Valle, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería en Alimentos, Colombia. 2013. pp 19-22. [Consulta: 19 marzo 2022]. Disponible en: <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/15536/0492835.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**JIMÉNEZ GAVILÁNEZ, Alex Daniel.** Estudio de la composición relativa entre un lubricante mineral con lubricantes orgánicos y su influencia en el comportamiento de la densidad y viscosidad a diferente temperatura. [en línea] (Trabajo de Titulación) (Tercer Nivel) Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Mecánica, Ecuador. 2014. pp 15-16. [Consulta: 24 marzo 2022]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/7376/1/Tesis%20I.%20M.%202023%20-%20Jim%C3%A9nez%20Gavilanez%20Alex%20Daniel.pdf>

**KU, Manuel de Jesús.** Estudio del efecto combinado de compatibilizantes y plastificantes sobre la resistencia a tensión y elongación a rupturas de mezclas de almidón y PLA. [en línea] (Trabajo de Titulación) (Cuarto Nivel) Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C., Postgrado en Materiales Poliméricos, México. 2018. pp 2-4. [Consulta: 16 marzo 2022]. Disponible en: [https://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1003/1438/1/PCMP\\_D\\_Tesis\\_2018\\_Manuel\\_de\\_Jesus\\_Ku.pdf](https://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1003/1438/1/PCMP_D_Tesis_2018_Manuel_de_Jesus_Ku.pdf)

**LOAYZA et al.** “Análisis del proceso de producción del Ácido sulfúrico aplicando los principios fundamentales para el diseño de procesos industriales sostenibles”. *Revista Peruana de Química e Ingeniería Química.* [en línea], 2013, (Perú) 16 (2), p.14. [Consulta: 24 marzo 2022]. ISSN 1609-

7599. Disponible en:

<https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/quim/article/view/6589/5858>

**LÓPEZ et al.** “Análisis de la contaminación ambiental por plásticos en la ciudad de Riobamba. Polo del Conocimiento”. [en línea], 2020, (Ecuador) 5 (12), pp.1-4. [Consulta:25 febrero 2022]. ISSN 2550 - 682X. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.23857/pc.v5i12.2139>

**LÓPEZ VARGAS, Juan David & CUENCA VARGAS, Juan Pablo.** Producción de óxido de grafeno directamente desde un blanco de grafito sin catalizador usando láser pulsado. [en línea] (Trabajo de Titulación) (Tercer Nivel) Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Ingeniería Eléctrica, Electrónica, Física, Ciencias de la Computación, Programa Ingeniería Física, Colombia. 2017. pp 19-34. [Consulta: 10 julio 2022]. Disponible en:  
<https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/f9375056-449f-49b2-af5e-bb04d16875aa/content>

**LÓPEZ, M; & FRANCO, A.** “Indagación sobre la degradación de plásticos con estudiantes de secundaria”. Educación Química. [en línea], 2021, (México) 32 (2), pp.1-2. [Consulta: 13 marzo 2022]. ISSN 0187-893X. Disponible en:  
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-893X2021000200021&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-893X2021000200021&script=sci_arttext)

**LÓPEZ TOLENTINO, Gorgonio.** Ventaja y desventajas de los plásticos degradables para su aplicación en la agricultura sustentable o ecológica. [en línea] (Trabajo de Titulación) (Cuarto Nivel) Centro de Investigación en Química Aplicada, Especialización en Química, México. 2012. pp 39-54. [Consulta: 16 marzo 2022]. Disponible en:  
<https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/371/1/Gorgonio%20Lopez%20Tolentino.pdf>

**LOUBES, Ana María.** Molienda seca y húmeda de Arroz en molino planetario. Cinética de la molienda, efecto de las condiciones de molienda en las propiedades funcionales de la harina y del almidón y diseño de mezclas para pastas sin gluten. [en línea] (Trabajo de Titulación) (Cuarto Nivel) Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Industrias, Argentina. 2015. pp 31-32. [Consulta: 23 marzo 2022]. Disponible en:  
[https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis\\_n5660\\_Loubes.pdf](https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis_n5660_Loubes.pdf)

**LUNAVICTORIA BELTRÁN, Miguel Ángel.** Síntesis y caracterización de óxido de grafeno y óxido de grafeno reducido. [en línea] (Trabajo de Titulación) (Tercer Nivel) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Facultad de Mecánica, Escuela de Ingeniería Mecánica, Ecuador.2020. pp 11-37. [Consulta:08 junio 2022]. Disponible en:  
<http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/14311/1/15T00737.pdf>

**MANGARAJ et al.** “Sistemas activos de envasado de ALIMENTOS basados en Graphene para una sociedad moderna”. Tecnología y ciencia del embalaje. [en línea], 2019, (España) 3 (1), pp. 1-11. [Consulta:24 junio 2022]. ISSN 08943214. Disponible en:  
<https://link.springer.com/article/10.1007/s41783-018-0049-y>

**MÁRQUEZ SIGUAS, Betsy Madeleyne.** Refrigeración y congelación de alimentos: Terminología, Definiciones y Explicaciones. [en línea] (Trabajo de Titulación) (Tercer Nivel) Universidad Nacional de San Agustín, Facultad de Ingeniería de Procesos, Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias, Perú.2014. p 1. [Consulta:23 marzo 2022]. Disponible en:  
<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/4188/IAmasibm024.pdf?sequence=1&isA>

**MARTÍNEZ OROZCO, David Reinaldo.** Funcionalización de óxido de grafeno con nanopartículas de paladio y su aplicación en la detección de hidrógeno. [en línea] (Trabajo de Titulación) (Cuarto Nivel) Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C., Nanociencias y Materiales, México. 2015. pp 14-15. [Consulta:24 marzo 2022]. Disponible en:  
<https://ipicyt.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1010/829/3/TDIPICYTM3F82015.pdf>

**MENDOZA BRIONES, Narcisa Cristina.** Incidencia de factores determinantes en el sector agrícola en Ecuador: Banano, Cacao, Café y Palma Africana. Periodo de estudio 2000-2017. [en línea] (Trabajo de Titulación) (Tercer Nivel) Universidad Católica Santiago de Guayaquil, Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas, Carrera de Economía, Ecuador. 2018. p 2. [Consulta: 23 marzo 2022]. Disponible en: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/11674/1/T-UCSG-PRE-ECO-CECO-252.pdf>

**MONTERO PACCHA, Magdalena Elizabeth.** Destilación simple y fraccionada como estrategia metodológica para fortalecer el aprendizaje de la separación de los componentes de una mezcla en los estudiantes de primer año de bachillerato del colegio Hernán Gallardo Moscoso de la ciudad de Loja Período Académico 2013-2014. [en línea] (Trabajo de Titulación) (Tercer Nivel) Universidad de San

Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Química, Ecuador. 2016. pp 49-50. [Consulta: 23 marzo 2022]. Disponible en:  
<https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/10859/1/TESIS%20Magdalena%20Elizabeth%20Montero%20Paccha.pdf>

**MORÁN, Susana.** *La basura plástica llegó a América Latina: tendencias y retos en la región [en línea]. Alianza Global.* Enmienda de plásticos del convenio de Basilea: análisis sobre la situación en Argentina escenario mexicano frente a la entrada en vigor de la enmienda de Plásticos del convenio de Basilea Situación actual sobre la importación y exportación de residuos plásticos en Chile. La partida 3915: importación de desechos en Ecuador, México, pp 2-3. [Consulta: 27 enero 2022]. Disponible en: <https://www.no-burn.org/wp-content/uploads/La-basura-plástica-llegó-a-América-Latina.pdf>

**MOREJÓN TERÁN, Karina Eugenia.** Utilización del almidón de achira en la Elaboración de repostería ecuatoriana 2011. [en línea] (Trabajo de Titulación) (Tercer Nivel) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Salud Pública, Escuela de Gastronomía, Ecuador. 2012. pp 5-6. [Consulta: 17 marzo 2022]. Disponible en:  
<http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/9470/1/84T00117.pdf>

**OJEDA GAMBOA, Elizabeth de Guadalupe.** Estudio teórico de polímeros biodegradables sustituyentes de polímeros sintéticos para un mejor ecosistema. [en línea] (Trabajo de Titulación) (Tercer Nivel) Instituto Técnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas, México. 2013. pp 46-47. [Consulta: 16 marzo 2022]. Disponible en:  
<https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/16945/25-1-16597.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**ORELLANA RÍOS, Nataly Jaqueline & SERRANO LÓPEZ, María Angela.** Reutilización de polímeros como alternativas socio ambiental y económica en la elaboración de eco bloques. [en línea] (Trabajo de Titulación) (Tercer Nivel) Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Químicas, Escuela de Ingeniería Ambiental, Ecuador. 2015. pp 33-36. [Consulta: 15 marzo 2022]. Disponible en: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/22243/1/TESIS.pdf>

**PÉREZ RODRÍGUEZ, Luis Alfredo.** Biopolímeros como una alternativa química de sustitución de polímeros sintéticos. [en línea] (Trabajo de Titulación) (Tercer Nivel) Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas, Ingeniería Química

Industrial, México. 2010. pp 15-16. [Consulta:15 marzo 2022]. Disponible en:  
<https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/24982/Biopolimeros%20como%20una%20alternativa%20de%20sustitucion%20de%20polimeros%20sinteticos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**PINEDA CRUZ, Delia Nohemí.** Efecto de la temperatura y humedad sobre la estructura del almidón retrogradado. [en línea] (Trabajo de Titulación) (Cuarto Nivel) Instituto Técnico Nacional, Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, Unidad Querétaro, México. 2019. pp 15-16. [Consulta:24 marzo 2022]. Disponible en:  
<https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/27504/DELIA%20NOHEMI%20PINEDA%20CRUZ.pdf?sequence=5&isAllowed=y>

**QUELALI HUAYGUA, Edwin.** Obtención del Ácido clorhídrico (HCl) a partir del Ácido sulfúrico y Cloruro de sodio proveniente de Salar de Coipasa. [en línea] (Trabajo de Titulación) (Tercer Nivel) Universidad Mayo de San Andrés, Facultad de Tecnología, Carrera Industrial, Ecuador. 2016. p 1. [Consulta:24 marzo 2022]. Disponible en:  
<https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/11662/EG-1769-Quelali%20Huaygua%20Edwin.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**QUEZADA CORREA, Lady Mireya.** Propiedades térmicas y funcionales del almidón nativo de malanga (*Xanthosoma Sagittifolium*) y achira (*Canna edulis*). [en línea] (Trabajo de Titulación) (Tercer Nivel) Universidad Técnica de Machala, Unidad Académica de Ciencias Químicas y de la Salud, Carrera de Ingeniería en Alimentos, Ecuador. 2019. pp 30-35. [Consulta: 19 marzo 2022]. Disponible en: [http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/14106/1/T-2896\\_QUEZADA%20CORREA%20LADY%20MIREYA.pdf](http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/14106/1/T-2896_QUEZADA%20CORREA%20LADY%20MIREYA.pdf)

**QUINTERO BLANDÓN, Cristian Fernando & MAHECHA RICO, Jeisson David.** Propiedades mecánicas de un concreto reforzado con fibras de pet reciclado. [en línea] (Trabajo de Titulación) (Tercer Nivel) Universidad Militar Nueva Granada, Facultad de Ingeniería, Colombia. 2016. p 12. [Consulta: 13 marzo 2022]. Disponible en:  
<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/15477/MahechaRicoJeisson2016%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**RAMOS, L.** “La promesa de los bioplásticos”. Revista Pesquisa. [en línea], 2020, (Brasil) 1 (290), pp.2-5.[Consulta: 12 abril 2022]. ISSN 0100-204X. Disponible en: <https://revistapesquisa.fapesp.br/a-promessa-dos-bioplasticos/>

**RIERA, M; & PALMA, R.** “Obtención de bioplásticos a partir de desechos agrícolas. Una revisión de las potencialidades en Ecuador”. Avances en Química [en línea], 2018, (Ecuador) 13(3), p.3. [Consulta:25 febrero 2022]. ISSN 1856-5301. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/933/93368279005/html/>

**ROCA GIRÓN, Iván Ernesto.** Estudio de las propiedades y aplicaciones industriales del polietileno de alta densidad. [en línea] (Trabajo de Titulación) (Tercer Nivel) Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Química, Guatemala. 2005. p 20. [Consulta:13 marzo 2022]. Disponible en: [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0639\\_Q.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0639_Q.pdf)

**ROJAS GONZÁLEZ, Andrés Felipe & BARRAZA BURGOS, Juan Manuel.** “Efecto de la relación atómica oxígeno/ carbono del carbón sobre la reactividad en la combustión de carbonizados”. Scielo. [en línea], 2013, (Colombia) 17 (1), pp. 43-45. [Consulta:25 febrero 2022]. ISSN 0123-2126. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/inun/v17n1/v17n1a03.pdf>

**ROMERO GÓMEZ, Rosa Mayela.** Síntesis de grafeno derivado químicamente mediante la reducción química de óxido de grafeno”. [en línea] (Trabajo de Titulación) (Cuarto Nivel) Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, Nanociencias y Materiales, México. 2015. p 10. [Consulta: 02 julio 2022]. Disponible en: <https://ipicyt.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1010/811/3/TMIPICYTR6S52015.pdf>

**ROSALES, Abigail de los Ángeles.** Obtención de biopolímero plástico a partir de almidón de malanga (*Colocasia Esculenta*), por el método de polimerización por condensación en el laboratorio 110 de la UNAN-Managua. [en línea] (Trabajo de Titulación) (Tercer Nivel) Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Facultad de Ciencias e Ingeniería, Departamento de Química, Nicaragua. 2016. pp 11-13. [Consulta: 13 marzo 2022]. Disponible en: <https://repositorio.unan.edu.ni/2687/1/28212.pdf>

**SÁNCHEZ GONZÁLEZ, Ismael.** Propiedades fisicoquímicas de almidones catiónicos elaborados por extrusión. [en línea] (Trabajo de Titulación) (Tercer Nivel) Instituto Politécnico Nacional, Centro

de Investigación Avanzada en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, Área de Alimentos, México. 2007. p 7. [Consulta:23 marzo 2022]. Disponible en:  
<https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/641/Tesis%20IsmaeSanchez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**SOCAS GONZÁÑEZ, María de los Ángeles.** Contaminación por residuos: Islas de plástico. [en línea] (Trabajo de Titulación) (Tercer Nivel) Universidad de la Laguna, Escuela Politécnica Superior de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Agraria, Náutica, Civil y Marítima, España. 2018. pp 35-36. [Consulta:25 febrero 2022]. Disponible en:  
<https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/13438/CONTAMINACION%20POR%20RESIDUOS%20DE%20PLASTICO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**TOAPANTA VARGAS, Giovanni Javier.** Aplicación de Peróxido de hidrógeno para el control de OIDIO (*Oidium sp.*) en el cultivo de mora (*Rubus glaucus benth*) bajo cubierta plástica. [en línea] (Trabajo de Titulación) (Tercer Nivel) Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Carrera de Ingeniería Agronómica, Ecuador. 2018. pp 23-24. [Consulta:24 marzo 2022]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/28030/1/Tesis-195%20Ingenier%20C3%20ADA%20Agron%20C3%20B3mica%20-CD%20574.pdf>

**TUBÓN USCA, Gabriela Viviana.** Physical and chemical treatments to produce graphene and their related applications. [en línea] (Trabajo de Titulación) (Cuarto Nivel) University of Calabria, Department of Physics, Doctoral School “Archimede” in Science, Communication and Technology, Italia. 2015. pp.71-73. [Consulta: 26 marzo 2022]. Disponible en:  
<https://dspace.unical.it/bitstream/handle/10955/1377/Gabriela%20Tubon-%20Final%20Thesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**VÁSQUEZ ARÉVALO, Karin Janeth.** Revisión sistemática de los métodos de modificación estructural del almidón para la producción del bioplástico. [en línea] (Trabajo de Titulación) (Tercer Nivel) Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Ingeniería Ambiental, Perú. 2020. pp 25-94. [Consulta: 13 marzo 2022]. Disponible en:  
[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/58692/V%20C3%A1squez\\_AKJ-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/58692/V%20C3%A1squez_AKJ-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)



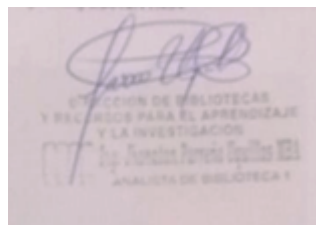
**VASQUEZ et al.** *Bioplásticos y plásticos degradables*. [en línea]. México: Asociación Nacional de Industrias del Plástico A.C.: ANIPAC,2021. [Consulta: 27 enero 2022]. Disponible en: <https://anipac.org.mx/wp-content/uploads/2021/01/bioplasticos.pdf>

**VELÁZQUEZ GARCÍA, Tiyoli Xóchitl.** Preparación y caracterización de nanocompuestos de almidón/ óxido de grafeno en el estado fundido. [en línea] (Trabajo de Titulación) (Maestría) Centro de Investigación en Química Aplicada, Programa de Maestría en Tecnología de Polímeros, México. 2016. pp 28-30. [Consulta: 26 febrero 2022]. Disponible en: <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/117/1/Tesis%20MTP%20Tiyoli%20X%20Velazquez%20Garcia%20Ene%2020%202017.pdf>

**VILLADA MORENO, José Juan.** Conservadores químicos utilizados en la industria alimentaria. [en línea] (Trabajo de Titulación) (Tercer Nivel) Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, División de Ciencia Animal, Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos, México. 2010. p 3. [Consulta: 17 marzo 2022]. Disponible en: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/456/61581s.pdf?sequence=1>

**VILLARO ÁBALOS, Elvira.** Preparación y estudio de las propiedades de nano composites de matriz polimérica y materiales grafénicos. [en línea] (Trabajo de Titulación) (Cuarto Nivel) Universidad Nacional de Educación a Distancia, Escuela Internacional de Doctorado, Inter química, España. 2017. pp 43-44. [Consulta: 24 marzo 2022].Disponible en: [http://espacio.uned.es/fez/eserv/tesisuned:ED-Pg-CienciasEvillaro/VILLARO\\_ABALOS\\_Elvira\\_Tesis.pdf](http://espacio.uned.es/fez/eserv/tesisuned:ED-Pg-CienciasEvillaro/VILLARO_ABALOS_Elvira_Tesis.pdf)

**WANG, L., et al.** “Preparation and characterization of active films based on chitosan incorporated tea polyphenols”. *Food Hydrocolloids*. [en línea], 2013, (España) 1 (32), pp.35-41. [Consulta: 19 julio 2022]. ISSN 0268005X. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2012.11.034>





**ANEXOS**

**ANEXO A: RECEPCIÓN, SELECCIÓN, PELADO Y LAVADO DE LA MATERIA PRIMA**



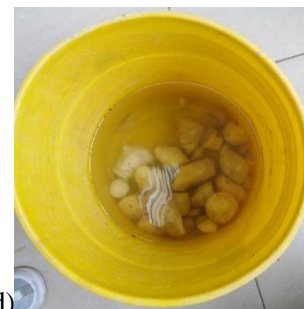
a)



b)



c)



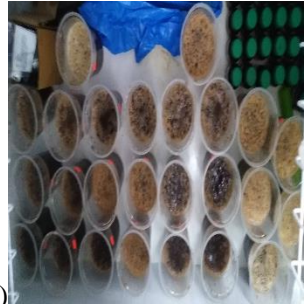
d)

<p><b>NOTAS:</b></p>	<p><b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</b></p>	<p><b>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO</b></p> <p><b>FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA</b></p> <p>ELABORADO POR: RUIZ BERMELLO KATHERINE VALERIA</p>	<p>RECEPCIÓN, SELECCIÓN, LAVADO Y PELADO DE LA MATERIA PRIMA</p>		
<p>a. Recepción de la materia prima. b. Selección de la materia prima. c. Pelado de la Achira. d.</p>	<p><input type="checkbox"/> Aprobado      <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado      <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información      <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar</p>		<p><b>LÁMINA</b></p>	<p><b>ESCALA</b></p>	<p><b>FECHA</b></p>
			<p>1</p>	<p>1:1</p>	<p>2022/07/27</p>

## ANEXO B: EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN POR VÍA HÚMEDA



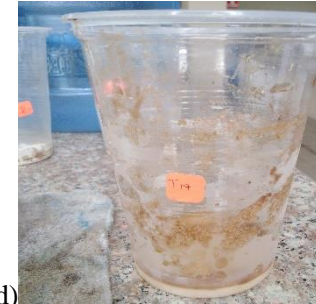
a)



b)



c)



d)

NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO  FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA  ELABORADO POR: RUIZ BERMELLO KATHERINE VALERIA	EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN POR VÍA HÚMEDA		
a. Etiquetado y enumeración de los tratamientos. b. Sedimentación de los tratamientos. c. Trituración de los tratamientos. d. Extracción del almidón de Achira.	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
		1	1:1	2022/07/27	

## CONTINUACIÓN ANEXO B: EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN POR VÍA HÚMEDA



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	SECADO, PULVERIZACIÓN, TAMIZADO Y ALMACENAMIENTO DEL ALMIDÓN.		
e. Secado del almidón de Achira. f. Secado de la materia prima. g. Tamizado del almidón. h. Almacenamiento del almidón.	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	<b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>ESCUELA DE</b> <b>INGENIERÍA QUÍMICA</b>	LÁMINA	ESCALA	FECHA
		ELABORADO POR: RUIZ BERMELLO KATHERINE VALERIA	1	1:1	2022/07/27

### ANEXO C: MEDICIÓN DE MUESTRAS



a)



b)



c)



d)

NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	MEDICIÓN DE LAS 20 MUESTRAS.		
a. Pesaje de la raíz de Achira. b. Medición de la longitud de la raíz. c. Medición del diámetro de la materia prima. d. Muestras por medir.	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	ELABORADO POR: RUIZ BERMELLO KATHERINE VALERIA	<b>LÁMINA</b>	<b>ESCALA</b>	<b>FECHA</b>
			1	1:1	2022/07/27

**ANEXO D: CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL ALMIDÓN DE LA ACHIRA**



<b>NOTAS:</b>	<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</b>	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b>  <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b>  <b>ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</b>   ELABORADO POR: RUIZ BERMELLO KATHERINE VALERIA	CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN Y LA MATERIA PRIMA: ACHIRA ( <i>Canna edulis</i> )		
a. Colocación de las muestras en la mufla. b. Enfriamiento de las muestras secas. c. Toma de la temperatura de gelatinización del almidón. d. Resultado de la caracterización.	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar		<b>LÁMINA</b>	<b>ESCALA</b>	<b>FECHA</b>
			1	1:1	2022/07/27



## CONTINUACIÓN ANEXO D: CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL ALMIDÓN DE LA ACHIRA



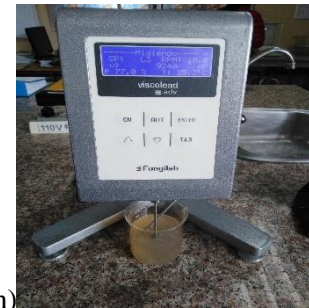
e)



f)



g)



h)

NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b>  <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b>  <b>ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</b>  ELABORADO POR: RUIZ BERMELLO KATHERINE VALERIA	CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN Y LA MATERIA PRIMA: ACHIRA ( <i>Canna edulis</i> )		
e. Prueba de humedad. f. Análisis del pH en el almidón. g. Prueba de solubilidad. h. Análisis de viscosidad.	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	2022/07/27

## ANEXO E: SÍNTESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL ÓXIDO DE GRAFENO



a)



b)



c)



d)

<b>NOTAS:</b>	<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</b>	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b>	<b>SÍNTESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL ÓXIDO DE GRAFENO</b>		
a. Síntesis del óxido de grafito. b. Lavado con HCl. c. Lavado con agua destilada. d. Secado del óxido de grafito.	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	<b>FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</b>	<b>LÁMINA</b>	<b>ESCALA</b>	<b>FECHA</b>
		ELABORADO POR: RUIZ BERMELLO KATHERINE VALERIA	1	1:1	2022/07/27

**ANEXO E: CONTINUACIÓN DE LA SÍNTESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL ÓXIDO DE GRAFENO**



e)



f)



g)

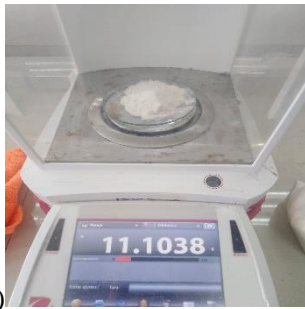


h)

NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	<p align="center"> <b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b>   <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b>   <b>ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</b>                       ELABORADO POR:                      RUIZ BERMELLO KATHERINE VALERIA                 </p>	SÍNTESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL ÓXIDO DE GRAFENO		
e. Sonicación de las láminas de óxido de grafito. f. Solución sonicada. g. Obtención del óxido de grafeno. h. Óxido de grafeno.	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
					1



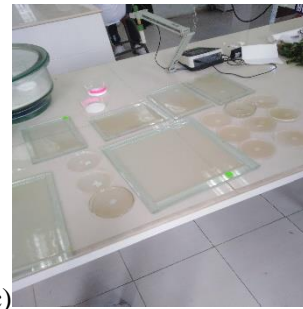
## ANEXO F: ELABORACIÓN DEL BIOPLÁSTICO



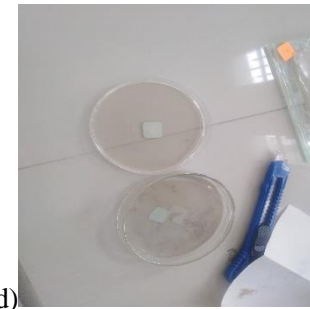
a)



b)



c)



d)

NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>ESCUELA DE</b> <b>INGENIERÍA QUÍMICA</b>  ELABORADO POR: RUIZ BERMELO KATHERINE VALERIA	ELABORACIÓN DE BIOPLÁSTICOS		
a. Pesaje del almidón de achira. b. Preparación del bioplástico. c. Secado de las láminas de plástico. d. Obtención de las láminas de plástico.	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
					1

## ANEXO G: CARACTERIZACIÓN FÍSICA DEL BIOPLÁSTICO DE ACHIRA



a)



b)



c)



d)

NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO  FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	CARACTERIZACIÓN FÍSICA DEL BIOPLÁSTICO DE ACHIRA		
a. Prueba de espesor. b. Ensayo de humedad. c. Ensayo de solubilidad. d. Ensayo de permeabilidad.	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	ELABORADO POR: RUIZ BERMELLO KATHERINE VALERIA	LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	2022/07/27

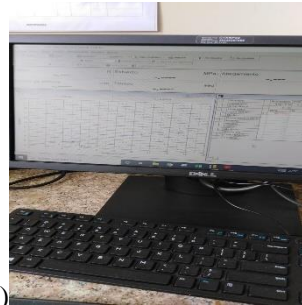
## ANEXO H: PRUEBAS MECÁNICAS DEL BIOPLÁSTICO



a)



b)



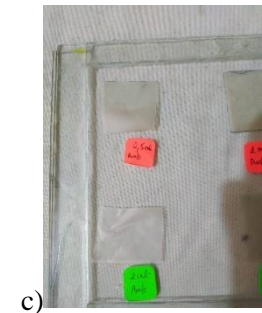
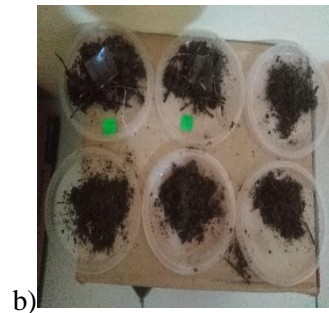
c)

BIOPLASTICO ACHIRA											
PROBETA	ESCALA	FECHA	RESISTENCIA	DEFORMACION	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

d)

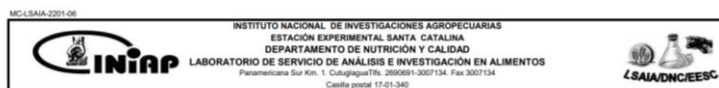
NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</b>	PRUEBAS MECÁNICAS DEL BIOPLASTICO.		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
a. Probetas para el ensayo de tracción. b. Prueba de tracción en la maquina universal. c. Resultados del ensayo. d. Análisis del ensayo.	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	ELABORADO POR: RUIZ BERMELO KATHERINE VALERIA	1	1:1	2022/07/27

## ANEXO I: BIODEGRADABILIDAD EN LOS TRES AMBIENTES



<b>NOTAS:</b>	<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</b>	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b>	BIODEGRADABILIDAD EN LOS TRES AMBIENTES.		
a. Degradabilidad en agua. b. Degradabilidad en tierra. c. Degradabilidad en ambiente.	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	<b>FACULTAD DE CIENCIAS</b>	<b>LÁMINA</b>	<b>ESCALA</b>	<b>FECHA</b>
		<b>ESCUELA DE</b>			
		<b>INGENIERÍA QUÍMICA</b>			
		ELABORADO POR: RUIZ BERMELO KATHERINE VALERIA	1	1:1	2022/07/27

## ANEXO J: PORCENTAJE DE AMILOSA EN EL ALMIDÓN DE ACHIRA



INFORME DE ENSAYO No: 22-067

**NOMBRE PETICIONARIO:	Srta. Katherine Valeria Ruiz	**INSTITUCIÓN:	Particular
**DIRECCIÓN:	Riobamba	**ATENCIÓN:	Srta. Katherine Valeria Ruiz
FECHA DE EMISIÓN:	14/06/2022	FECHA DE RECEPCIÓN:	02/06/2022
FECHA DE ANÁLISIS:	Del 02 al 14 de junio del 2022	HORA DE RECEPCIÓN:	15h30
		ANÁLISIS SOLICITADO:	Amilosa

ANÁLISIS	HUMEDAD	AMILOSA <sup>1</sup>	**IDENTIFICACIÓN
MÉTODO	MO-LSAIA-01.01	MO-LSAIA-04	
METODO REF.	U. FLORIDA 1970	Morrison y Laignelet	
UNIDAD	%	%	
22-0380	19.70	37.43	Almidón de achira

Los ensayos marcados con  $\Omega$  se reportan en base seca.  
OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente

RESPONSABLES DEL INFORME



Dr. MSc. Iván Samaniego  
RESPONSABLE TÉCNICO



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 ha no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibida. 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, está 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.

NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	PORCENTAJE DE AMILOSA EN EL ALMIDÓN DE ACHIRA.		
Análisis de la amilosa del almidón en el laboratorio INIAP.	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	FACULTAD DE CIENCIAS			
		ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	LÁMINA	ESCALA	FECHA
		ELABORADO POR: RUIZ BERMELLO KATHERINE VALERIA	1	1:1	2022/07/27

## ANEXO K: ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DEL ALMIDÓN DE ACHIRA

**saqmic**  
LABORATORIO DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS  
SOCIETY DESIGNER EN RISA Y MANTENIMIENTO

**INFORME DE ANÁLISIS BACTEREOLÓGICOS**

CLIENTE: Sociedad Katherine Ruiz  
 UBICACION: Esmeraldas  
 TIPO DE MUESTRA: Análisis de Achira (Carbón activo)  
 FECHA DE ENTREGA: 10 de junio del 2022

**Examen Físico**

COLOR: Bianco  
 OLOR: Normal  
 ASPECTO: Partícula particular fina, homogénea

**Examen Bacteriológico**

Determinaciones	Unidades	Valores de referencia	Resultados
Cuanteo Total	UFC/g	100	
Módica y Levadura	UFC/g	$5 \times 10^1$	

Observaciones:

Atentamente,

*[Signature]*

**Dr. Gina Álvarez R.**  
RESPONSABLE TÉCNICO LABORATORIO

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

Av. 9 de Octubre # 12 y Maicao Q  
 Cuentas: 20996010374 y 0112 842 922  
 Email: info@saqmic.com

NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DEL ALMIDÓN DE LA ACHIRA.		
Análisis microbiológicos del almidón en el laboratorio SAQMIC.	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	FACULTAD DE CIENCIAS			
		ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	LÁMINA	ESCALA	FECHA
		ELABORADO POR: RUIZ BERMELO KATHERINE VALERIA	1	1:1	2022/07/27

## ANEXO L: ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DE LA MATERIA PRIMA DE ACHIRA

**INFORME DE ANÁLISIS**

CLIENTE: Espinosa Katherine Ruiz  
 UBICACIÓN: Riobamba  
 TIPO DE MUESTRA: Achira (Casta de Achira) Materia prima  
 FECHA DE ENTREGA: 14 de julio del 2022

**Examen Físico**  
 COLOR: Café oscuro  
 OLOR: Normal  
 ASPECTO: muestra granular, fino, homogéneo

**Examen Bacteriológico**

Determinaciones	Unidades	Valores de referencia	Resultados
Proteína	%		4.50
Fibra	%		2.04
Coliformes Totales	UFC/g		20
Mohos y Levaduras	UFC/g	$5 \times 10^1$	TRD00

Observaciones:  
 Aterramento:

Dra. Gina Álvarez R.  
 RESPONSABLE TÉCNICO LABORATORIO  
 Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada

Avenida 9 de Octubre # 12  
 Contactanos: (509) 98580374 / 50332  
 Riobamba  
 SAQMIC La

<b>NOTAS:</b>	<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</b>	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b>	<b>ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DE LA MATERIA DE ACHIRA.</b>		
Análisis microbiológicos de la materia prima en el laboratorio SAQMIC.	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	<b>FACULTAD DE CIENCIAS</b>	<b>LÁMINA</b>	<b>ESCALA</b>	<b>FECHA</b>
		<b>ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</b>	1	1:1	2022/07/27
		<b>ELABORADO POR: RUIZ BERMELLO KATHERINE VALERIA</b>			



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: 23 / 11 / 2022

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> Katherine Valeria Ruiz Bermello
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> Ciencias
<b>Carrera:</b> Ingeniería Química
<b>Título a optar:</b> Ingeniera Química
<b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b> Ing. Leonardo Medina Ñuste MSc.

  
DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS  
Y RECURSOS PARA EL APRENDIZAJE  
Y LA INVESTIGACION  
 Ing. Jhonatan Parreño Uquillas MBA  
ANALISTA DE BIBLIOTECA 1

2165-DBRA-UTP-2022