

**UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN HUÁNUCO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL  
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



**TÍTULO DE LA TESIS**

**EXTRACCIÓN DE HIDROCOLOIDE DEL MESOCARPIO DE  
GRANADILLA (*Passiflora Ligularis*) MEDIANTE LOS MÉTODOS  
CONVENCIONAL Y ASISTIDO POR ULTRASONIDO PARA LA  
ELABORACIÓN DE BIOPLÁSTICO.**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:  
AGRICULTURA, BIOTECNOLOGÍA AGRÍCOLA**

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
AGROINDUSTRIAL**

**TESISTA:**

Espinoza del Pino Gianmarco

**ASESORA:**

Villanueva Tiburcio Juan Edson

**HUÁNUCO – PERÚ**

(2023)

**UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



**INFORME DE TESIS  
EXTRACCIÓN DE HIDROCOLOIDE DEL MESOCARPIO DE  
GRANADILLA (*Passiflora Ligularis*) MEDIANTE LOS MÉTODOS  
CONVENCIONAL Y ASISTIDO POR ULTRASONIDO PARA LA  
ELABORACIÓN DE BIOPLÁSTICO**

**PRESENTA  
ESPINOZA DEL PINO, Gianmarco**

**ASESOR(ES) DE TESIS  
Dr. VILLANUEVA TIBURCIO, Juan Edson**

Tesis presentada como requisito para obtener el título de **Ingeniero Agroindustrial**, en la Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera Profesional de Ingeniería Agroindustrial.

**HUÁNUCO – PERÚ  
2023**

## **DEDICATORIA**

A dios y a mi familia, por iluminarme y darme la capacidad para concluir este trabajo de investigación y por ser parte fundamental en mi vida, demostrándome que siempre están presentes y nunca me abandonaran.

## **AGRADECIMENTOS**

### **A Dios:**

Por ser la base fundamental en mi vida, así como también iluminarme y dirigirme siempre por los caminos correctos de mi vida, por hacer que día a día mejore como persona y pueda así afrontar con cabeza en alto las diferentes pruebas de la vida.

### **A mis padres:**

Por su apoyo incondicional, comprensión y el ejemplo que me dieron, dándome la oportunidad de cumplir una de mis metas y así poder convertirme en un gran profesional.

### **A mis hermanos:**

Por su apoyo y su ayuda incondicional a pesar de las diferentes circunstancias donde en cada momento quedo demostrado el cariño.

### **A mi casa de estudios:**

Universidad Nacional Hermilio Valdizán, por los conocimientos adquiridos mediante los docentes durante toda mi formación académica y así otorgarme la oportunidad de crecer profesionalmente.

## RESUMEN

ESPINOZA DEL PINO, Gianmarco. **Extracción de hidrocoloide del mesocarpio de granadilla (*Passiflora Ligularis*) mediante los métodos convencional y asistido por ultrasonido en la elaboración de bioplástico.** Tesis para optar el título de Ingeniero Agroindustrial, Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Huánuco-Perú. **2023.**

Los bioplásticos a base de almidón han ganado la atención debido a su potencial como alternativas biodegradables y amigables con el medio ambiente a diferencia de los plásticos a base de hidrocarburos. Otra fuente potencial es el uso de hidrocoloide o mezclas con biopolímeros que ofrecen una gran habilidad de formar geles, barrera para el oxígeno y dióxido de carbono e impiden la transmisión del vapor de agua por su carácter hidrofílico. Debido a la creciente demanda de alimentos procesados, se genera desechos orgánicos que no son aprovechados en su totalidad. Se buscó dar una alternativa de transformación al fruto de granadilla, aplicando tecnologías emergentes y convencionales como el ultrasonido para la extracción de hidrocoloides, evaluando el efecto en sus características fisicoquímicas y elaboración del bioplástico con propiedades ópticas y de barrera. Se trabajó a diferentes tiempos y pH por el método convencional y asistido por ultrasonido. Mediante el diseño factorial de 2k y mediante la función deseabilidad los niveles óptimos fueron por el método convencional a pH 4 por un tiempo de 10 minutos. Asimismo, el hidrocoloide extraído interviene en la capacidad de absorción de agua del bioplástico similar a la bolsa comercial "Tottus".

**Palabra claves:** Bioplástico, ultrasonido, convencional, hidrocoloide

## ABSTRACT

ESPINOZA DEL PINO, Gianmarco. **Extraction of hydrocolloid from the mesocarp of granadilla (*Passiflora Ligularis*) by means of the conventional method and assisted by ultrasound in the elaboration of a bioplastic.** Thesis to obtain the Agroindustrial Engineer degree, Professional School of Agroindustrial Engineering, Universidad Nacional Hermilio Valdizan, Huánuco-Peru. **2023.**

Starch-based bioplastics have gained attention due to their potential as environmentally friendly and biodegradable alternatives to hydrocarbon-based plastics. Another potential source is the use of hydrocolloids or mixtures with biopolymers that offer a great ability to form gels, a barrier to oxygen and carbon dioxide, and prevent the transmission of water vapor due to their hydrophilic nature. Due to the growing demand for processed foods, organic waste is generated that is not fully used. It was sought to provide an alternative transformation to the passion fruit, applying emerging and conventional technologies such as ultrasound for the extraction of hydrocolloids, evaluating the effect on its physicochemical characteristics and the elaboration of the bioplastic with optical and barrier properties. Work was carried out at different times and pH by the conventional method and assisted by ultrasound. Through the 2k factorial design and through the desirability function, the optimal levels were by the conventional method at pH 4 for a period of 10 minutes. Likewise, the extracted hydrocolloid intervenes in the water absorption capacity of the bioplastic similar to the commercial "Tottus" bag.

**Keywords:** Bioplastic, ultrasound, conventional, hydrocolloid

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>IV</b>
<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>V</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>VI</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>VII</b>
<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	<b>VIII</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>XI</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>2</b>
2.1 Fundamentación teórica.....	2
2.1.1 Hidrocoloides .....	2
2.1.2 Pectinas .....	3
2.1.2.1 Estructura química de la pectina .....	3
2.1.2.2 Propiedades tecnológicas de la pectina .....	4
2.1.3 Métodos de extracción de pectina.....	6
2.1.3.1 Extracción convencional.....	6
2.1.3.2 Extracción asistida por ultrasonido.....	6
2.1.3.3 Extracción por microondas.....	7
2.1.3.4 Combinación de tecnologías no convencionales .....	7
2.1.4 Granadilla (Passiflora Liqularis) .....	8
2.1.4.1 Clasificación química.....	9
2.1.4.2 Pectina de granadilla.....	10
2.1.5 Bioplástico.....	10
2.1.5.1 Elaboración de bioplástico a partir de desechos agroindustriales .....	10
2.1.5.2 Plásticos biodegradables .....	10

2.1.5.3 Elementos para la elaboración de un bioplástico .....	11
2.1.5.4 Características de los bioplásticos .....	11
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>12</b>
3.1 Lugar de ejecución.....	12
3.2 Materia prima y reactivos .....	12
3.3 Materiales.....	12
3.4 Procesamiento de muestras para la obtención del hidocoloide de mesocarpio de granadilla. ....	13
3.4.1 Extracción de hidocoloide por el método convencional .....	13
3.4.2 Extracción de hidocoloide asistido por ultrasonido .....	15
3.4.3 Elaboración del bioplástico con hidocoloide de mesocarpio de granadilla .....	16
3.5 Métodos de análisis .....	16
3.5.1 Determinación de humedad y cenizas .....	16
3.5.2 Determinación de peso equivalente, contenido de metoxilo, ácido anhidro galacturónico y grado de esterificación. ....	17
3.5.3 Caracterización del bioplástico a partir de hidocoloide de mesocarpio de granadilla.....	18
3.5.4 Diseño de la investigación.....	18
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>20</b>
4.1 Extracción de hidocoloide de mesocarpio de granadilla por el método convencional y ultrasonido a diferentes pH y tiempos .....	20
4.1.1 Rendimiento de hidocoloide por el método convencional y ultrasonido .....	20
4.1.1.1 Peso equivalente por el método convencional y ultrasonido.....	22
4.1.1.2 Contenido de metoxilo del hidocoloide por el método convencional y ultrasonido.....	24
4.1.1.3 Grado de esterificación del hidocoloide obtenido.....	26
4.1.1.4 Ácido anhidro galacturónico por el método convencional y ultrasonido.....	28



4.1.1.5 Elaboración de bioplástico a partir de hidocoloide de mesocarpio de granadilla.....	31
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>35</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>36</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>37</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>47</b>
ANEXO 1 – Panel fotográfico del experimento .....	47
ANEXO 2 – Datos estadísticos por el metodo convencional.....	57
ANEXO 3 – Datos estadísticos por el metodo asistido por ultrasonido .....	61
ANEXO 4 – Función de deseabilidad en la extracción por el metodo convencional .....	65
ANEXO 5 – Función de deseabilidad en la extracción por el metodo asistido por ultrasonido .....	66
ANEXO 6 – Datos del bioplastico mediando el análisis de varianza.....	67

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1.</b> Clasificación de hidrocoloides.....	03
<b>Tabla 2.</b> Composición química de la pulpa de granadilla.....	10
<b>Tabla 3.</b> Rendimiento de hidrocoloide extraído por el método convencional y asistido por ultrasonido .....	20
<b>Tabla 4.</b> Determinación del peso equivalente del hidrocoloide obtenido. ....	23
<b>Tabla 5.</b> Determinación del contenido de metoxilo del hidrocoloide obtenido. ....	25
<b>Tabla 6.</b> Determinación del grado de esterificación del hidrocoloide obtenido ....	27
<b>Tabla 7.</b> Determinación del ácido anhidro galacturónico del hidrocoloide obtenido .....	29
<b>Tabla 8.</b> Caracterización del bioplástico de hidrocoloide de mesocarpio de granadilla .....	31

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1.</b> Estructura simplificada de la pectina. Fuente: Muñoz Labrador (2016):..3	
<b>Figura 2.</b> Pectina de alto metoxilo. Fuente: Espinoza Rodríguez & Santos Zavala (2018).....4	
<b>Figura 3.</b> Pectina de bajo metoxilo. Fuente: Espinoza Rodríguez & Santos Zavala (2018).....5	
<b>Figura 4.</b> Ácido galacturónico. Fuente: Espinoza Rodríguez & Santos Zavala (2018).....6	
<b>Figura 5.</b> Fenomeno de cavitación por sonicación. Fuente: Picot-Allain et al. (2022) .....7	
<b>Figura 6.</b> Fruto de granadilla. a) Fruto, b) Planta, c) Corte longitudinal de fruto. Fuente : Melgarejo et al. (2015). .....8	
<b>Figura 7.</b> Flujo de experimentos realizados en las muestras de granadilla sometidos a diferentes tiempo y pH por el método convencional..... 13	
<b>Figura 8.</b> Flujo de experimentos realizados en las muestras de granadilla sometidos a diferentes tiempo y pH con ultrasonido. .... 15	
<b>Figura 9.</b> Recepción de la materia prima.....47	
<b>Figura 10.</b> Extracción del mesocarpio de granadilla.....47	
<b>Figura 11.</b> Extracción del hidrocoloide de mesocarpio de granadilla.....48	
<b>Figura 12.</b> Extracción del hidrocoloide de mesocarpio de granadilla a diferentes tiempos y pH .....48	
<b>Figura 13.</b> Peso del hidrocoloide de mesocarpio de granadilla a diferentes tiempos y pH.....49	
<b>Figura 14.</b> Acondicionado del hidrocoloide de mesocarpio de granadilla a diferentes tiempos y pH .....49	
<b>Figura 15.</b> Secado del hidrocoloide de mesocarpio de granadilla a diferentes tiempos y pH .....50	
<b>Figura 16.</b> Hidrocoloide de mesocarpio de granadilla seco a diferentes tiempos y pH .....50	
<b>Figura 17.</b> Molienda del hidrocoloide de mesocarpio de granadilla seco a diferentes	

tiempos y pH .....	51
<b>Figura 18.</b> Molienda del hidrocoloide de mesocarpio de granadilla seco a diferentes tiempos y pH .....	51
<b>Figura 19.</b> Equipo de titulación para la caracterización del hidrocoloide. ....	52
<b>Figura 20.</b> Determinación del contenido de metoxilo y peso equivalente del hidrocoloide.....	52
<b>Figura 21.</b> Determinación del contenido de metoxilo y peso equivalente del hidrocoloide.....	53
<b>Figura 22.</b> Determinación del contenido de metoxilo y peso equivalente del hidrocoloide.....	53
<b>Figura 23.</b> Elaboración de bioplástico a partir de hidrocoloide de mesocarpio de granadilla.....	54
<b>Figura 24.</b> Evaluación de solubilidad a partir de hidrocoloide de mesocarpio de granadilla.....	54
<b>Figura 25.</b> Evaluación de permeabilidad al vapor de agua a partir de hidrocoloide de mesocarpio de granadilla. ....	55
<b>Figura 26.</b> Evaluación de textura a partir de hidrocoloide de mesocarpio de granadilla.....	55
<b>Figura 27.</b> Evaluación de opacidad a partir de hidrocoloide de mesocarpio de granadilla .....	56
<b>Figura 28.</b> Evaluación de capacidad de retención de agua a partir de hidrocoloide de mesocarpio de granadilla .....	56

## I. INTRODUCCIÓN

Debido a la gran demanda de los alimentos procesados se genera una gran cantidad de desechos orgánicos en la industria de los alimentos a través de la eliminación antes, durante y después del procesamiento, como semillas, cáscaras y frutos deteriorados que terminan en vertederos municipales, ocasionando emisiones de gases de efecto invernadero. Asimismo, ocasiona una pérdida al productor por los frutos de baja calidad o llamadas también de descarte.

Actualmente, los estudios sobre los compuestos bioactivos en los alimentos, los subproductos contienen en su estructura metabolitos secundarios, polisacáridos, pectinas, polifenoles, pigmentos, enzimas, aceites esenciales, entre otros.

La pectina es un hidrocoloide que se extrae de los subproductos generados en el procesamiento de frutas, con una estructura compleja de monómeros galacturónicos (GalA), utilizados como estabilizante, gelificante, emulsionante y como recubrimiento comestible en el envasado de alimentos y en la industria cosmética aportando textura a cremas, champú entre otros.

Debido a la transformación de subproductos, la extracción de la pectina proviene de cáscaras de frutas cítricas (limón, naranja y lima), sin embargo, la región cuenta con muchas materias prima para su obtención, entre ellos la granadilla. El cual requiere métodos de extracción y el uso de tecnologías como el ultrasonido. El proceso comúnmente aplicado por las industrias es utilizando ácidos.

Desde este punto de vista, la extracción de hidrocoloide a partir de mesocarpio de granadilla despierta el interés de convertirse en una fuente renovable para la elaboración de bioplásticos, utilizando métodos convencionales y por ultrasonido. Por el cual se plantean los siguientes objetivos:

Extraer hidrocoloide del mesocarpio de granadilla (*Pasiflora ligularis*) por el método convencional y ultrasonido a diferentes pH y tiempos.

Caracterizar los hidrocoloides obtenidos por el método convencional y ultrasonido.

Elaborar un bioplástico con el mejor rendimiento del hidrocoloide obtenido

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Fundamentación teórica

#### 2.1.1 Hidrocoloides

Por su estructura, se relacionan con las hemicelulosas, que son biopolímeros hidrofílicos de alto peso molecular, incluyen polisacáridos de diversas fuentes, como algas marina, microorganismos, plantas y animales (Gannasin et al., 2012).

Entra las ricas fuentes vegetales de hidrocoloides, se incluyen las plantas, las células epidérmicas de las cubiertas de las semillas contienen una gran cantidad de polisacáridos complejos, es decir, gomas y mucílagos. El principal componente del hidrocoloide vegetal y el mucílago es la pectina, que es un polisacárido ácido presente en todas las paredes celulares y puede formar geles en la matriz extracelular. Se ha demostrado que la pectina tiene características eminentes de formación de gel, emulsificación y estabilización, además de tener una posible capacidad para prevenir el cáncer de colon, la hiperglucemia y la hipercolesterolemia (Aftab et al., 2020).

**Tabla 1.** Clasificación de los hidrocoloides

Clasificación	Compuestos
Hidrocoloides naturales	Exudados de plantas: arábica, Tragacanto, Karaya, Ghatti Semillas de plantas: Garrafin, goma guar Extractos de algas marinas: agar, alginatos, carragenina. Almidones Animal: gelatina, albumina, caseína. Subproductos vegetales: pectinas, arabinogalactano
Hidrocoloide semisintético	Derivados de la celulosa: CMC (Carboximetilcelulosa), metilcelulosa, hidroxipropilcelulosa. Gomas de fermentación microbiano: Xantan, gelano. Almidones modificados: Carboximetil, almidón, hidroxipropil almidón. Modificados químicamente: alginato de propilenglicol, pectina metoxilada
Hidrocoloides sintéticos	Polímeros vinílicos: polivinilalcohol (PVA), polivinilpirolidina (PVP). Polímeros de óxido de etileno: Polyox.

Fuente: Rodríguez & Sandoval (2003)

## 2.1.2 Pectinas

Las pectinas pertenecen a la familia de los polisacáridos que se componen principalmente de ácidos poli galacturónicos, coloides (poli urónidos derivados del ácido galacturónico CHO (CHOH) 4COOH), que se forma en la pared primaria de los tejidos mesenquimáticos y parenquimáticos de los frutos y vegetales (Del Águila Flores, 2016; Muñoz Labrador, 2016; Robles & Aurelio, 2021)).

### 2.1.2.1 Estructura química de la pectina

Es un carbohidrato complejo, se define como heteropolisacárido ramificado que contiene al menos 65 % unidades ácido D- galacturónico (AGal) con enlaces  $\alpha$  (1→4) que presentan grupos carboxílicos metilesterificados. Son sustancias blancas amorfas que al contacto con el agua forma una solución viscosa o gelatinosa usada como espesante (Galant et al., 2014; Zegada Franco, 2015; López Párraga et al., 2015; Párraga et al., 2015).

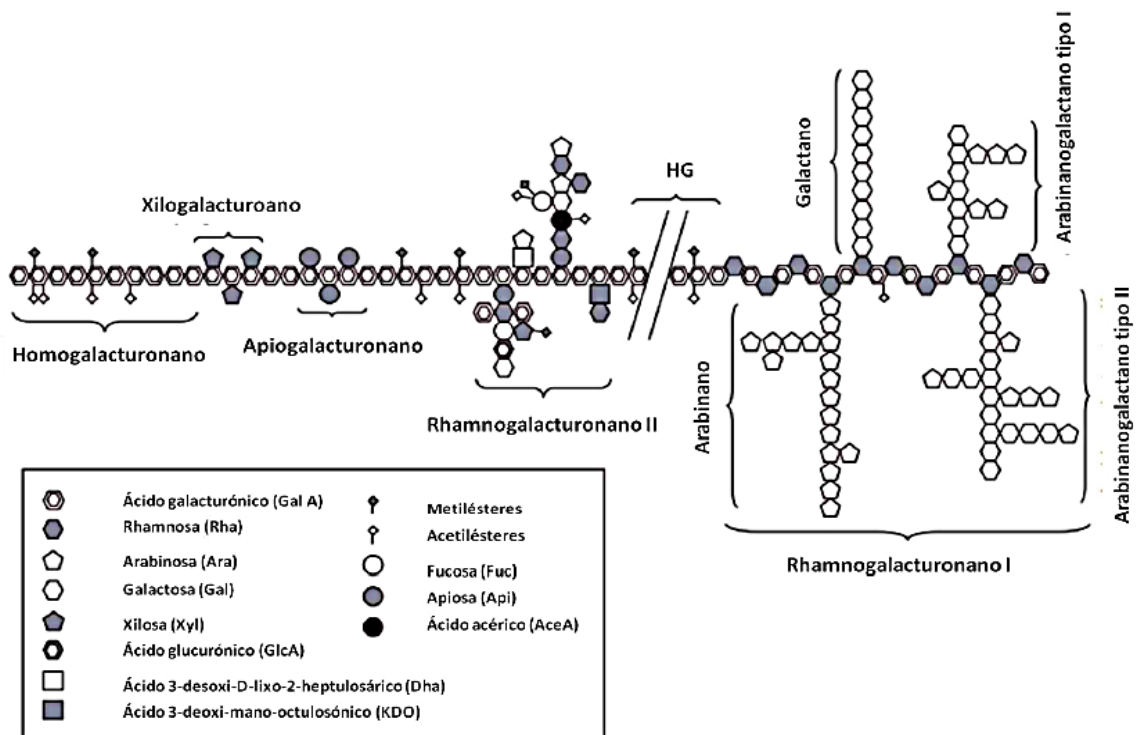


Figura 1. Estructura simplificada de la pectina. Fuente: Muñoz Labrador (2016):

### 2.1.2.2 Propiedades tecnológicas de la pectina

Posee propiedades funcionales que dependen de factores intrínsecos como su masa molecular, grado de esterificación estado de madurez del fruto y el método de extracción (Einhorn-Stoll et al., 2014; Muñoz Labrador, 2016)

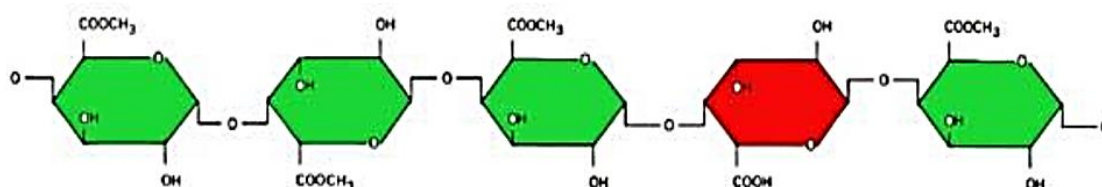
Seshadri et al. (2003) y Galant et al. (2014) indican la funcionalidad e interacción de la pectina con otras moléculas. Para ello, es crucial evaluar las características fisicoquímicas entre ellas se encuentran:

#### a. Peso equivalente

Indica el poder gelificante y la viscosidad de la sustancia péctica, que están unidas con el peso y tamaño molecular de las cadenas de la pectina. Es decir, que el peso molecular es directamente proporcional a la formación de gel, estabilidad en función a la metoxilación definiendo la pureza de la pectina (Barazarte et al., 2008).

**b. Contenido de metoxilo:** Se clasifican de alto y bajo metoxilo

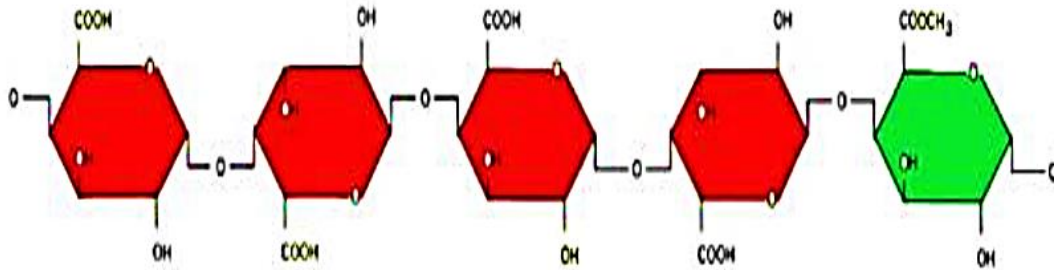
- **Alto metoxilo:** Mayor al 50 % de grupos carboxílicos están esterificados, forman geles a pH ácidos entre 2,8 a 3,5 y 60 a 70 grados Brix. Existe subgrupos de acuerdo a la temperatura de gelificación: pectinas rápidas, que forman geles a 95 °C en 5 minutos, de 68 a 75 % del grado de esterificación. Las pectinas lentas, gelifican a temperaturas de 65 °C por tiempos mayores a 5 minutos, estas son utilizadas en la elaboración de mermeladas, jaleas, confitería etc. (Muñoz Labrador, 2016; Sánchez Valerio, 2015).



**Figura 2.** Pectina de alto metoxilo. Fuente: Espinoza Rodríguez & Santos Zavala (2018).



- **Bajo metoxilo:** menor al 50 %, se requiere de la presencia del ion calcio para la gelificación. Tienen la capacidad de formar geles con o sin azúcar por la función de los cationes divalentes de calcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ) Existen 3 grupos: Gelificación rápida, intermedia y lenta, es decir tienen interacción con los iones de calcio y un grado de esterificación de 30 %, 32 y 35 % respectivamente. (Muñoz Labrador, 2016; Sánchez Valerio, 2015).



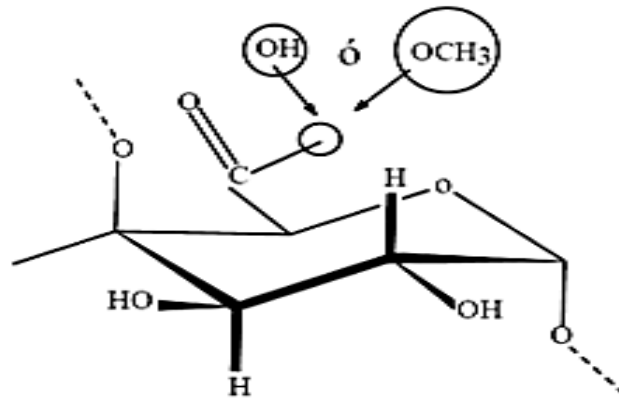
**Figura 3.** Pectina de bajo metoxilo. Fuente: Espinoza Rodríguez & Santos Zavala (2018).

#### a. Grado de esterificación

Es un factor importante que aporta y define la fuerza del gel y la propiedad de gelificación, se le conoce también como grado de metilación. Las pectinas (> 50 %) son de alto grado de esterificación y mayor poder gelificante (Paredes et al., 2015).

#### b. Contenido de ácido anhídrido galacturónico

Considerado como el principal componente principal de la molécula que determina la pureza y el grado de esterificación de la pectina. Está constituido por la presencia de azúcares como arabinosa, galactosa entre otros, que forman parte de la cadena péctica e impurezas como minerales y pigmentos que podrían influir en la formación del gel. Las macromoléculas como el carbohidrato presentes en el hidrocóide sufren una hidrólisis parcial durante la extracción por temperaturas altas, como la desmetoxilación de la cadena del ácido galacturónico causando que la pectina gelifique a mayor tiempo (Paredes et al., 2015).



**Figura 4.** Ácido galacturónico. Fuente: Espinoza Rodríguez & Santos Zavala (2018).

### 2.1.3 Métodos de extracción de pectina

Se han incluido varios métodos de extracción entre ellos el convencional por hidrólisis ácida y por calor, entre otras tecnologías emergentes como microondas, ultrasonido y enzimas. Con la finalidad de obtener sustancias pécticas de calidad de fuentes naturales a través de la transferencia de masa o solventes utilizados en la extracción (Picot-Allain et al., 2022).

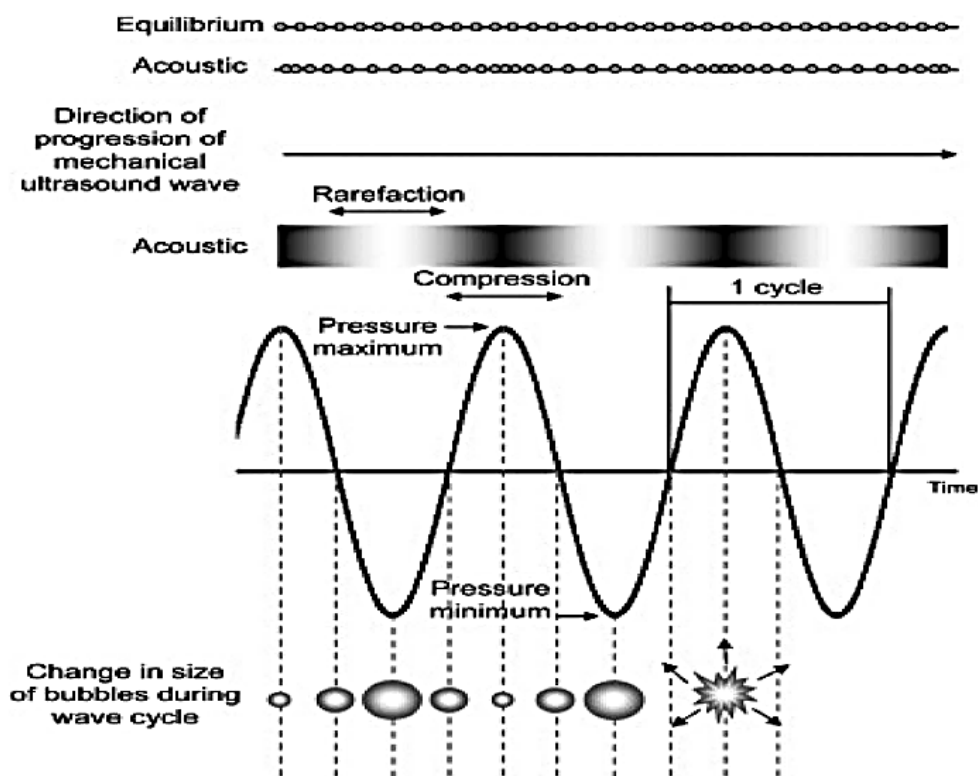
#### 2.1.3.1 Extracción convencional

La extracción por este método comprende diversos parámetros como temperatura, relación entre el sólido – líquido, pH, tiempo y el tamaño de partícula, que influyen en el rendimiento y calidad de la pectina obtenida. Asimismo, el uso de solventes tales como ácido nítrico, sulfúrico y clorhídrico para regular el pH ya que estas sustancias pécticas se extraen en un medio acuoso ácido (1,5 – 3), a temperaturas superiores a 85 °C durante 1 a 3 horas aproximadamente, esto permite que las paredes celulares liberen la matriz celular para luego ser precipitada con etanol (Picot-Allain et al., 2022).

#### 2.1.3.2 Extracción asistida por ultrasonido

Las vibraciones por ultrasonido producen microburbujas por el proceso de cavitación a través de fluctuaciones acústicas y mejora la liberación de la matriz celular haciendo que el solvente ingrese por los poros de la pared celular

provocando la hidratación y el hinchamiento, facilitando la transferencia de masa y la difusión de esta. Se dice que a una alta intensidad de potencia mejora el rendimiento de la extracción (Guandalini et al., 2019).



**Figura 5.** Fenómeno de cavitación por sonicación. Fuente: Picot-Allain et al. (2022)

### 2.1.3.3 Extracción por microondas

La aplicación de este método genera un campo eléctrico que implica la transferencia electroforética de iones y electrones provocando los movimientos rotatorios de las moléculas polares generando la liberación de energía en forma de calor que es un factor importante en la extracción resultando el aumento de la velocidad de difusión y la calidad de los compuestos (Picot-Allain et al., 2022; Hosseini et al., 2016; Hu et al., 2019).

### 2.1.3.4 Combinación de tecnologías no convencionales

Algunos estudios evaluaron la combinación de las tecnologías emergentes para mejorar la extracción de la pectina usando desechos

agroindustriales (frutas tropicales y subtropicales). Entre ellos se encuentran la extracción asistida por ultrasonido y microondas, mediante la cavitación producida por las ondas acústicas promueve la ruptura de la pared celular, mejorando la transferencia de masa, mientras que el efecto por microondas interactúa con las moléculas del agua que se encuentran dentro de la célula incrementado la temperatura y por ende evapora la humedad lo que produce la liberación de la matriz celular (Yang et al., 2019; Picot-Allain et al., 2022).

#### 2.1.4 Granadilla (*Passiflora ligularis*)

La granadilla comúnmente conocida como granadilla dulce, cultivada como especie nativa en América del Sur, son apreciadas por sus flores y frutos (Daza et al., 2021). El fruto tiene una corteza frágil y lisa, de color amarillo anaranjado cuando llega a su madurez, en su interior presenta una cubierta blanca y esponjosa que alberga el arilo con cientos de semillas comestibles (Lim, 2012). Se dice que es una de las 465 especies del género *Passiflora*, familia *Passifloraceae* y especie *Ligularis* (Zibadi & Watson, 2004).



**Figura 6.** Fruto de granadilla. a) Fruto, b) Planta, c) Corte longitudinal de fruto. Fuente : Melgarejo et al. (2015).

El interés por esta fruta radica en el contenido de flavonoides y alcaloides usados como ansiolíticos, presentes en la mayoría de las plantas (hojas y pulpas) encontrándose como glucósidos de flavonas tales como: luteolina-6-C-chinovosido, luteonina- 6-C-fusocido, vitexantina, isovitexina, orientina, isoorientina, homoorientina, saponarina y saponaretina. En la cáscara se identificaron compuestos cianógenos (prunasina y sambunigrina), adheridas a ella el mesocarpio que protege la pulpa y semillas, que son ricas en lípidos y fibra insoluble. Esta capa blanca y esponjosa del fruto está compuesta de celulosa, sustancias pécticas y hemicelulosa (Zibadi & Watson, 2004).

#### 2.1.4.1 Clasificación química

En la siguiente tabla 2 se muestra la composición química de la granadilla por 100 g de base seca.

**Tabla 2.** Composición química en pulpa de granadilla.

<b>Componentes</b>	<b>Cantidad</b>
Humedad	69,9 – 79,1 g
Proteína	0,340 – 0,474 g
Grasa	1,5- 3,18 g
Fibra cruda	3,2 – 5,6
Cenizas	0,87 – 1,36 g
Calcio	5,6 – 13,7 mg
Fosforo	44,0 – 78,0 mg
Hierro	0,58 – 1,56 mg
Caroteno	0,000035 mg
Tiamina	0,002 mg
Riboflavina	0,063 – 0.125 mg
Niacina	1,42 – 1,813 mg
Ácido ascórbico	10,8 – 28,1 mg

Fuente: Lim (2012).

Presenta un nuevo polisacárido de alto peso molecular (superior a  $1 \times 10^6$  Da) consta de seis tipos de azúcar diferentes: xilosa, glucosa, galactosa, galactosamina, un componente desconocido y fucosa en una proporción de 1:0,5:0,2:0,06 en cascaras de granadilla. Este componente xiloglucano se utilizó para la formación de películas biodegradables, proporcionando una fuente de compuestos bioactivos, observándose una actividad anti citotóxica del polisacárido y una capacidad antioxidante equivalente de Trolox (TEAC) de 0,32 m M/mg de producto fresco (Lim, 2012).

#### **2.1.4.2 Pectina de granadilla**

El mesocarpio de la granadilla es un subproducto no utilizado en la elaboración de alimentos, sin embargo su alto contenido de carbohidratos complejos, similares a los cítricos posee una estructura dentro de las paredes celulares que son una alternativa en el uso de formación de biopelículas (Escribano Cajo, 2020).

#### **2.1.5 Bioplástico**

Son materiales de base biológica de origen mineral y vegetal compuestos de biopolímeros, poliésteres poli vinílicos y polisacáridos, proteínas, lípidos y poliésteres sintetizados por microorganismos (Porta et al., 2011). Para la producción de bioplásticos se extraen de desechos agrícolas e industriales, formada por biomoléculas (proteínas, lípidos y polisacáridos) tales como: celulosa, quitosano, pectinas y almidón (Shafqat et al., 2020).

##### **2.1.5.1 Elaboración de bioplástico a partir de desechos agroindustriales**

La industria alimentaria genera una gran cantidad de subproductos que no son aprovechados, estos residuos contienen pectina, almidones, celulosa entre otros que son fuentes ricas para la formulación de bioplásticos o películas comestibles (Acosta Dreika, 2022). Uno de ellos es el mesocarpio su estructura amorfa contiene pequeñas partículas de pectina en forma de carbohidratos completos, el cual permite la formulación de películas degradables con propiedades mecánicas y físicas similares al bioplástico sintético, mediante la homogenización de plastificantes como el almidón y la glicerina. El uso de este recurso es posible obtener una película flexible (Escribano Cajo, 2020).

##### **2.1.5.2 Plásticos biodegradables**

Los plásticos biodegradables no dependen de la materia prima utilizada sino de su estructura química, ya que estos podrían ser elaborados a partir de recursos renovables (combustibles fósiles), la mayoría son formuladas para ser susceptibles a microorganismos que se encuentran en el suelo, favoreciendo la descomposición de este por un proceso anaerobio e incluso en medios sin oxígeno (Robalino Silva, 2022).

### **2.1.5.3 Elementos para la elaboración de un bioplástico**

Charro Espinosa (2015) menciona lo siguiente:

- Glicerina. Cumple la función de plastificante y es soluble en agua, se incorpora para el proceso de elaboración de un plástico para aportar flexibilidad, elasticidad.
- Agua. El uso de este recurso en la elaboración de un bioplástico es que logra la desestructuración del almidón termoplástico, con el objetivo de mejorar las propiedades mecánicas y de barrera.
- Almidón. Son carbohidratos que en su estructura presenta amilosa y amilopectina, el primero se encarga de la gelificación es soluble en agua caliente lo forma una suspensión coloidal. posee ramificaciones  $\alpha - D-(1,6)$ , forman películas y fibras fuertes en cadenas en forma de hélice haciéndolas más elásticas que las de celulosa.

### **2.1.5.4 Características de los bioplásticos**

- Físicas. Se encuentran color, opacidad, solubilidad, permeabilidad al vapor de agua.
- Ópticas. Se consideran según el aspecto de la superficie del bioplástico como rugosidad, machas o defectos. Y se definen por la opacidad mediante espectrofotometría que mide el paso de luz a través de la película.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Lugar de ejecución

La investigación se realizó en la Universidad Nacional Hermilio Valdizan, en los laboratorios de Físicoquímico y Análisis por Instrumentación de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroindustrial, ubicada en el distrito de Pillco Marca, provincia de la ciudad de Huánuco.

#### 3.2 Materia prima y reactivos

##### a. Materia prima

Para la extracción de hidrocoloide se utilizó 10 kg de granadilla (*Passiflora ligularis juss*) de descarte del distrito de Chinchao de la región Huánuco. Se encuentra a latitud: -9,80167, longitud: -76,0706, latitud: 9° 48' 6" Sur y longitud: 76° 4' 14" Oeste.

##### b. Reactivos

Glicerina, Ácido acético, Etanol 96° comercial, Ácido clorhídrico al 4 M, Hidróxido de sodio al 1N (Sigma – Aldrich), Rojo fenol.

#### 3.3 Materiales

##### a. Materiales de laboratorio

Se usó vasos precipitados de 100, 500 y 1000 mL, matraces erlenmeyer de 250 mL, probetas de 5, 10, 25, 50 y 100 mL, micropipetas de 1000 µL, pastillas magnéticas de 1.5, 3 cm, tubos falcon con base cónica de 50 mL, placas Petri de vidrio, crisoles de porcelana, cubetas de poliestireno de 1.5 mL, pinzas metálicas, mallas de asbesto, varillas de vidrio, espátulas o cucharillas, cernidores metálicos, tela organza y gradillas.

##### b. Equipos de laboratorio

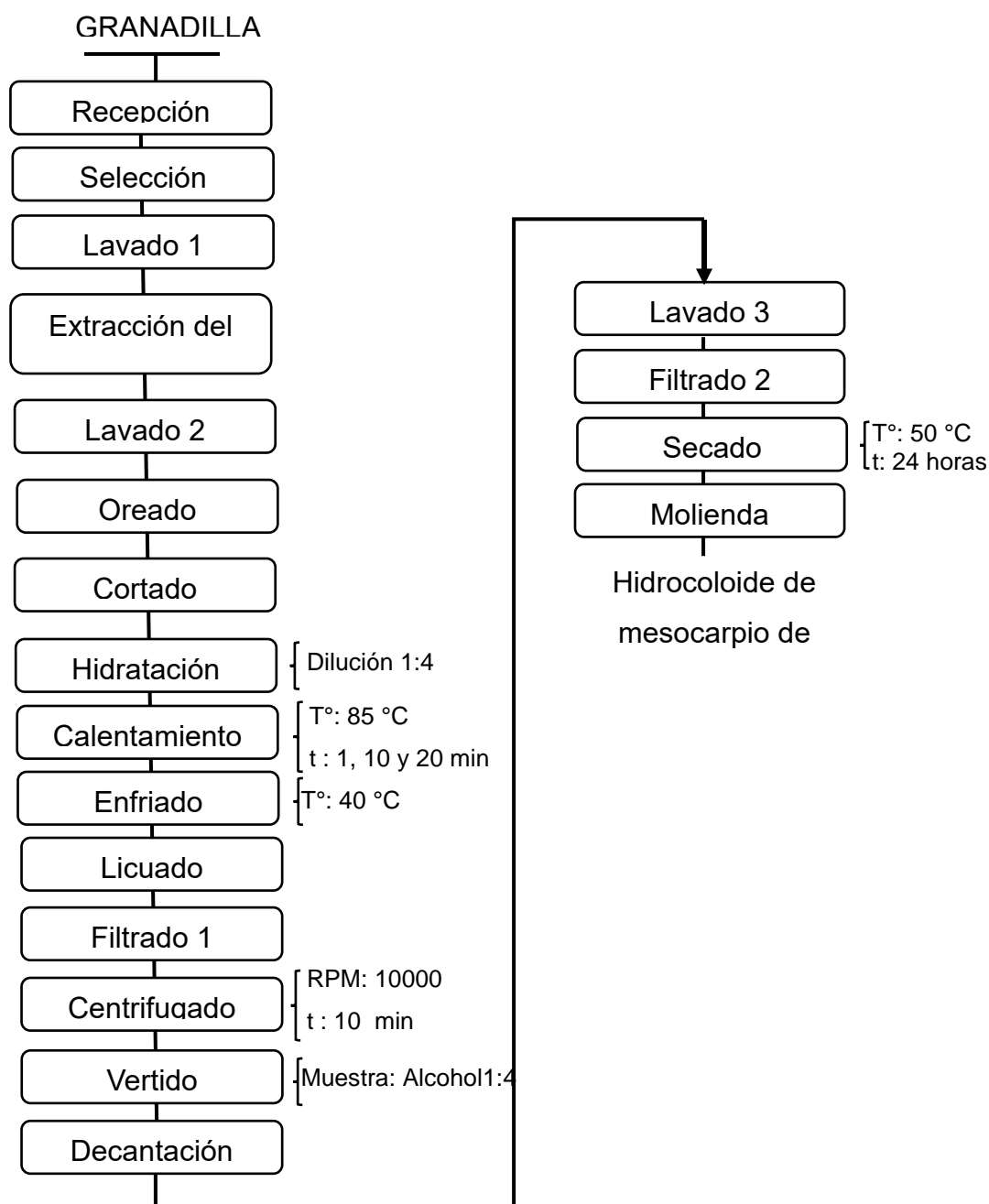
Cocinilla eléctrica, centrifuga Rotina 380, balanza gramera de cap. 500 g (Draus), estufa ecocell 50, medidor de pH (Metrohm), agitador magnético (DLAB), refrigerador, termobalanza AND modelo HR-250AZ, balanza analítica (Adventurer), agitador magnético con calefacción modelo L-VM100E, procesador eléctrico para jugos, ultrasonido Lab Companion UCS-05, horno mufla H.W. Kessel.



### 3.4 Procesamiento de muestras para la obtención del hidrocoloide de mesocarpio de granadilla.

Se realizó según la metodología descrita por Adjeroud-Abdellatif et al. (2022) y Aftab et al. (2020) que consistió de la siguiente manera:

#### 3.4.1 Extracción de hidrocoloide por el método convencional



**Fuente:** Adjeroud-Abdellatif et al. (2022).

**Figura 7.** Flujo de experimentos realizados en las muestras de granadilla sometidos a diferentes tiempo y pH por el método convencional.

**Primera etapa:**

Se recepcionó el fruto de granadilla de descarte, retirando los frutos con hongos, excepto los que presentaron golpes o fracturas en la cáscara por presión entre ellos durante el transporte. Los frutos fueron sumergidos en agua para la eliminación de impurezas. Se hizo un corte transversal al fruto para extraer el arilo (parte comestible). Con la ayuda de una cuchara se arrastró el mesocarpio que se encuentra adherido a la cascara (parte blanca y esponjosa). El mesocarpio extraído fue sumergido en agua para eliminar el dulzor del arilo. Una vez lavado, se dejó reposar por 24 horas. Se cortó en pedazos de 2 cm aproximadamente.

**Segunda etapa:**

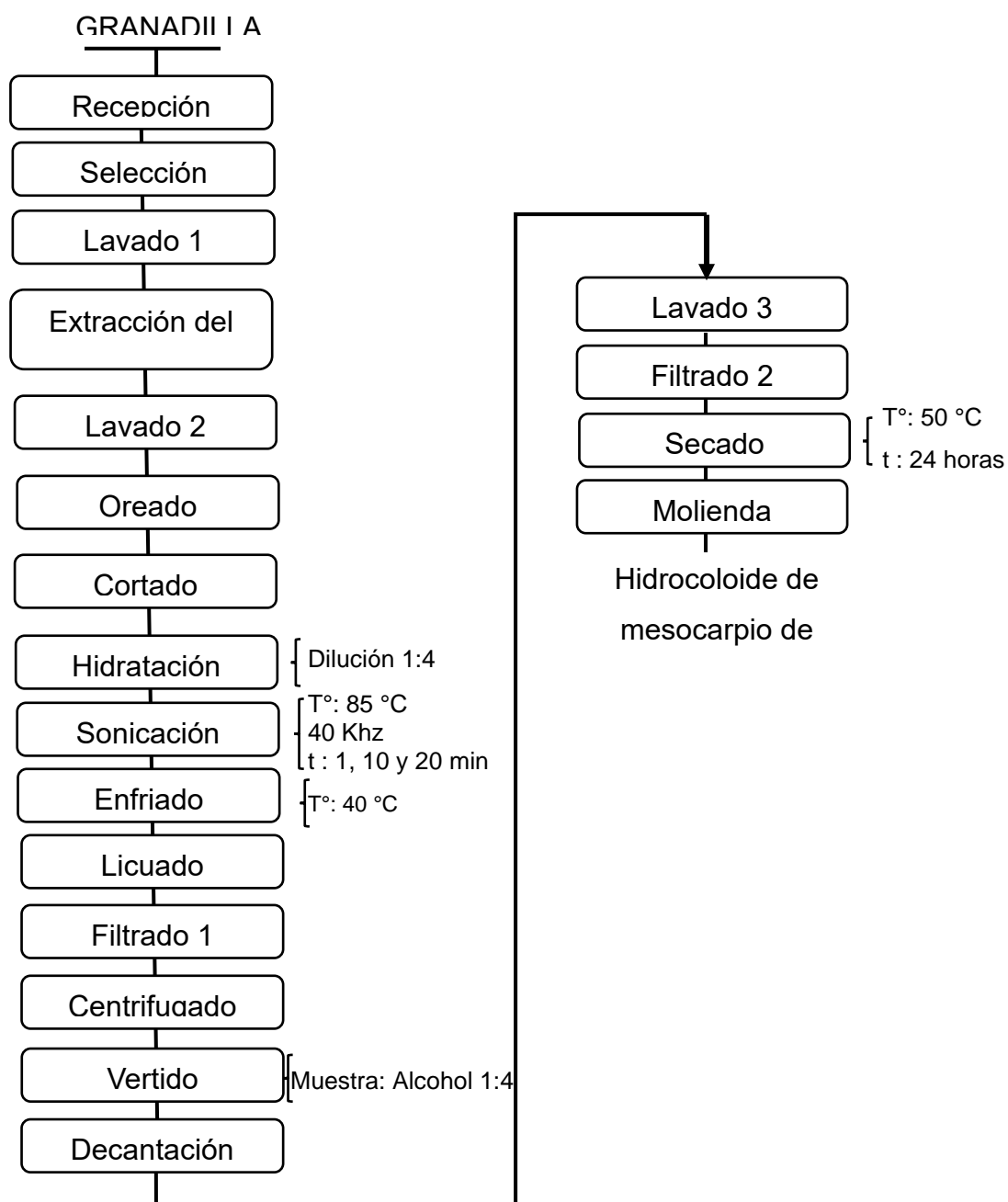
Una vez obtenido el mesocarpio completamente limpio y oreado. Se hidrató la muestra en una proporción de 1:4 en relación de muestra solvente, ajustándose a pH de 3, 4 y 7 por 24 horas, se sometió a cocción con la ayuda de un agitador magnético con calefacción (L-VM100E) a diferentes tiempos de 1, 10 y 20 minutos, a una temperatura de 85 °C (o ebullición). Posteriormente enfriándose hasta una temperatura de 40 °C. Con la ayuda de un procesador de frutas se licuó la muestra por un tiempo de 3 minutos aproximadamente. Filtrándose con un cernidor metálico de uso doméstico y una tela organza reteniendo las partículas de gran tamaño. El sobrenadante obtenido se centrifugó (Rotina 380) a 10000 RPM durante 10 minutos.

**Tercera etapa**

El sobrenadante obtenido se vertió en vasos precipitados de 250 mL, agregando alcohol frio de 96 ° a una dilución de 1:4 (muestra: solvente), el cual se agitó lentamente, dejando reposar por 24 horas. El hidocoloide formado se retiró cuidadosamente en otro vaso de la misma capacidad que el anterior con 100 mL de alcohol de 96 ° y refrigerarlo por 24 horas. Se repite el paso nuevamente el lavado con alcohol. Se secó el hidocoloide extraído, en unas bandejas de plástico a temperatura de 50 °C por 24 horas. Para finalizar, se trituro la muestra y almacenó en tubos falcón de 50 mL.

### 3.4.2 Extracción de hidrocoloide asistido por ultrasonido

La diferencia a la extracción convencional radica en sonicar la muestra a alta intensidad con el equipo ultrasonido (Lab Companion UCS-05), a partir del hidratado a diferentes tiempos 1, 10 y 20 minutos y pH 3, 4 y 7 a una temperatura de 85 °C, ya que el equipo no se puede modificar sus parámetros, todos los otros pasos serán los mismos a la extracción descrita anteriormente.



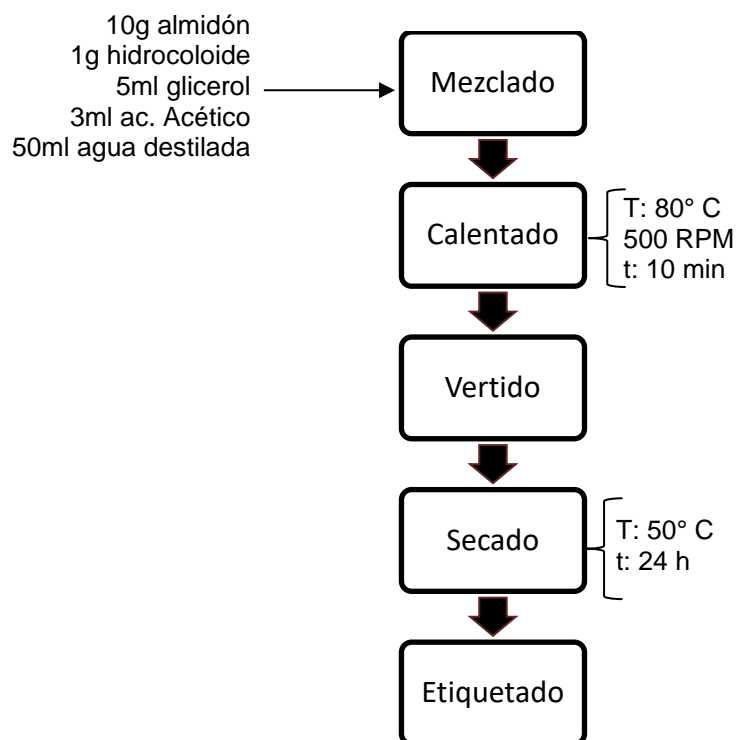
**Fuente:** Adjeroud-Abdellatif et al. (2022).

**Figura 8.** Flujo de experimentos realizados en las muestras de granadilla sometidos a diferentes tiempo y pH con asistencia de ultrasonido.

### 3.4.3 Elaboración del bioplástico con hidrocoloide de mesocarpio de granadilla

La formación del bioplástico se realizará por el método según Abral et al. (2019).

La preparación de la película se realizará mezclando 10 g de almidón, 1g hidrocoloide, con 5 ml de glicerol (Merck), 3 ml de ácido acético (Merck) y 50 ml de agua destilada en un vaso Pyrex de 250 ml. La mezcla se calentará exactamente a 80 °C usando un agitador magnético (L-VM100E) a 500 rpm durante 10 min hasta que se produjo la gelatinización completa. Cada gel se verterá en placas de Petri (140 mm de diámetro), luego se secó en una estufa (Ecocell 50) a 50 C durante 24 h. Se etiquetarán como película según el método de extracción.



**Fuente:** Abral et al. (2019).

**Figura 9.** Flujo de experimentos realizados en las muestras de granadilla sometidos a diferentes tiempo y pH con asistencia de ultrasonido.

## 3.5 Métodos de análisis

### 3.5.1 Determinación de humedad y cenizas

Mediante el método oficial de análisis de la AOAC (1980), la humedad fue determinada sometiendo la muestra a una temperatura 105 °C por 3 horas hasta obtener peso constante. El contenido de cenizas se determinó al pesando 1 g de muestra en un crisol previamente pesado y luego se calentó en un horno mufla a 550 °C durante 3 a 4 horas hasta obtener el peso constante.

### **3.5.2 Determinación de peso equivalente, contenido de metoxilo, ácido anhidro galacturónico (AAG) y grado de esterificación.**

Se determinaron mediante el método descrito por Owens (1952)

#### **Peso equivalente**

En un matraz de 250 mL se pesó 0.5 g de pectina humedecida con 5 mL de etanol a 96 ° y 1g de NaCl (Merck), homogenizándose con 100 mL de agua destilada, se agregó gotas de indicador de rojo fenol. Se tituló usando hidróxido de sodio al 0.1 N (Merck) hasta un viraje de color rosa durante 30 segundos. Tener en cuenta que la muestra sea disuelta completamente. La solución se guardó para el análisis de metoxilo, calculado mediante la **ecuación 1**.

$$PE = \frac{\text{Peso de muestra (g)} \times 1000}{\text{mL de álcali} \times \text{Normalidad del álcali}} \quad (1)$$

#### **Contenido de metoxilo**

La solución usada en el análisis de peso equivalente, se añadió 25 mL de hidróxido de sodio al 0.25 N (Merck) se agito exhaustivamente, cubrimos el matraz y dejamos reposar por 30 minutos. Luego se agregó 25 mL de HCl al 0.25 N (Merck) y titulamos con hidróxido de sodio al 0.1 N hasta el cambio de color rosa. El dato obtenido se reemplazó en la **ecuación 2**:

$$MeO\% = \frac{\text{meq NaOH} \times 31 \times 100}{\text{Peso de muestra (mg)}} = \frac{N \times \text{Vol. NaOH (mL)} \times 3.1}{\text{Peso de muestra (g)}} \quad (2)$$

#### **Análisis del ácido anhidro galacturónico (AAG)**

Se utilizó los datos obtenidos del peso equivalente y contenido de metoxilo. Este análisis se calcula a partir de la **ecuación 3**:

$$\%AAG = \frac{176 \times 100}{z} \quad (3)$$

176 es el peso molecular del AAG

$$z = \frac{\text{Peso de muestra (mg)}}{\text{meq de álcali para ácido libre} + \text{meq de álcali para metoxilo}} \quad (4)$$

### Grado de esterificación

Se calcula mediante la **ecuación 5**:

$$\%GE = \frac{176 \times MeO\% \times 100}{31 \times AAG\%} \quad (5)$$

### 3.5.3 Caracterización del bioplástico a partir de hidrocoloide de mesocarpio de granadilla.

#### Propiedades físicas

Espesor: (Cao et al., 2007).

Densidad (Shogren et al., 1998).

Capacidad de absorción de agua (Cedeño et al., 2022).

Solubilidad (Chariguamán C., 2015).

Biodegradabilidad (Olugbenga et al., 2017).

#### Propiedades ópticas

Opacidad (Chariguamán C., 2015).

#### Propiedad de barrera

Permeabilidad al vapor de agua (Gontard et al., 1993).

### 3.5.4 Diseño de la investigación

Se utilizó el diseño factorial de  $2^k$  para el efecto de extracción de hidrocoloide de mesocarpio de granadilla por el método convencional y ultrasonido a diferentes pH y tiempos (Gutiérrez Pulido & Salazar, 2012). Cuya ecuación es la siguiente:

$$Y_{ijk}: \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad (6)$$

$$i = 1 \dots j = 1, \dots k = 1, \dots \dots n$$

Donde:

$\mu$  = es el efecto medio global

$\alpha_i$ =efecto incremental sobre la media causado por el nivel i del factor A (pH)

$\beta_j$ =efecto incremental sobre la media causado por el nivel j del factor B (Tiempo)

$(\alpha\beta)_{ij}$ = el efecto incremental sobre la media causado por la interacción del nivel i del factor A y j del factor B

$\varepsilon_{ijk}$ = termino de error.

Después del proceso de extracción por el método convencional y ultrasonido se realizó la elaboración del bioplástico con los puntos óptimos que fueron obtenidos mediante la función de deseabilidad (ANEXO 3 y 4), evaluando las características por el modelo matemático Diseño Completamente al Azar (DCA) y la prueba de rangos múltiples determinando la diferencia estadística de las variables en estudio (Gutiérrez Pulido & Salazar, 2012). La ecuación es la siguiente:

$$Y_{ij}: \mu + T_i + \varepsilon_{ij} \quad (7)$$

$Y_{ij}$  Características fisicoquímicas del bioplástico de hidrocoloides obtenidos a partir de mesocarpio de granadilla (*Pasiflora ligularis*) sometidos al efecto i-ésimo tratamiento

$\mu$  Efecto de la media general

$T_i$ =Efecto del j-ésimo tratamiento bolsa comercial y bioplástico de hidrocoloide.

$\varepsilon_{ij}$ =Efecto del error experimental.

Los valores obtenidos se evaluaron mediante un ANOVA al 5 % como testigo una bolsa plástica comercial "TOTTUS" y el bioplástico (Gutiérrez Pulido & Salazar, 2012).

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Extracción de hidrocoloide de mesocarpio de granadilla por el método convencional y ultrasonido a diferentes pH y tiempos

#### 4.1.1 Rendimiento de hidrocoloide por el método convencional y ultrasonido

En la tabla 3 muestra el rendimiento en la extracción de hidrocoloide a diferentes tiempos y pH, obtenido por cada 100 g de muestra para ambos métodos (convencional y ultrasonido) a temperatura constante de 80 °C.

**Tabla 3.** Rendimiento de hidrocoloide extraído por el método convencional y ultrasonido.

TIEMPO (minutos)	pH	Rendimiento por el método convencional	Rendimiento por el método ultrasonido (40 kHz)
1	3	1,311 ± 0,101 <sup>a, β</sup>	0,550 ± 0,021 <sup>ab, β</sup>
	4	1,569 ± 0,201 <sup>a, δ</sup>	0,413 ± 0,020 <sup>ab, β</sup>
	7	0,770 ± 0,286 <sup>a, β</sup>	0,292 ± 0,137 <sup>ab, β</sup>
10	3	1,429 ± 0,095 <sup>b, β</sup>	0,472 ± 0,115 <sup>a, β</sup>
	4	1,882 ± 0,061 <sup>b, δ</sup>	0,275 ± 0,050 <sup>a, β</sup>
	7	1,510 ± 0,334 <sup>b, β</sup>	0,325 ± 0,097 <sup>a, β</sup>
20	3	1,207 ± 0,219 <sup>b, β</sup>	0,461 ± 0,141 <sup>b, β</sup>
	4	1,447 ± 0,145 <sup>b, δ</sup>	0,479 ± 0,171 <sup>b, β</sup>
	7	1,652 ± 0,204 <sup>b, β</sup>	0,575 ± 0,110 <sup>b, β</sup>

\*Los valores promedios ± desviación estándar (n=3). Las letras alfabéticas están representadas en horizontal a > b > c (tiempo), y en símbolos griegos en vertical por β > δ > γ (pH).

El rendimiento por el método convencional varió entre 0,770 ± 0,286 a 1,882 ± 0,061, con diferencias significativas (p < 0,05) entre las variables, incluyendo la interacción entre tiempo y pH. Es decir que las variables estudiadas individualmente influyen en el rendimiento durante la extracción de hidrocoloides. Mediante la prueba de múltiples rangos con respecto al pH, se observa en el Anexo 2 que a pH 3 y 7 no influyen en el rendimiento, a diferencia del pH 4 que es diferente a los tratamientos. Con respecto al tiempo, a 1 minuto interviene en el rendimiento en comparación al minuto 10 y 20.

El rendimiento por ultrasonido de hidrocoloide de mesocarpio de granadilla varió entre 0,275 ± 0,050 a 0,575 ± 0,110, con diferencias significativas en el tiempo (p < 0,05) y sin efecto significativo (p > 0,05) en relación del pH y en



la interacción de ambos (tiempo y pH). El mayor rendimiento fue de  $0,575 \pm 0,110$  a pH 7 por 20 minutos de sonicación, con efecto significativo en relación del tiempo a 20 minutos. Siendo un valor menor en comparación al método convencional. Con respecto a lo mencionado, la prueba de múltiples rangos afirma que el pH no interfiere en la extracción de hidrocoloide entre tratamientos

En la tabla 3 se observa el rendimiento de hidrocoloides extraídos a diferentes tiempos y pH siendo valores superiores reportados por (Lakshmanaraj et al., 2014) evaluó diferentes tiempos de extracción de mucilagos en semillas de albahaca, obteniendo rendimientos de 1,05 a 1,86 en peso, durante 20 minutos. El cual afirma que existe relación entre rendimiento y tiempo de extracción menores a 30 minutos.

Los factores que influyen en la extracción de hidrocoloides o sustancias pécticas por hidrólisis ácida a partir frutos y vegetales, tales como el efecto de la temperatura, pH, tiempo y la interacción entre ellos, juegan un papel importante en el rendimiento y la relación entre muestra: agua, para la transferencia de masas (Bostan et al., 2010; Mejia et al., 2019; de Oliveira et al., 2015). Asimismo, manifiesta que a pH cercanos a 6 aumenta el rendimiento a temperaturas altas y mayor tiempo. La variable con mayor efecto en el rendimiento por el método convencional y ultrasonido fueron a pH 4 y pH 7 y tiempos de extracción de 10 y 20 minutos respectivamente. El rendimiento de la pectina es afectado por la hidrólisis a altas temperaturas mayores a 85 °C, generando moléculas de cadenas cortas que no precipitan con el alcohol u otro solvente (Picot-Allain et al., 2022).

Sekachaei et al. (2017) obtuvieron un mayor rendimiento de hidrocoloide en comparación a los valores reportados en la tabla 3, a partir de semillas de membrillo asistida por ultrasonido de 7,02 % a pH de 7,68. Esta diferencia probablemente esté relacionado por el fenómeno de cavitación que ayuda a romper los tejidos a través de los poros de la pared celular destruyendo la matriz del mucilago de la muestra vegetal (Waghmare et al., 2022). Asimismo, la sonicación a alta frecuencia forma y afecta al tamaño de microburbujas causando un efecto de saturación y resistencia de masas en el líquido, interfiriendo en la disminución del rendimiento en la producción de pectina (Picot-Allain et al., 2022).

Palacios Duchicela (2022) obtuvo un rendimiento por el método de maceración en nopal de  $1,07 \pm 0,03$  y  $1,15 \pm 0,01$  (10 min);  $1,11 \pm 0,01$  (20 min) por ultrasonido, valores por ultrasonido. Siendo valores inferiores de la tabla 3 por el método convencional y superiores por ultrasonido, asimismo se observa que los mayores valores por US son a pH 3 (1 min) y pH 7 (20 min), esto es debido a que la sonda ultrasónica influye en la extracción del mucilago evitando la formación de coágulos para su precipitación, es decir la destrucción de las paredes celulares del tejido vegetal a través de la formación de poros para el ingreso del solvente ácido. Es decir, que el fenómeno de cavitación en un medio neutro influye en el rendimiento a 20 minutos de exposición, así como el uso de un medio ácido pH 3 a un minuto de extracción por US.

Vera et al. (2016) obtuvieron un rendimiento favorable al someter una muestra por ultrasonido por un tiempo de 20 a 30 minutos a 40 KHz y altas temperaturas, causando la alteración de las propiedades físicas y químicas de la sustancia pécticas. Además, deduce que el pH influye en la calidad de la pectina a pH superiores a 2, y menores a esta mejora el rendimiento. Como se observa en la tabla 3 los valores a pH 7 son inferiores a los rendimientos a pH 3 y 4.

Bagherian et al. (2011) mencionan que el tiempo de sonicación mayores a 35 minutos influye en la extracción de hidrocoloide disminuyendo el rendimiento. Alcanzando su máxima extracción a 25 minutos, disminuyendo en el tiempo, debido a la degradación por temperatura de la pectina extraída a partir de albedo de maracuyá (Campo-Vera et al., 2016).

Culquimboz et al. (2010) afirma que cuando el fruto llega a su estado de madurez la pared celular y la lámina media de la célula sufren cambios de despolimerización en sus componentes como textura, sustancias pécticas de la hemicelulosa y celulosa provocando el ablandamiento del fruto, disminuyendo así el rendimiento de la pectina.

#### **4.1.1.1 Peso equivalente por el método convencional y ultrasonido**

La tabla 4 muestra los resultados en la determinación del peso equivalente del hidrocoloide obtenido por el método convencional y ultrasonido a diferentes tiempos y pH de extracción.

**Tabla 4.** Determinación del peso equivalente del hidrocoloide obtenido.

TIEMPO (minutos)	pH	Peso equivalente (Convencional)	Peso equivalente (Ultrasonido-US)
1	3	2209,60 ± 109,35 <sup>b, β</sup>	2029,60 ± 92,52 <sup>a, β</sup>
	4	2146,46 ± 109,35 <sup>b β</sup>	2552,91 ± 203,64 <sup>a, β</sup>
	7	3042,33 ± 458,21 <sup>b, δ</sup>	2282,61 ± 188,27 <sup>a, δ</sup>
10	3	2315,55 ± 167,21 <sup>ab, β</sup>	2055,56 ± 48,11 <sup>a, β</sup>
	4	2210,00 ± 109,40 <sup>ab, β</sup>	1954,16 ± 304,22 <sup>a, β</sup>
	7	2592,59 ± 160,38 <sup>ab, δ</sup>	3373,56 ± 453,83 <sup>a, δ</sup>
20	3	2224,64 ± 253,83 <sup>a, β</sup>	2453,70 ± 349,53 <sup>a, β</sup>
	4	1740,20 ± 312,92 <sup>a, β</sup>	2708,33 ± 360,84 <sup>a, β</sup>
	7	2636,45 ± 138,95 <sup>a, δ</sup>	2029,60 ± 92,52 <sup>a, β</sup>

\*Los valores promedios ± desviación estándar (n=3). Las letras alfabéticas están representadas en horizontal a > b > c (tiempo), y en símbolos griegos por β > δ > γ (pH).

Según el NTP.209,710 (INDECOPI, 2014), los valores de peso equivalente deben de ser como mínimo 1000 mg/meq. Se observa que los pesos equivalentes por el método convencional fueron de 1740,20 ± 312,92 a 3042,33 ± 458,21 a diferentes tiempos y pH de extracción, el cual no presentan un efecto significativo en la variable tiempo e interacción entre ellos (tiempo y pH) por presentar un valor de p > 0,05. Sin embargo, existe un efecto significativo del pH sobre el peso equivalente p < 0,05. A través de un análisis de rangos múltiples con relación de pH y tiempo, el tratamiento a pH 7 por 1 minuto es diferentes a los demás tratamientos.

Asimismo, los pesos equivalentes obtenidos por el método de ultrasonido los valores fueron de 2708,33 ± 360,84 a 1954,16 ± 304,22 a diferentes tiempos y pH de extracción, individualmente la variable tiempo no influye en el peso equivalente, en comparación al pH e interacción entre ellas (pH y tiempo) que si presentan un efecto significativo p < 0,05. Mediante un análisis de múltiples rangos con respecto al tiempo no presentan un efecto significativo entre ellos siendo todos iguales individualmente. A diferencia del pH 7 que si influye en el peso equivalente en comparación al pH 3 y 4. Esto valida con el análisis de varianza (Anexo 2) que indica lo expuesto anteriormente.

La tabla 4 indica que a los minutos 1, 10 y 20, presentan valores superiores de 3042,33 ± 458,21, 2592,59 ± 160,38 y 2636,45 ± 138,95 respectivamente a pH 7.

El mayor valor de peso equivalente fue de 3042,33 ± 458,21 a pH 7 por 1 minuto de extracción, se dice que a medida que disminuye el tiempo, menor será

la despolimerización y mayor será el peso equivalente. Los hidrocoloides de menor peso equivalente se debe al incremento de la fragmentación de las cadenas del ácido poli galacturónico durante la hidrólisis y por ende menor peso molecular (Apolo Cisneros, 2019).

Apolo Cisneros (2019) menciona los valores de pesos equivalentes de 614,67 a 1314,5 g/ eq-g en granadilla y 680,15 a 1203,84 g/eq-g en maracuyá, valores inferiores a obtenidos en la tabla 3, esta diferencia probablemente esté relacionado por el tratamiento de la muestra durante la extracción o la procedencia de la materia prima

Chacín et al. (2010) reportaron valores de peso equivalente en pectina de 2512.5 y 2583.33 eq/g en cáscara de guayaba, ya que este aporta la firmeza del gel. Asimismo, Corona et al. (1996) mencionan que a mayor peso equivalente mayor será el poder del gel.

Campo-Vera et al. (2016) reportaron valores en pesos equivalentes en mesocarpio de maracuyá asistido por ultrasonido y a pH de 2, 5 y 7 fueron  $3095,9 \pm 0,43$ ;  $2288,3 \pm 0,84$ ;  $2631,5 \pm 0,44$  respectivamente. Siendo superiores a la pectina comercial  $1594,9 \pm 0,12$ . Dichas muestras tratadas por ultrasonido se relaciona con el peso molecular de la sustancia péctica y el pH, corroborando con el análisis de varianza que hubo diferencias significativas con respecto a la interacción del tiempo y pH. Mejorando la extracción de cadenas de ácidos poli galacturónicos más largas y con mayor peso molecular, por la acción hidrolítica (Barreto et al., 2017).

#### **4.1.1.2 Contenido de metoxilo del hidrocoloide por el método convencional y ultrasonido**

La tabla 5 muestra los resultados del contenido de metoxilo del hidrocoloide obtenido por el método convencional y ultrasonido a diferentes tiempos y pH de extracción.

**Tabla 5.** Determinación del contenido de metoxilo del hidrocoloide obtenido

TIEMPO (minutos)	pH	Contenido de metoxilo (Convencional)	Contenido de metoxilo (Ultrasonido-US)
1	3	2,40 ± 0,93 <sup>a, δ</sup>	1,42 ± 0,34 <sup>a, β</sup>
	4	3,47 ± 1,18 <sup>a, β</sup>	3,95 ± 1,35 <sup>a, βδ</sup>
	7	2,07 ± 0,19 <sup>a, δ</sup>	2,69 ± 0,41 <sup>a, δ</sup>
10	3	7,13 ± 0,14 <sup>b, δ</sup>	3,91 ± 0,75 <sup>b, β</sup>
	4	1,61 ± 0,06 <sup>b, β</sup>	1,97 ± 0,96 <sup>b, βδ</sup>
	7	3,80 ± 1,01 <sup>b, δ</sup>	5,58 ± 0,50 <sup>b, δ</sup>
20	3	3,16 ± 0,17 <sup>b, δ</sup>	2,03 ± 0,93 <sup>a, β</sup>
	4	2,58 ± 0,18 <sup>b, β</sup>	2,19 ± 0,31 <sup>a, βδ</sup>
	7	6,82 ± 0,13 <sup>b, δ</sup>	1,78 ± 0,20 <sup>a, δ</sup>

\*Los valores promedios ± desviación estándar (n=3). Las letras alfabéticas están representadas en horizontal a > b > c (tiempo), y en símbolos griegos en vertical por β > δ > γ (pH).

El contenido de metoxilo fue de 1,61 ± 0,06 a 7,13 ± 0,14 diferentes tiempos y pH de extracción, se evidencia un efecto significativo en las variables tiempo, pH y la interacción entre ellos (tiempo y pH) por presentar un valor de p < 0,05. A pH 4 en la prueba de rangos múltiples influye en el contenido de metoxilo a diferencia del pH 3 y 7.

Se observa valores de 7,13 ± 0,14 a 6,82 ± 0,13 superiores al 7 % que indica hidrocoloide de alto metoxilo al minuto 10 a pH 3 y al minuto 20 a pH 7 respectivamente.

Se reportaron valores inferiores a pH 4 y con 1 minuto de extracción en comparación a pH 3 y 7.

Asimismo, el contenido de metoxilo de hidrocoloide obtenido asistido por ultrasonido fue de 1,42 ± 0,34 a 5,58 ± 0,50; de acuerdo al análisis de varianza (Anexo 3) se observa que existe diferencias significativas en las variables pH y tiempo individualmente, así como la interacción entre ellas p < 0,05. Mediante la prueba de rangos múltiples con relación al tiempo se denota que, a los 10 minutos de exposición a sonicación, de igual manera con respecto al pH (3 -7) producen un efecto que influye en el contenido de metoxilo del hidrocoloide obtenido.

Se observa que el mayor valor de metoxilo es 5,58 ± 0,50 a pH 7 por 10 minutos de exposición a sonicación. Tomando en cuenta, que sustancias pécticas mayores al 7 % son considerados como pectinas de alto metoxilo, en

este caso el proceso de extracción por ultrasonido se obtuvieron hidrocoloideos de bajo metoxilo.

En el análisis de varianza se obtuvieron diferencias significativas a diferentes tiempos y pH en hidrocoloide de mesocarpio de granadilla. En la tabla 5 se observan de  $1,61 \pm 0,06$  a  $7,13 \pm 0,14$  por el método convencional y  $1,42 \pm 0,34$  a  $5,58 \pm 0,50$  por ultrasonido. concordando con lo reportado por (Paredes et al., 2015) con 2,13 a 2,43 % en guayabas.

Por otra parte, el hidrocoloide obtenido como pectina es de bajo metoxilo por  $<7$  %. A excepción del pH 3 por 10 minutos que es de alto metoxilo  $7.13 \pm 0.14 >$  al 7 %. Robles & Aurelio (2021) menciona que el rango de pH para la gelificación de una sustancia péctica de alto metoxilo debe estar entre 2,7 a 3,4 y los de bajo metoxilo de 2,5 a 6,5; ya que requieren crear uniones moleculares a través de cationes divalentes de calcio. P. R. et al. (2017) reportaron 3.91 % en contenido de metoxilo de cascara de mango, a 80 °C por hidrolisis ácida.

Vasquez et al. (2008) observo el descenso del contenido de metoxilo a pH 2 y 3 de  $1,47 \pm 0,16$  y  $2,22 \pm 0,43$  respectivamente. Relacionado con la composición química del fruto y el efecto del solvente extractante, provocando la destrucción de los ésteres metílicos y por ende la disminución del contenido de metoxilo

Teniendo en cuenta los valores obtenidos de bajo metoxilo, Ramírez Quispe (2019) difiere que las pectinas de bajo metoxilo tienen mejores características que las de alto metoxilo, mediante este anunciado no se recomienda tomar la decisión sobre la función de la pectina.

#### **4.1.1.3 Grado de esterificación del hidrocoloide obtenido**

La tabla 6 muestra los resultados del grado de esterificación del hidrocoloide obtenido por el método convencional y ultrasonido a diferentes tiempos y pH de extracción por el método convencional fueron de  $61,58 \pm 8,66$  a  $98,30 \pm 0,08$  y en ultrasonido fueron de  $91,58 \pm 2,96$  a  $58,67 \pm 7,83$

**Tabla 6.** Determinación del grado de esterificación del hidrocoloide obtenido

TIEMPO (minutos)	pH	Grado de esterificación (Convencional)	Grado de esterificación (Ultrasonido-US)
1	3	61,58 ± 8,66 <sup>a, β</sup>	89,9 ± 2,14 <sup>b, β</sup>
	4	69,18 ± 9,16 <sup>a, βδ</sup>	75,18 ± 7,58 <sup>b, δ</sup>
	7	66,67 ± 4,17 <sup>a, β</sup>	66,17 ± 1,89 <sup>b, β</sup>
10	3	98,15 ± 0,11 <sup>b, β</sup>	71,77 ± 3,99 <sup>b, β</sup>
	4	91,95 ± 0,64 <sup>b, βδ</sup>	91,58 ± 2,96 <sup>b, δ</sup>
	7	75,20 ± 6,26 <sup>b, β</sup>	85,72 ± 1,41 <sup>b, β</sup>
20	3	95,74 ± 0,46 <sup>c, β</sup>	59,75 ± 6,89 <sup>a, β</sup>
	4	93,37 ± 1,41 <sup>c, βδ</sup>	85,06 ± 17,19 <sup>a, δ</sup>
	7	98,30 ± 0,08 <sup>c, β</sup>	58,67 ± 7,83 <sup>a, β</sup>

\*Los valores promedios ± desviación estándar (n=3). Las letras alfabéticas están representadas en horizontal a > b > c (tiempo), y en símbolos griegos en vertical por β > δ > γ (pH).

Se evaluó el grado de esterificación a diferentes tiempos y pH de extracción que fueron de 61,58 ± 8,66 a 98,30 ± 0,08, el cual no presentan un efecto significativo en la variable pH entre tratamientos ( $p > 0,05$ ). Sin embargo, existe un efecto significativo en relación del tiempo e interacción entre ambas variables (tiempo y pH) sobre el grado de esterificación ( $p < 0,05$ ). En el análisis de rangos múltiples con relación al tiempo, presentan diferencias significativas entre tratamientos al 1, 10 y 20 minutos, con respecto al pH (anexo 3) se observa una diferencia entre los pH 7 y 3 el cual influye en el grado de esterificación del hidrocoloide extraído. Por ello, en la tabla 3 se denota valores superiores de 98,30 ± 0,08 y 98,15 ± 0,11 a pH 7 y 3 respectivamente.

De igual manera, los valores obtenidos en ultrasonido fueron de 91,58 ± 2,96 a 58,67 ± 7,83 a diferentes tiempos y pH, presentaron diferencias significativas en las variables tiempos, pH e interacción entre ambos ( $p < 0,05$ ) para el grado de esterificación. Mediante el análisis de rangos múltiples se observa a pH 4 influye en el porcentaje del grado de esterificación. Rascón-Chu et al. (2016) y Paredes et al. (2015) las pectinas se clasifican de alto grado de esterificación cuando son superiores al 50 % y de bajo grado menor del 50 %, tomando esta referencia los valores obtenidos son de alto grado de esterificación. Las sustancias pécticas tienen la capacidad de formar geles (Cabrera et al., 2019), los resultados obtenidos tienden a ser pectinas de alto grado de esterificación ya que representan más del 60 a 70 % (Zegada Franco, 2015). Se observa que la relación entre grado de esterificación y contenido de

metoxilo entre los tratamientos en estudio, en la tabla 2 los valores están menos del 5 % considerándose sustancias pécticas de bajo metoxilo, y en la tabla 6 de alto grado de esterificación y por ende son pectinas de alto metoxilo. Pelier et al. (2020) y Zegada Franco (2015) observaron este comportamiento en sustancias pécticas extraídas de nuevas fuentes naturales con potencialidades para la industria alimentaria, afirmando que este problema sea por la presencia de impurezas o el estado de madurez del fruto ya que el hidrocoloide se extrajo de frutas de descarte de distintos tipos de madurez. Por el cual, se considera la relación entre grado de esterificación y porcentaje del ácido anhidro galacturónico, resultando nuestros valores pectinas de alto metoxilo. Es decir, a mayor grado de esterificación mayor es la capacidad de formar geles a temperaturas mayores de 85° C (Cabrera et al., 2019). Ciriminna et al. (2017) observa el mismo comportamiento en las características de pectinas en limones, por el cual recomienda elegir como fuente de pectina de acuerdo al grado de esterificación.

Flores Cornejo & Tenorio Torres (2014) obtuvieron un 89 % en grado de esterificación en hidrocoloide de cascara de maracuyá, considerándose de alto metoxilo, gelificación rápida y de calidad.

De igual manera Barreto et al. (2017) obtuvieron pectina a partir de cáscara de mango variedad dulce de  $81,688 \pm 0,248$  % de grado de esterificación, calificándola de alto metoxilo.

Según Corona et al. (1996) realizaron comparaciones entre diversas materias primas que son fuentes de hidrocoloides como toronja, mango, corteza de maracuyá obteniendo 32 %, 52,29 % y 80 % de grado de esterificación respectivamente, a diferentes tiempo y pH, observando que no hubo diferencias significativas entre estos parámetros. Mediante este anunciado la pectina extraída de la familia *Passiflora* es menor a los valores reportados en nuestro estudio, posiblemente sea por el medio ácido a pH 2 y 3 utilizado en la extracción.

#### **4.1.1.4 Ácido anhidro galacturónico por el método convencional y ultrasonido**

La tabla 7 muestra los resultados del ácido anhidro galacturónico del hidrocoloide obtenido por el método convencional y ultrasonido a diferentes tiempos y pH de extracción.



**Tabla 7.** Determinación del ácido anhidro galacturónico del hidrocoloide obtenido

<b>TIEMPO (minutos)</b>	<b>pH</b>	<b>Ácido anhidro galacturónico (Convencional)</b>	<b>Ácido anhidro galacturónico (Ultrasonido-US)</b>
<b>1</b>	3	88.96 ± 13.26 <sup>b, γ</sup>	89.41 ± 19.05 <sup>b, β</sup>
	4	89.17 ± 4.07 <sup>b, β</sup>	91.64 ± 2.29 <sup>b, β</sup>
	7	65.71 ± 8.13 <sup>b, δ</sup>	92.69 ± 8.36 <sup>b, β</sup>
<b>10</b>	3	83.31 ± 5.38 <sup>b, γ</sup>	83.54 ± 1.61 <sup>ab, β</sup>
	4	79.86 ± 4.07 <sup>b, β</sup>	97.39 ± 4.07 <sup>ab, β</sup>
	7	75.09 ± 8.86 <sup>b, δ</sup>	84.48 ± 8.86 <sup>ab, β</sup>
<b>20</b>	3	86.81 ± 1.77 <sup>a, γ</sup>	84.24 ± 1.77 <sup>a, β</sup>
	4	17.37 ± 3.52 <sup>a, β</sup>	67.58 ± 3.91 <sup>a, β</sup>
	7	73.92 ± 17.19 <sup>a, δ</sup>	81.66 ± 17.19 <sup>a, β</sup>

\*Los valores promedios ± desviación estándar (n=3). Las letras alfabéticas están representadas en horizontal a > b > c (tiempo), y en símbolos griegos en vertical por β > δ > γ (pH).

Los valores obtenidos para el ácido anhidro galacturónico fueron de 17,37 ± 3,52 a 89,17 ± 4,0 a diferentes tiempos y pH de extracción, se evidenció un efecto significativo en las variables tiempo, pH y la interacción entre ellos (tiempo y pH) por presentar un valor de p < 0,05. Mediante el análisis de rangos múltiples existen diferencias significativas entre tratamientos (3, 4 y 7), con respecto al tiempo se evidencia un efecto significativo al minuto 20 en comparación a los minutos 1 y 10.

Mediante el análisis de varianza se observa que no existen diferencias significativas el porcentaje de ácido anhidro galacturónico de los hidrocoloides obtenidos asistido por ultrasonido que fueron de 67,58 ± 3,91 a 97,39 ± 4,07, entre las variables tiempo y pH (p > 0,05). Asimismo, por la prueba de rangos múltiples (Anexo 3) entre grupos homogéneos con respecto al pH y tiempo de extracción no influyen en el porcentaje de ácido anhidro galacturónico.

En la tabla 7 se observan valores superiores al 65 % de ácido anhidro galacturónico, el cual indica la pureza de la pectina en la industria alimentaria (Bone-Quintero et al., 2022 y Pelier et al., 2020), en ambos métodos de extracción (convencional y ultrasonido), a excepción al pH 4 a 20 minutos, probablemente por la presencia de impurezas por el estado de madurez del fruto, como los azúcares que componen las cadenas del ácido galacturónico (galactanos, xilanos, hemicelulosas entre otras), que fueron susceptibles a la

precipitación alcohólica e hidrólisis ácida, ya que se utilizaron granadillas de descarte.

Hirst & Jones (1946) menciona que las sustancias pécticas están formadas por una cadena larga de ácido D – galacturónico, y es el componente principal que determina la pureza. Asimismo, Picot-Allain et al. (2022) menciona si el contenido es mayor al 65 % tiene la función de gelificante, espesante, estabilizador y emulsionante, mediante nuestros resultados obtenidos podemos afirmar que los hidrocoloides tienen un buen nivel de pureza.

Asimismo, Verona-Ruiz et al. (2020) y Pelier et al. (2020) observaron que los porcentajes de ácido galacturónico eran superiores al 70 % en piel o cascara de pitahaya como nueva fuente de pectina, considerándolo como pectina de alta pureza.

Barreto et al. (2017) obtuvieron pectina a partir de cáscara de mango variedad dulce de  $82,380 \pm 0,174$  % de ácido anhidro galacturónico, calificándola de alto nivel de pureza.

De acuerdo a lo mencionado anteriormente, los resultados guardan relación con respecto al grado de esterificación, el cual mide fraccionando las unidades de grupos metoxilos en ácidos galacturónicos, es decir a mayor grado de esterificación mayor será el porcentaje de ácido galacturónico (Zegada Franco, 2015).

En el método convencional al minuto 20 con pH 4 se observa un valor inferior de  $17,37 \pm 3,52$  de ácido galacturónico en comparación a los demás tratamientos, esto es debido al proceso fisiológico del fruto en su madurez, mediante hidrólisis ácida, las cadenas de ácido galacturónico que conforma la pectina se desdoblán en moléculas frágiles, sencillas convirtiéndolas en cadenas lineales, provocando la disminución de dicho ácido, otro punto a considerar es debido a la presencia de azúcares el cual están adheridos a la cadena principal del ácido galacturónico unidas por glicosídicas 1,2; estos azúcares impiden que las moléculas interactúen formando uniones alineadas durante la precipitación con alcohol. Otro factor, es la presencia de altas cantidades de proteína soluble (Paredes et al., 2015).

Zegada Franco (2015) reportó un 62,4 % de ácido anhidro galacturónico a partir de pectina a partir de cascara de naranja mediante hidrólisis ácida convencional.

Robles & Aurelio (2021) mediante el uso de hidrolisis acida en pomarroza, obtuvo  $55,15 \pm 2,21$  a  $95,04 \pm 3,05$  del porcentaje de ácido anhidro galacturónico, en comparación a los valores de la tabla 7 estos se asemejan.

#### 4.1.1.5 Elaboración de bioplástico a partir de hidrocoloide de mesocarpio de granadilla

Mediante la función deseabilidad se tomó la decisión de elaborar el bioplástico, permitiendo predecir los niveles óptimos de las variables independientes conjugando todas las respuestas de las mediciones realizadas (rendimiento, peso equivalente, contenido de metoxilo, grado de esterificación y ácido anhidro galacturónico) (anexo 4) indicando los puntos óptimos a pH 4 por un tiempo de 10 minutos.

La tabla 8 muestra los resultados de comparación de las propiedades físicas, ópticas y de barrera entre el bioplástico elaborado a partir de hidrocoloide de mesocarpio de granadilla y una bolsa comercial biodegradable adquirida del supermercado “Tottus” como testigo.

**Tabla 8.** Caracterización del bioplástico de hidrocoloide de mesocarpio de granadilla

ANÁLISIS	Bioplástico con hidrocoloide	Testigo (Bolsa comercial)
Espesor (mm)	$0.247 \pm 0.031^a$	$0.021 \pm 0.001^b$
Opacidad (%)	$1.704 \pm 0.197^a$	$43.311 \pm 1.135^b$
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	$0.124 \pm 0.011^a$	$1.318 \pm 0.062^b$
Solubilidad (%)	$30.441 \pm 3.268^a$	$87.230 \pm 4.436^b$
CAA (%)	$0.296 \pm 0.054^a$	$0.3278 \pm 0.208^a$
PVA (g mm Kpa <sup>-1</sup> m <sup>-2</sup> día <sup>-1</sup> )	$0.357 \pm 0.032^a$	$5.477 \pm 0.697^b$
Biodegradabilidad (%)	$29.489 \pm 4.802^a$	$2.830 \pm 0.681^a$

\*Los valores promedios  $\pm$  desviación estándar (n=3). Las letras alfabéticas están representadas en horizontal a > b. CAA: Capacidad de absorción de agua, PVA: Permeabilidad al vapor de agua.

De acuerdo con los resultados reportados en la tabla 8, las propiedades físicas, ópticas y de barrera entre el bioplástico y el testigo, existen diferencias significativas entre ambos, excepto la capacidad de absorción de agua que son significativamente iguales.

Los resultados obtenidos son los siguientes: espesor,  $0,247 \pm 0,031$  mm, opacidad  $1,704 \pm 0,197$  %, densidad  $0,124 \pm 0,011$  g/cm<sup>3</sup>, solubilidad  $30,441 \pm$

3,268 %, capacidad de absorción de agua  $0,296 \pm 0,054$  %, permeabilidad al vapor de agua  $0,357 \pm 0,032$  g mm Kpa<sup>-1</sup> m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup> y biodegradabilidad  $29,489 \pm 4,802$  %.

El testigo tuvo un espesor de  $0,021 \pm 0,001$  mm, opacidad  $43,311 \pm 1,135$  %, densidad  $1,318 \pm 0,062$  g/cm<sup>3</sup>, solubilidad  $87,230 \pm 4,436$  %, capacidad de absorción de agua  $0,3278 \pm 0,208$  %, permeabilidad al vapor de agua  $5,477 \pm 0,697$  g mm Kpa<sup>-1</sup> m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup> y biodegradabilidad  $2,830 \pm 0,681$  %.

Se observa la diferencia de espesor entre el bioplástico y el testigo de  $0,247 \pm 0,031$  mm y  $0,021 \pm 0,001$  mm respectivamente. Esto es debido al proceso de elaboración de ambas muestras, deducimos que al aumentar los porcentajes de hidrocoloide de mesocarpio de granadilla y almidón, mayor será el espesor del bioplástico debido al incremento de los sólidos a la matriz polimérica, la transferencia de masa y mayor será su permeabilidad al vapor de agua, este comportamiento puede ser influenciado por la mezcla de algunos componentes como la glicerina en la formulación, provocando la dilatación de las muestras y por ende una mayor homogenización de estos (Morales Reyes & Chacon, 2014) y (Jamanca Chipana, 2021) y en bolsas comerciales por el proceso de extrusión. El uso de almidones en la elaboración de bioplásticos por el proceso de gelificación forma una matriz amilácea de alto volumen y viscosidad (Muñoz G., 2014). Escribano (2020) elaboró bioplásticos a partir de cáscara de maracuyá reportando valores de 0,23 a 1,09 mm de espesor. García (2015) realizó prototipos de bioplástico a partir de almidón de maíz cuyo espesor fue de 0,51 a 0,88 mm. Estos valores se asemejan a los resultados obtenidos, este parámetro varía de acuerdo con la cantidad de dispersión de la mezcla filmogénica en los moldes.

Cesar, (2018) menciona que, al aumentar la proporción de los componentes en estudio, resultaran más opacos los bioplásticos. Asimismo Tomás & María (2012) quienes encontraron que al incrementar la concentración de un agente antimicrobiano obtuvieron películas opacas y menor brillo.

Muñoz G. (2014) obtuvo valores de opacidad menor opacidad entre  $2,57 \pm 0,27$  a  $5,60 \pm 0,10$  % utilizando almidón de maíz, yuca y glicerol. Indicando que a mayor porcentaje de glicerina será directamente proporcional a la opacidad.

Las características del bioplástico obtenido a partir de hidrocoloide tales como: el espesor, opacidad y densidad dependerán de la composición y

naturaleza de los componentes que se utilizan en la formulación de estos. Los valores en densidad son superiores  $0,124 \pm 0,011 \text{ g/cm}^3$  al testigo  $0,124 \pm 0,011 \text{ g/cm}^3$ . Se observa la diferencia en el análisis de rangos múltiples si se compara con un plástico comercial, en la que el proceso de extrusión interviene en aportar las características en evaluación. Y, por ende, la elaboración manual influye en los resultados obtenidos. Oregel-Zamudio (2016) obtuvo desde 0,129 a 0,158  $\text{g/cm}^3$ , densidad de películas a partir de cera de candelilla, siendo valores superiores reportados en la tabla 9. Dhanapal et al. (2012) menciona que la densidad asegura la estabilidad del bioplástico y ayuda a conservar la estructura del producto a proteger.

Según lo expuesto, el espesor y densidad son parámetros que proporcionan adecuadas propiedades mecánicas y estructurales, así como permeabilidad al vapor de agua, transparencia al paso de la luz y una buena solubilidad.

Roblejo (2009) menciona que la solubilidad es inversamente proporcional a la resistencia al agua, es decir a mayor solubilidad menor será la resistencia. Debido a que a los polisacáridos son altamente higroscópico y se desintegran fácilmente en agua (Muñoz, 2014).

Los valores obtenidos fueron de  $30,441 \pm 3,268 \%$  y el testigo  $87,230 \pm 4,436 \%$ , esta variación puede ser influenciado a causa de algún componente hidrofóbico agregado en la formulación de la bolsa plástica comercial o causado por la glicerina como plastificante dejando espacios intermoleculares que permitan el paso de gases o vapores, a diferencia del bioplástico contiene hidrocoloide siendo un biopolímero soluble en agua. Y por ello influye en la permeabilidad al vapor de agua con un valor de  $0,357 \pm 0,032 \text{ g mm Kpa}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$  a diferencia del testigo  $5,477 \pm 0,697 \text{ g mm Kpa}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$  guardando relación con la solubilidad. Se observa que la permeabilidad es directamente proporcional con el porcentaje de hidrocoloide usado en la formulación. Bertuzzi & Slavutsky (2016) menciona que la permeabilidad es afectada por temperatura, espesor y el uso de plastificantes. Este efecto de adición de glicerina en la formulación que conlleva a la interacción molecular entre el hidrocoloide con la red de almidón, mediante una formación densa por sus características hidrofílicas, el cual favorece la adsorción de agua.

De igual manera, el uso de los plastificantes como el glicerol influye en la velocidad de degradación. Se observó que la bolsa plástica sufre cambios en su estructura tornándose blanda y disminuyendo el peso. Armijos Quesada (2021) menciona que la cantidad de almidón y plastificante es directamente proporcional a la biodegradación en suelo, produciendo la pérdida progresiva de la estructura del bioplástico. La tabla 8 se observa que el porcentaje de biodegradación del bioplástico con hidrocoloide es mayor a la bolsa comercial, es decir que la velocidad de degradación es rápida. Robalino Silva (2022) menciona que la biodegradación del bioplástico en suelo y agua produce el metabolismo por microorganismos como fuentes de carbono y energía ocasionando una degradación anaerobia.

## V. CONCLUSIONES

Se utilizó el mesocarpio de granadilla por su contenido de polisacáridos, el interés de los polisacáridos poliméricos es de gran importancia en el ámbito ambiental y agroalimentario en la elaboración de bioplásticos o biopelículas. En el que se logró extraer el hidrocoloide de mesocarpio por el método convencional y asistido por ultrasonido a diferentes pH y tiempos, para la elaboración de bioplástico.

Se observó que la extracción convencional a pH 4 por 10 minutos, la sustancia péctica presentó mejores características fisicoquímicas en comparación al tratamiento con ultrasonido, ya que probablemente el fenómeno de cavitación tome los tejidos de la pared celular incluyendo la estructura química del mucílago.

Se elaboró el bioplástico a partir del hidrocoloide obtenido evaluando las características físicas, ópticas y de barrera en comparación a una bolsa comercial, revelando similitud en la capacidad de absorción de agua de  $0,296 \pm 0,054$  % y  $0.3278 \pm 0.208$  respectivamente. Demostrando un efecto de degradación hidrolítica.

## VI. RECOMENDACIONES

Evaluar la estructura microscópica del hidrocoloide obtenido por diferentes métodos de extracción.

Evaluar los cambios de la estructura química que sufre el hidrocoloide extraído por los métodos acuoso, asistido por ultrasonido y microondas.

Realizar estudios de extracción de hidrocoloide en diferentes cáscaras y pulpas de frutos de descarte.

Identificar los tipos de sustancias pécticas de diferentes residuos generados en la industria alimentaria.

Utilizar diferentes tecnologías emergentes para la extracción de hidrocoloides.

Evaluar el comportamiento reológico del hidrocoloide de mesocarpio de granadilla.

Se sugiere disminuir la intensidad del tratamiento con ultrasonido en la extracción con agua acidificada para evitar la degradación del hidrocoloide.

Realizar estudios a nivel molecular referente a la modificación o rompimiento de los hidrocoloides por efectos externos como ultrasonido.

Evaluar los °Brix y el nivel de pH al mesocarpio de granadilla a fin de evaluar si estos parámetros influyen en la obtención del hidrocoloide.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abral, H., Soni Satria, R., Mahardika, M., Hafizulhaq, F., Affi, J., Asrofi, M., Handayani, D., Sapuan, S. M., Stephane, I., Sugiarti, E., & Muslimin, A. N. (2019). Comparative Study of the Physical and Tensile Properties of Jicama (*Pachyrhizus erosus*) Starch Film Prepared Using Three Different Methods. *Starch - Stärke*, 71(5-6), 1800224. <https://doi.org/10.1002/star.201800224>
- Acosta Dreika, Y. (2022). Aprovechamiento de residuos de maracuyá (*Passiflora edulis*) y mango (*Mangífera índica*) para la elaboración de un bioplástico. <http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/handle/20.500.12744/5552>
- Adjeroud-Abdellatif, N., Hammoui, Y., Boudria, A., Agab, S., Choulak, F., Leclerc, J.-P., Merzouk, B., & Madani, K. (2022). Effect of a natural coagulant extract from *Opuntia ficus-indica* cladode on electrocoagulation-electroflotation water treatment process. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 102(17), 5822-5846. <https://doi.org/10.1080/03067319.2020.1804889>
- Aftab, K., Hameed, S., Umbreen, H., Ali, S., Rizwan, M., Alkahtani, S., & Abdel-Daim, M. M. (2020). Physicochemical and Functional Potential of Hydrocolloids Extracted from Some Solanaceae Plants. *Journal of Chemistry*, 2020, e3563945. <https://doi.org/10.1155/2020/3563945>
- Apolo Cisneros, M. C. (2019). Estudio comparativo del rendimiento de la obtención de pectina a partir de los residuos de especies del género *Passiflora* mediante hidrólisis con diferentes ácidos [BachelorThesis, Quito: UCE]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/17873>
- Armijos Quesada, A. B. (2021). Obtención de bioplástico a partir del almidón de semillas de yaca (*Artocarpus heterophyllus*) y aguacate hass (*Persea americana*) para su uso en el recubrimiento de alimentos. <http://dspace.espace.edu.ec/handle/123456789/16824>
- Bagherian, H., Zokaee Ashtiani, F., Fouladitajar, A., & Mohtashamy, M. (2011). Comparisons between conventional, microwave- and ultrasound-assisted methods for extraction of pectin from grapefruit. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 50(11), 1237-1243.

<https://doi.org/10.1016/j.cep.2011.08.002>

- Barazarte, H., Sangronis, E., & Unai, E. (2008). La cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L.): Una posible fuente comercial de pectinas. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 58(1), 64-70.
- Barreto, G., Púa, A. L., De Alba, D., & Pión, M. (2017). Extracción y caracterización de pectina de mango de azúcar (*Mangifera indica* L.). *Temas agrarios*, 22(1 (Revista Temas Agrarios)), 79-86.
- Bertuzzi, M. A., & Slavutsky, A. M. (2016). Técnicas de procesamiento estándar y nuevas utilizadas en la preparación de películas y recubrimientos a nivel de laboratorio y escalado. En *Películas y recubrimientos comestibles* (1era edición, p. 616). <https://doi.org/10.1201/9781315373713>
- Bone-Quintero, J. K., Lara-Cevallos, V. G., Canchingre-Bone, M. E., & Mosquera-Quintero, G. A. (2022). Obtención de pectina y su uso en la producción de mermelada a partir del cacao (*Theobroma cacao* L.). *Sapienza: International Journal of Interdisciplinary Studies*, 3(6), Article 6. <https://doi.org/10.51798/sijis.v3i6.556>
- Bostan, A., Razavi, S. M. A., & Farhoosh, R. (2010). Optimization of Hydrocolloid Extraction From Wild Sage Seed (*Salvia macrosiphon*) Using Response Surface. *International Journal of Food Properties*, 13(6), 1380-1392. <https://doi.org/10.1080/10942910903079242>
- Cabrera, T. A. P., Armas, S. E. C., Almeida, C., & Carrillo, I. (2019). Diseño de una planta piloto de extracción de pectina como gelificante a partir de residuos de la naranja (*Citrus Sinensis*). *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 8(2), Article 2. <https://doi.org/10.29166/revfig.v1i2.1274>
- Campo-Vera, Y., Villada-Castillo, D. C., & Meneses-Ortega, J. D. (2016). Efecto del pre-tratamiento con ultrasonido en la extracción de pectina contenida en el albedo del maracuyá (*Passiflora edulis*). *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(1), 103-109. [https://doi.org/10.18684/BSAA\(14\)103-109](https://doi.org/10.18684/BSAA(14)103-109)
- Cao, N., Fu, Y., & He, J. (2007). Preparation and physical properties of soy protein isolate and gelatin composite films. *Food Hydrocolloids*, 21(7), 1153-1162. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2006.09.001>
- Cedeño, M. A. M., Lascano, M. F. E., Moreira, I. P. B., Zambrano, C. F. L., Cedeño, E. J. M., Moreira, C. D. B., & Zambrano, P. I. L. (2022).

- Elaboración de bioplásticos a base de cáscara de plátano (*musa paradisiaca*) y almidón de maíz (*zea mays*). *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(4), Article 4. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v6i4.2763](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i4.2763)
- Cesar, A. (2018). Desarrollo, caracterización y validación de un bioplástico reforzado con orégano con acción antifúngica contra *alternaria* (*Alternaria alternata*) [Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, 2018.]. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/6228>
- Chacín, J., Marín, M., & D'Addosio, R. (2010). Evaluación del contenido de pectina en diferentes genotipos de guayaba de la zona sur del Lago de Maracaibo. *Multiciencias*, 10(1), Article 1.
- Chariguamán C., J. A. (2015). Caracterización de bioplástico de almidón elaborado por el método de casting reforzado con albedo de maracuyá (*Passiflora edulis* spp.) [Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, 2015.]. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/4560>
- Charro Espinosa, M. M. (2015). Obtención de plástico biodegradable a partir de almidón de patata [BachelorThesis, Quito: UCE]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/3788>
- Ciriminna, R., Fidalgo, A., Delisi, R., Tamburino, A., Carnaroglio, D., Cravotto, G., Ilharco, L. M., & Pagliaro, M. (2017). Controlling the Degree of Esterification of Citrus Pectin for Demanding Applications by Selection of the Source. *ACS Omega*, 2(11), 7991-7995. <https://doi.org/10.1021/acsomega.7b01109>
- Corona, M., Diaz, A., Paéz, G., Ferrer, J., Mármol, Z., & Ramones, E. (1996). Extracción y caracterización de pectina de la corteza de parchita. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia*, 13(6), Article 6. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/26114>
- Culquimboz, Y., Ocampo, S., Millones, C., M., E., & Vásquez, E. (2010). Extracción de pectina mediante el método de hidrólisis ácida en frutos de maushan (*Vasconcellea weberbaueri* (Harms) V.M. Badillo) provenientes del distrito de San Miguel de Soloco, región Amazonas. *APORTE SANTIAGUINO*, 3, 177. <https://doi.org/10.32911/as.2010.v3.n2.437>
- Daza, G. M., Macías, C. M., Forero, A. M., Rodríguez, J., Aragón, M., Jiménez,

- C., Ramos, F. A., & Castellanos, L. (2021). Identification of  $\alpha$ -Amylase and  $\alpha$ -Glucosidase Inhibitors and Ligularoside A, a New Triterpenoid Saponin from *Passiflora ligularis* Juss (Sweet Granadilla) Leaves, by a Nuclear Magnetic Resonance-Based Metabolomic Study. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c07850>
- de Oliveira, C. F., Giordani, D., Gurak, P. D., Cladera-Olivera, F., & Marczak, L. D. F. (2015). Extraction of pectin from passion fruit peel using moderate electric field and conventional heating extraction methods. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 29, 201-208. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2015.02.005>
- Del Águila Flores, D. (2016). Extracción de pectina por hidrólisis ácida y precipitación Alcohólica a partir de las cáscaras de cacao híbrido ccn51(*theobroma cacao* L.) Para la fabricación de un prototipo de Empaque alimentario, pucallpa, región ucayali 2015.
- Dhanapal, A., P, S., Rajamani, L., V, K., G, Y., & Banu, M. S. (2012). Edible films from Polysaccharides. *Food Science and Quality Management*, 3(0), 9.
- Einhorn-Stoll, U., Kastner, H., & Drusch, S. (2014). Thermally induced degradation of citrus pectins during storage – Alterations in molecular structure, colour and thermal analysis. *Food Hydrocolloids*, 35, 565-575. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.07.020>
- Escribano Cajo, V. M. (2020). Desarrollo y caracterización de un Bioplástico a partir de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis*). Repositorio Institucional - USS. <http://repositorio.uss.edu.pe//handle/20.500.12802/7450>
- Espinoza Rodríguez, Y. M., & Santos Zavala, P. J. (2018). Comparación del método tradicional de extracción de pectina de la cáscara de naranja con el método por ondas de ultrasonido y sus efectos sobre la sinéresis en la elaboración del yogurt batido. Universidad Inca Garcilaso de la Vega. <http://repositorio.uigv.edu.pe/handle/20.500.11818/3722>
- Flores Cornejo, F. E., & Tenorio Torres, M. I. (2014). Caracterización fisicoquímica de la pectina de cáscara de maracuyá (*passiflora edulis*) extraída mediante hidrólisis ácida y evaluada con el diseño de box-behnken, Lambayeque – 2012. Repositorio Institucional - USS. <http://repositorio.uss.edu.pe//handle/20.500.12802/1785>
- Galant, A. L., Luzio, G. A., Widmer, W. W., & Cameron, R. G. (2014).

- Compositional and structural characterization of pectic material from Frozen Concentrated Orange Juice. *Food Hydrocolloids*, 35, 661-669.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.08.012>
- Gannasin, S. P., Ramakrishnan, Y., Adzahan, N. M., & Muhammad, K. (2012). Functional and Preliminary Characterisation of Hydrocolloid from Tamarillo (*Solanum betaceum* Cav.) Puree. *Molecules*, 17(6), Article 6.  
<https://doi.org/10.3390/molecules17066869>
- García Barrera, A. V. (2015). Obtención de un polímero biodegradable a partir de almidón de maíz. <http://redicces.org.sv/jspui/handle/10972/2436>
- Gontard, N., Guilbert, S., & Cuq, J.-L. (1993). Water and Glycerol as Plasticizers Affect Mechanical and Water Vapor Barrier Properties of an Edible Wheat Gluten Film. *Journal of Food Science*, 58(1), 206-211.  
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1993.tb03246.x>
- Guandalini, B. B. V., Rodrigues, N. P., & Marczak, L. D. F. (2019). Sequential extraction of phenolics and pectin from mango peel assisted by ultrasound. *Food Research International*, 119, 455-461.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.12.011>
- Gutiérrez Pulido, H., & Salazar, R. (2012). Análisis y Diseño de Experimentos. En SERBIULA (sistema Librum 2.0).
- Hirst, E. L., & Jones, J. K. N. (1946). The Chemistry of Pectic Materials. En W. W. Pigman, M. L. Wolfrom, & S. Peat (Eds.), *Advances in Carbohydrate Chemistry* (Vol. 2, pp. 235-251). Academic Press.  
[https://doi.org/10.1016/S0096-5332\(08\)60012-0](https://doi.org/10.1016/S0096-5332(08)60012-0)
- Hosseini, S. S., Khodaiyan, F., & Yarmand, M. S. (2016). Optimization of microwave assisted extraction of pectin from sour orange peel and its physicochemical properties. *Carbohydrate Polymers*, 140, 59-65.  
<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.12.051>
- Hu, W., Zhao, Y., Yang, Y., Zhang, H., Ding, C., Hu, C., Zhou, L., Zhang, Z., Yuan, S., Chen, Y., & Yuan, M. (2019). Microwave-assisted extraction, physicochemical characterization and bioactivity of polysaccharides from *Camptotheca acuminata* fruits. *International Journal of Biological Macromolecules*, 133, 127-136.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.04.086>

- Jamanca Chipana, B. F. (2021). Caracterización de un bioplástico elaborado a partir del almidón de papa (*solanum tuberosum* var. Peruanita): Una alternativa ecológica-Abancay-2018. <https://repositorio.utea.edu.pe/handle/utea/317>
- Lakshmanaraj, L., Radhakrishnan, C., & Subramanian, K. (2014). Single-step Method for the Extraction of Mucilage from *Ocimum americanum* L. Seeds. *Indian Chemical Engineer*, 56(4), 355-362. <https://doi.org/10.1080/00194506.2014.946102>
- Lim, T. K. (2012). *Passiflora ligularis*. En T. K. Lim (Ed.), *Edible Medicinal And Non-Medicinal Plants: Volume 4, Fruits* (pp. 174-177). Springer Netherlands. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-4053-2\\_23](https://doi.org/10.1007/978-94-007-4053-2_23)
- López Párraga, V. N., Muñoz Murillo, J. P., & Vélez Moreira, A. K. (2015). Uso de los ácidos cítricos y clorhídrico y sus efectos en las características fisicoquímicas de la pectina del albedo de maracuyá (*Passiflora edulis*). *La Técnica*, 15, 90-99.
- Mejía, J., Corona Jimenez, E., Gaspar, T., Islas, A., & Montiel Chávez, A. (2019). Evaluación y caracterización de la pectina obtenida de cáscara de jaca (*Artocarpus heterophyllus* L. Moraceae). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.13471.61607>
- Melgarejo, L. M., Hernández, M. S., Miranda Lasprilla, D., Fischer, G., Rodríguez-Castillo, N. A., Rodríguez-León, A. K., Rodríguez Carlosama, A., Espinosa, D. S., Rodríguez-Castillo, N., Parra Morera, M., Hoyos-Carvajal, L., Fernández-Trujillo, J. P., Martínez Wilches, O., Hernando Pérez, W., Moreno Buitrago, N., Carranza Gutiérrez, C., Castillo, S. Y., Piedrahita, C. A., Gordillo Gaitán, A., & Moreno Echeverry, D. L. (2015). *Granadilla (Passiflora ligularis* Juss): Caracterización ecofisiológica del cultivo. Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/84150>
- Morales Reyes, M. A., & Chacon, A. M. X. R. (2014). Generalidades y aplicación de películas y recubrimientos comestibles en la cadena hortofrutícola. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/474>
- Muñoz G., J. M. (2014). Evaluación, caracterización y optimización de un bioplástico a partir de la combinación de almidón de maíz, yuca y glicerol

- en sus propiedades físicas y de barrera [Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano]. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/3366>
- Muñoz Labrador, A. (2016). Caracterización de pectinas industriales de cítricos y su aplicación como recubrimientos de fresas. <https://digital.csic.es/handle/10261/176559>
- Olugbenga, O., Temitayo, F., Oluwasegun, J. & Nosa, B. (2017). Enhancement of Physical and Mechanical Properties of Discorea Dumetorum Starch Films with Dialdehyde Starch Solution. Federal University of Technology, Department of Chemistry. <https://doi.org/10.1002/star.201700148>.
- Oregel-Zamudio, E. (2016). Caracterización fisicoquímica de películas comestibles a base de cera de candelilla. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 17, 1-7.
- Owens, H. S. (1952). Methods used at Western Regional Research Laboratory for extraction and analysis of pectic materials. Bureau of Agricultural and Industrial Chemistry, Agricultural Research Administration, U.S. Dept. of Agriculture. [https://scholar.google.com/scholar\\_lookup?title=Methods+used+at+Western+Regional+Research+Laboratory+for+extraction+and+analysis+of+pectic+materials&author=Owens%2C+H.+S.&publication\\_year=1952](https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Methods+used+at+Western+Regional+Research+Laboratory+for+extraction+and+analysis+of+pectic+materials&author=Owens%2C+H.+S.&publication_year=1952)
- P. R., D., M. N., D., Dept. of Processing and Food Engg., College of Agril. Engg. and Technology, Junagadh Agril. University, Junagadh, Gujarat, India, P. J., R., Dept. of Biotechnology, College of Agriculture, Junagadh Agril. University, Junagadh, Gujarat, India, Heena, B., & Dept. of Processing and Food Engg., College of Agril. Engg. and Technology, Junagadh Agril. University, Junagadh, Gujarat, India. (2017). Isolation of Pectin from Kesar Mango Peel Using Cation Exchange Resin. *Advances in Food Science and Engineering*, 1(1). <https://doi.org/10.22606/afse.2017.11004>
- Palacios Duchicela, R. H. (2022). Hidrocoloides de opuntia ficusindica: Extracción con ultrasonidos y aplicación como recubrimiento comestible a piña mínimamente procesada [Master thesis, Universitat Politècnica de Catalunya]. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/376629>
- Paredes, J., Hernández, R., & Cañizares, A. (2015). Efecto del grado de madurez sobre las propiedades fisicoquímicas de pectinas extraídas de cascos de guayaba (*Psidium guajava* L.). *Idesia (Arica)*, 33(3), 35-41.

<https://doi.org/10.4067/S0718-34292015000300006>

Párraga, V., Muñoz Murillo, J., & Moreira, A. (2015). Uso de los ácidos cítricos y clorhídrico y sus efectos en las características fisicoquímicas de la pectina del albedo de maracuyá (*Passiflora edulis*). *La Técnica: Revista de las Agrocencias*. ISSN 2477-8982, 90.

[https://doi.org/10.33936/la\\_tecnica.v0i15.552](https://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i15.552)

Pelier, L. M. C., López, M. G., & Navarro, G. B. (2020). Prospección de nuevas fuentes naturales de pectinas con potencialidades para la industria alimentaria. *Cub@: Medio Ambiente y Desarrollo*, 20(38), Article 38.

<https://cmad.ama.cu/index.php/cmad/article/view/3>

Picot-Allain, M. C. N., Ramasawmy, B., & Emmambux, M. N. (2022). Extraction, Characterisation, and Application of Pectin from Tropical and Sub-Tropical Fruits: A Review. *Food Reviews International*, 38(3), 282-312.

<https://doi.org/10.1080/87559129.2020.1733008>

Porta, R., Mariniello, L., Di Pierro, P., Sorrentino, A., & Giosafatto, C. V. L. (2011). Transglutaminase Crosslinked Pectin- and Chitosan-based Edible Films: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 51(3), 223-238.

<https://doi.org/10.1080/10408390903548891>

Ramírez Quispe, C. X. (2019). Obtención de pectina a partir de cáscaras de Zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) y Zanahoria Amarilla (*Daucus carota*). [BachelorThesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/13098>

Rascón-Chu, A., Martínez-López, A.-L., Carvajal-Millán, E., Martínez-Robinson, K. G., & Campa-Mada, A. C. (2016). Gelificación iónica de pectina de bajo grado de esterificación extraída de manzanas inmaduras de raleo. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 39(1), Article 1.

<https://doi.org/10.35196/rfm.2016.1.17-24>

Robalino Silva, P. M. (2022). Elaboración de un bioplástico a partir de almidón de arveja amarilla (*Vicia lutea*) para uso en embalaje de alimentos.

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/17764>

Roblejo Perea, L. A. (2009). Evaluación de la aplicación de coberturas de quitosana en la conservación de tomates. Editorial Universitaria,.

Robles, P., & Aurelio, T. (2021). Optimización del proceso de obtención de pectina a partir de *Syzygium malaccense* L. (Pomarrosa) mediante el uso



de hidrólisis ácida.

<http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/4584672>

- Rodríguez, E., & Sandoval, A. (2003). Hidrocoloides naturales de origen vegetal. Investigaciones recientes y aplicaciones en la industria de alimentos. *Tecnura*, 7(13), Article 13. <https://doi.org/10.14483/22487638.6179>
- Sánchez Valerio, K. B. (2015). Obtención de pectina mediante hidrólisis ácida asistida con ultrasonidos de alta intensidad a partir de guayaba (*psidium guajava* L. var. *Media china*).  
<https://repositorioinstitucional.buap.mx/handle/20.500.12371/8958>
- Sekachaei, A., Sadeghi, A., Ghorbani, M., & Maghsoudlou, Y. (2017). Optimization of Ultrasound-assisted Extraction of Quince Seed Gum through Response Surface Methodology. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 19, 323-333.
- Seshadri, R., Weiss, J., Hulbert, G. J., & Mount, J. (2003). Ultrasonic processing influences rheological and optical properties of high-methoxyl pectin dispersions. *Food Hydrocolloids*, 17(2), 191-197.  
[https://doi.org/10.1016/S0268-005X\(02\)00051-6](https://doi.org/10.1016/S0268-005X(02)00051-6)
- Shafqat, A., Tahir, A., Mahmood, A., Tabinda, A. B., Yasar, A., & Pugazhendhi, A. (2020). A review on environmental significance carbon foot prints of starch based bio-plastic: A substitute of conventional plastics. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 27, 101540.  
<https://doi.org/10.1016/j.bcab.2020.101540>
- Shogren, R. L., Lawton, J. W., Doane, W. M., & Tiefenbacher, K. F. (1998). Structure and morphology of baked starch foams. *Polymer*, 39(25), 6649-6655.  
[https://doi.org/10.1016/S0032-3861\(97\)10303-2](https://doi.org/10.1016/S0032-3861(97)10303-2)
- Tomás, B., & María, M. (2012). Recubrimientos antimicrobianos a base de hidroxipropilmetilcelulosa y aceite esencial de árbol del té.  
<https://riunet.upv.es/handle/10251/14426>
- Vasquez, R., Ruesga, L., D'addosio, R., Páez, G., & Marín, M. (2008). Extracción de pectina a partir de la cáscara de plátano (*Musa AAB*, subgrupo plátano) clon Hartón. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 25(2), 318-333.
- Vera, Y. C., Castillo, D. C. V., & Ortega, J. D. M. (2016). Efecto del pre-tratamiento con ultrasonido en la extracción de pectina contenida en el

- albedo del maracuyá (*passiflora edulis*). *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(1), Article 1.  
[https://doi.org/10.18684/BSAA\(14\)103-109](https://doi.org/10.18684/BSAA(14)103-109)
- Verona-Ruiz, A., Urcia-Cerna, J., Paucar-Menacho, L. M., Verona-Ruiz, A., Urcia-Cerna, J., & Paucar-Menacho, L. M. (2020). Pitahaya (*Hylocereus* spp.): Cultivo, características fisicoquímicas, composición nutricional y compuestos bioactivos. *Scientia Agropecuaria*, 11(3), 439-453.  
<https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.03.16>
- Waghmare, R., R, P., Moses, J. A., & Anandharamakrishnan, C. (2022). Mucilages: Sources, extraction methods, and characteristics for their use as encapsulation agents. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(15), 4186-4207. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1873730>
- Yang, J.-S., Mu, T.-H., & Ma, M.-M. (2019). Optimization of ultrasound-microwave assisted acid extraction of pectin from potato pulp by response surface methodology and its characterization. *Food Chemistry*, 289, 351-359.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.03.027>
- Zegada Franco, V. Y. (2015). Extracción de pectina de residuos de cáscara de naranja por hidrólisis ácida asistida por microondas (HMO). *Investigación & Desarrollo*, 1(15), 65-76.
- Zibadi, S., & Watson, R. R. (2004). Passion Fruit (*Passiflora edulis*). *Evidence-Based Integrative Medicine*, 1(3), 183-187.  
<https://doi.org/10.2165/01197065-200401030-00005>

## ANEXOS

### ANEXO 1 – Panel fotográfico del experimento

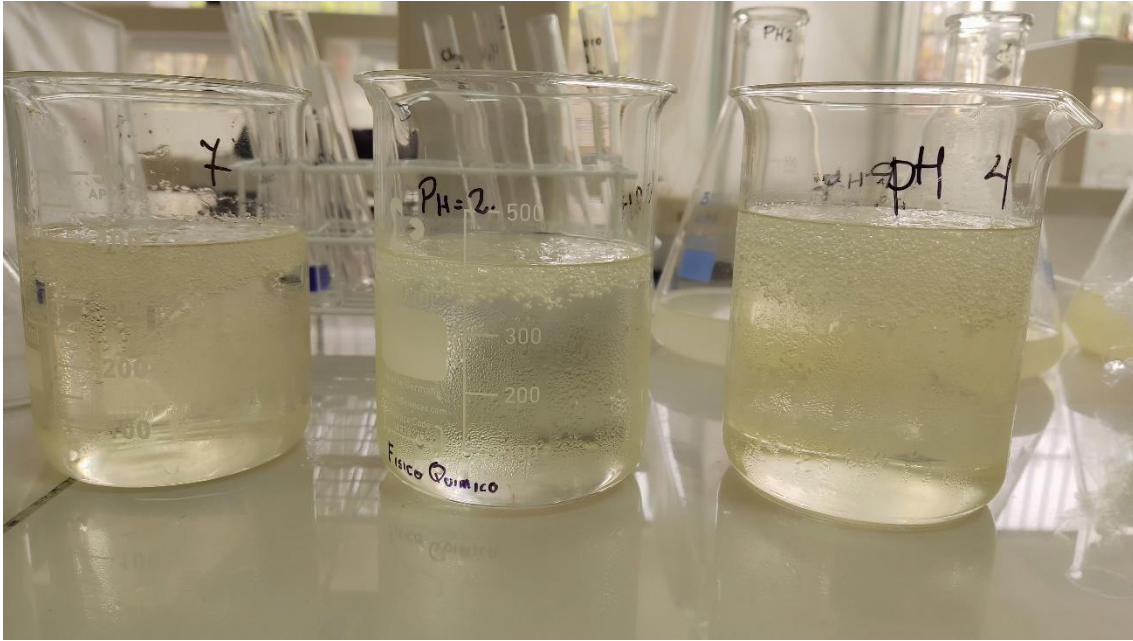
#### a. Extracción del hidrocoloide de mesocarpio de granadilla



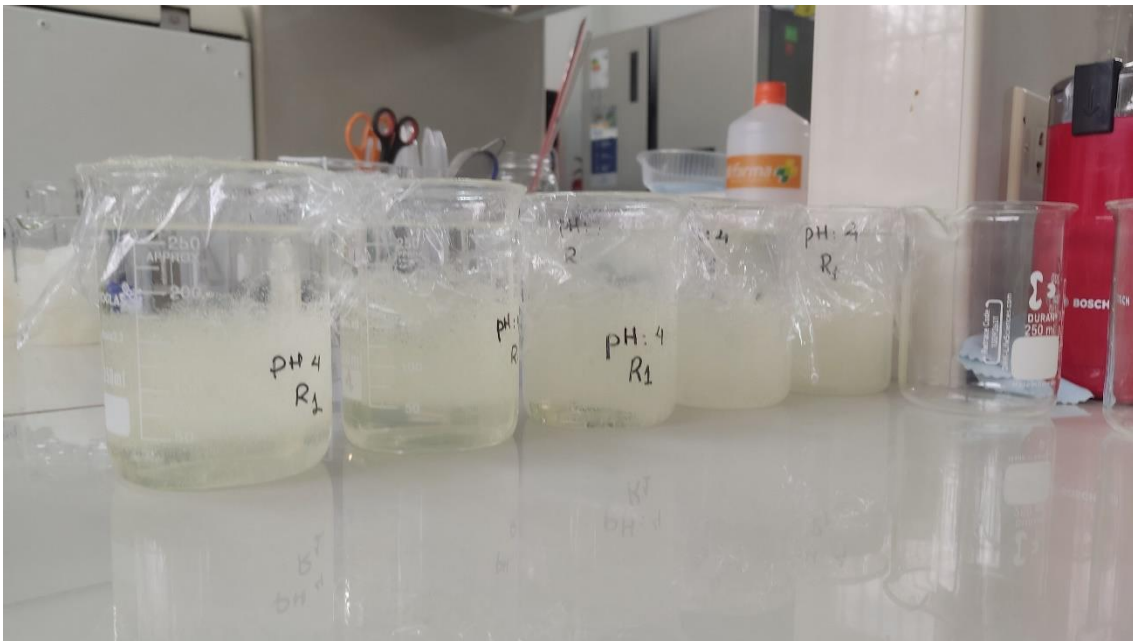
Figura 10. Recepción de la materia prima



Figura 11. Extracción del mesocarpio de granadilla

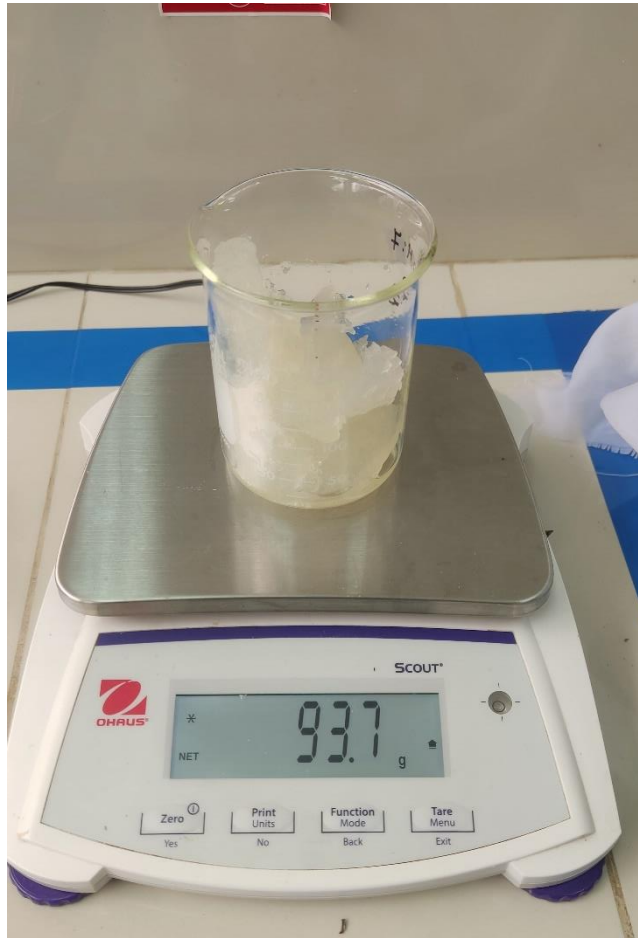


**Figura 12.** Extracción del hidocoloide de mesocarpio de granadilla



**Figura 13.** Extracción del hidocoloide de mesocarpio de granadilla a diferentes tiempos y pH





**Figura 14.** Peso del hidrocoloide de mesocarpio de granadilla a diferentes tiempos y pH



**Figura 15.** Acondicionado del hidrocoloide de mesocarpio de granadilla a diferentes tiempos y pH



**Figura 16.** Secado del hidrocoloide de mesocarpio de granadilla a diferentes tiempos y pH



**Figura 17.** Hidrocoloide de mesocarpio de granadilla seco a diferentes tiempos y pH



**Figura 18.** Molienda del hidrocoloide de mesocarpio de granadilla seco a diferentes tiempos y pH



**Figura 19.** Molienda del hidrocoloide de mesocarpio de granadilla seco a diferentes tiempos y pH





**Figura 20.** Equipo de titulación para la caracterización del hidrocoloide.



**Figura 21.** Determinación del contenido de metoxilo y peso equivalente del hidrocoloide.

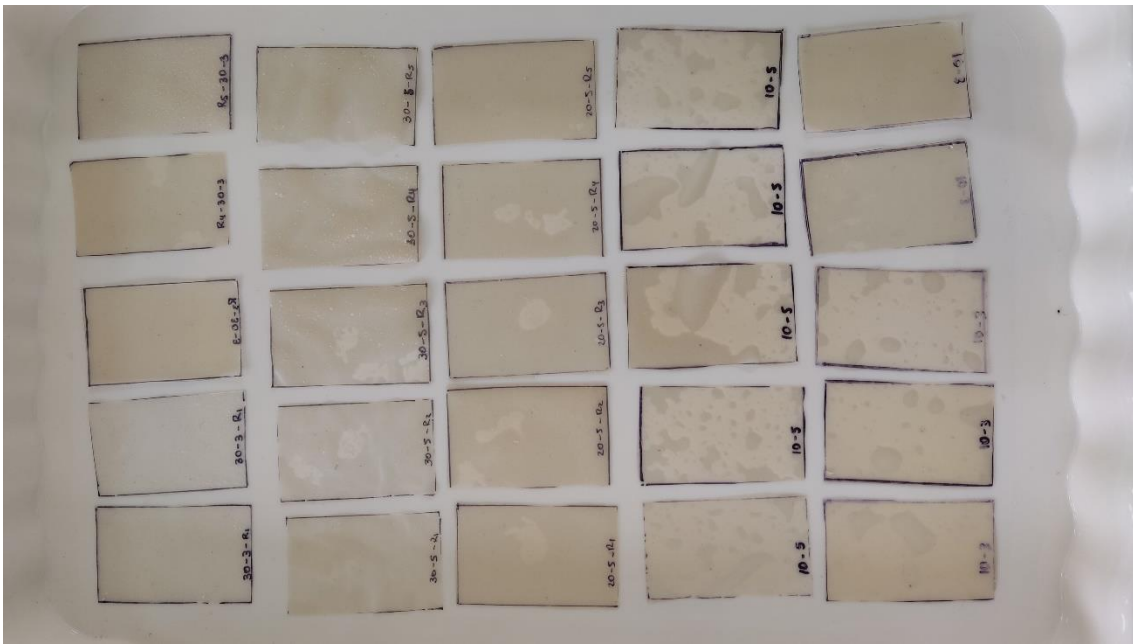




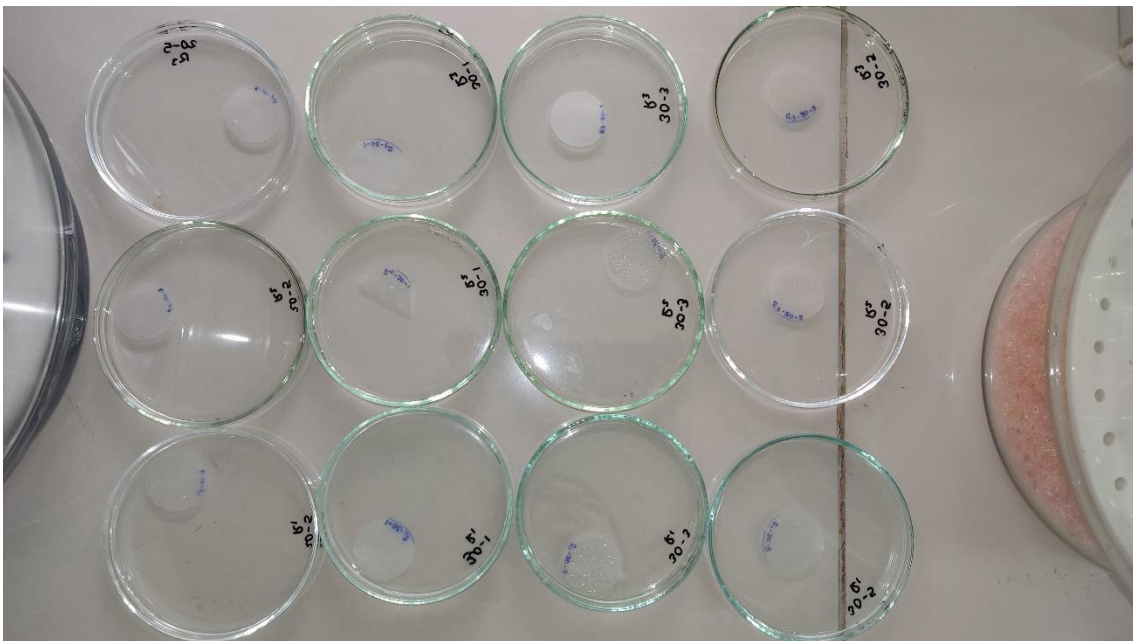
**Figura 22.** Determinación del contenido de metoxilo y peso equivalente del hidrocoloide



**Figura 23.** Determinación del contenido de metoxilo y peso equivalente del hidrocoloide



**Figura 24.** Elaboración de bioplástico a partir de hidrocoloide de mesocarpio de granadilla.



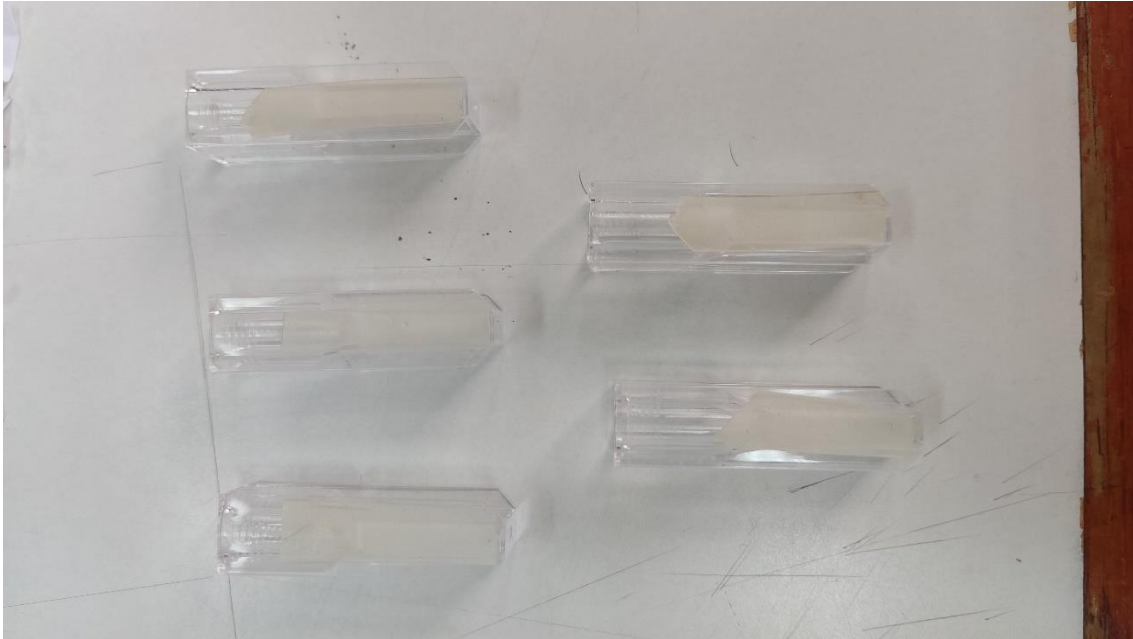
**Figura 25.** Evaluación de solubilidad a partir de hidrocoloide de mesocarpio de granadilla.



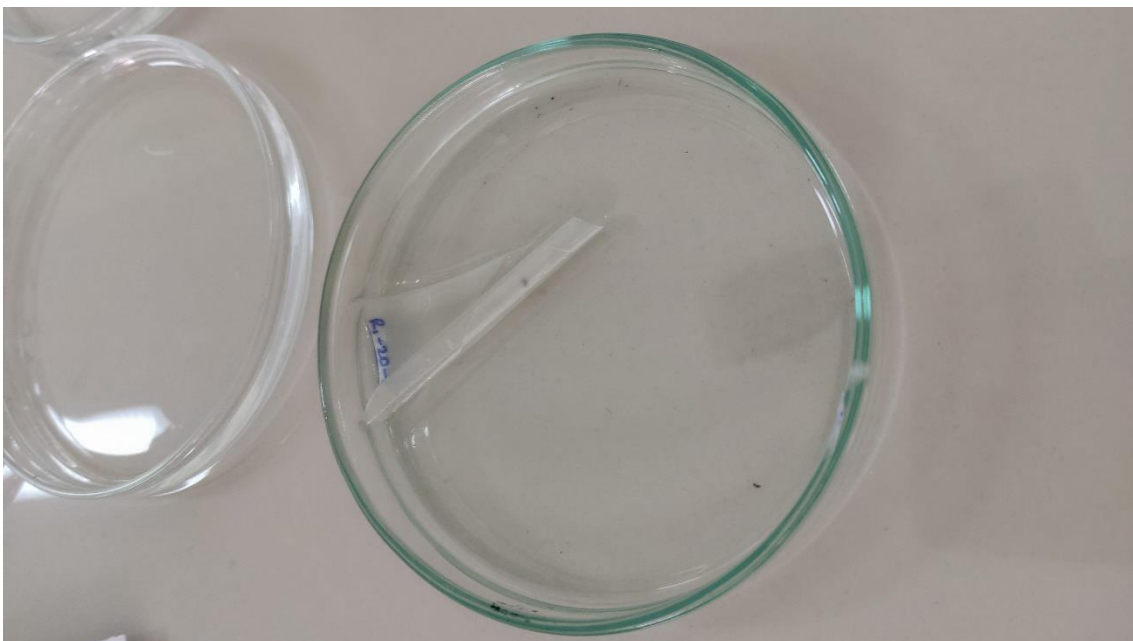
**Figura 26.** Evaluación de permeabilidad al vapor de agua a partir de hidrocoloide de mesocarpio de granadilla.



**Figura 27.** Evaluación de textura a partir de hidrocoloide de mesocarpio de granadilla.



**Figura 28.** Evaluación de opacidad a partir de hidrocóloide de mesocarpio de granadilla



**Figura 29.** Evaluación de capacidad de retención de agua a partir de hidrocóloide de mesocarpio de granadilla



## ANEXO 2 – Datos estadísticos por el método convencional

Método de extracción: CONVENCIONAL

ANALISIS DE VARIANZA- Peso equivalente

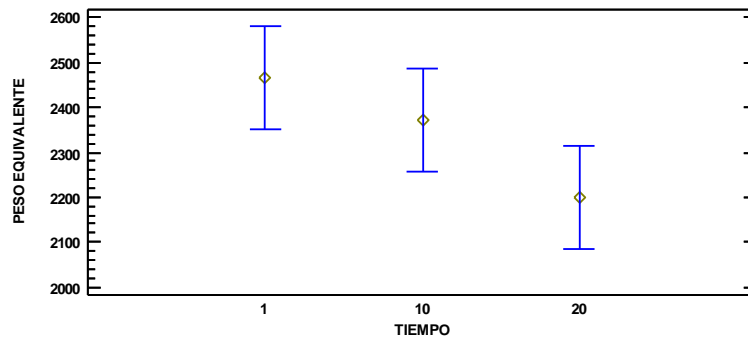
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:TIEMPO	326953.	2	163476.	3.06	0.0719
B:PH	2.49116E6	2	1.24558E6	23.30	0.0000
INTERACCIONES					
AB	451060.	4	112765.	2.11	0.1218
RESIDUOS	962332.	18	53462.9		
TOTAL (CORREGIDO)	4.2315E6	26			

Pruebas de Múltiple Rangos para PESO EQUIVALENTE por TIEMPO

Método: 95.0 porcentaje LSD

TIEMPO	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
20	9	2200.43	77.0735	X
10	9	2372.58	77.0735	XX
1	9	2466.13	77.0735	X

Medias y 95.0% de Fisher LSD

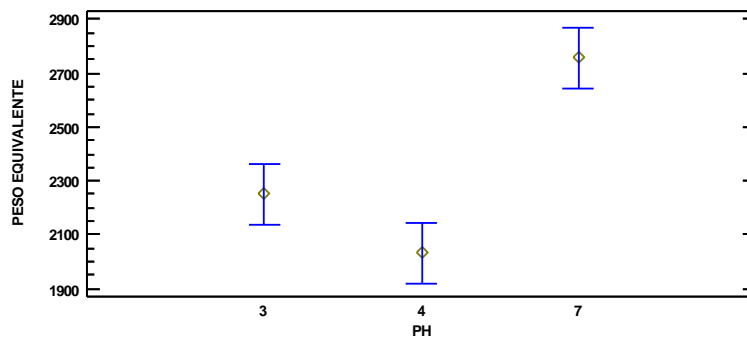


Pruebas de Múltiple Rangos para PESO EQUIVALENTE por PH

Método: 95.0 porcentaje LSD

PH	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
4	9	2032.09	77.0735	X
3	9	2249.93	77.0735	X
7	9	2757.12	77.0735	X

Medias y 95.0% de Fisher LSD



**ANALISIS DE VARIANZA- Contenido de metoxilo**

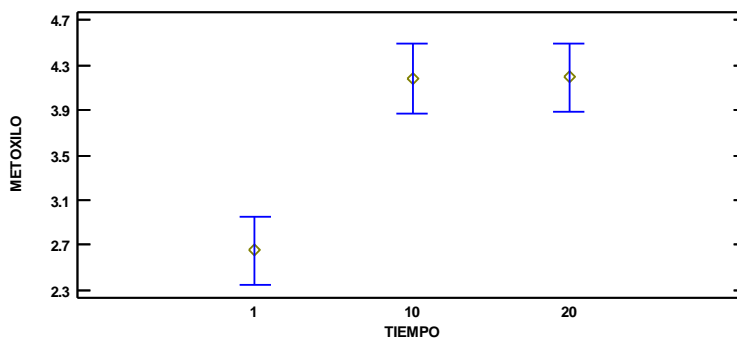
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:TIEMPO	14.2094	2	7.10471	18.18	0.0000
B:PH	16.912	2	8.456	21.64	0.0000
INTERACCIONES					
AB	64.5826	4	16.1457	41.33	0.0000
RESIDUOS	7.03247	18	0.390693		
TOTAL (CORREGIDO)	102.737	26			

**Pruebas de Múltiple Rangos para METOXILO por TIEMPO**

Método: 95.0 porcentaje LSD

TIEMPO	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
1	9	2.64667	0.208351	X
10	9	4.18111	0.208351	X
20	9	4.19	0.208351	X

Medias y 95.0% de Fisher LSD

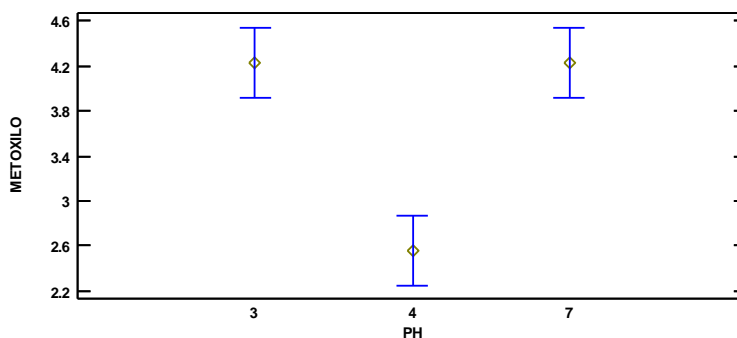


**Pruebas de Múltiple Rangos para METOXILO por PH**

Método: 95.0 porcentaje LSD

PH	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
4	9	2.55333	0.208351	X
7	9	4.23222	0.208351	X
3	9	4.23222	0.208351	X

Medias y 95.0% de Fisher LSD



**ANALISIS DE VARIANZA- Grado de esterificación**

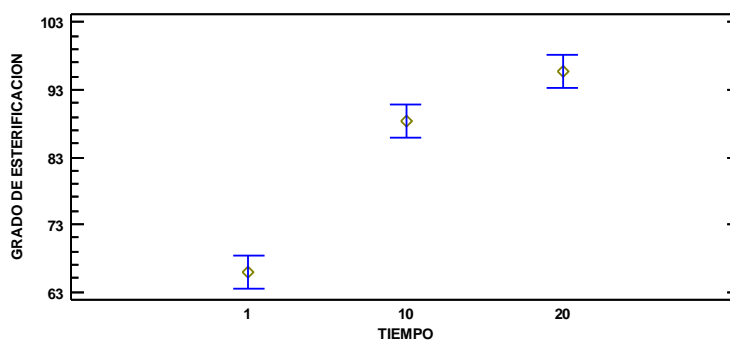
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PH	146.707	2	73.3536	3.03	0.0736
B:TIEMPO	4398.04	2	2199.02	90.74	0.0000
INTERACCIONES					
AB	825.404	4	206.351	8.52	0.0005
RESIDUOS	436.198	18	24.2332		
TOTAL (CORREGIDO)	5806.35	26			

**Pruebas de Múltiple Rangos para GRADO DE ESTERIFICACION por TIEMPO**

Método: 95.0 porcentaje LSD

TIEMPO	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
1	9	65.808	1.64091	X
10	9	88.4353	1.64091	X
20	9	95.8034	1.64091	X

Medias y 95.0% de Fisher LSD

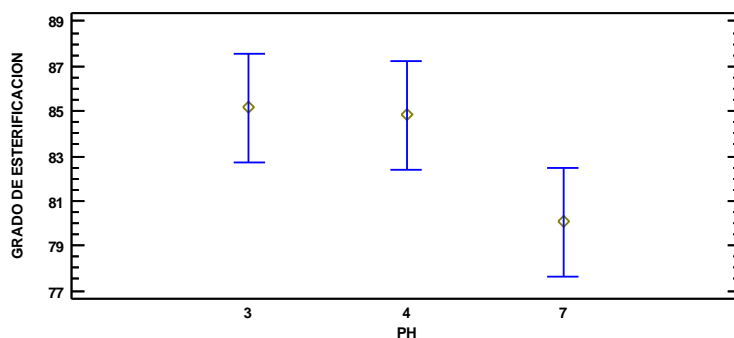


**Pruebas de Múltiple Rangos para GRADO DE ESTERIFICACION por PH**

Método: 95.0 porcentaje LSD

PH	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
7	9	80.0578	1.64091	X
4	9	84.8312	1.64091	XX
3	9	85.1578	1.64091	X

Medias y 95.0% de Fisher LSD



**ANALISIS DE VARIANZA- Acido Anhidro galacturónico (AAG)**

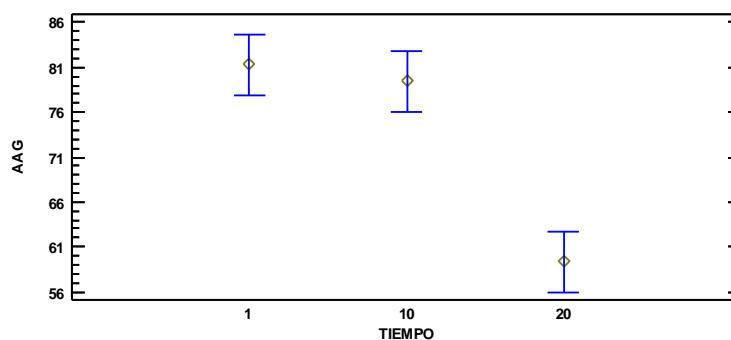
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PH	2685.58	2	1342.79	29.17	0.0000
B:TIEMPO	2656.34	2	1328.17	28.85	0.0000
INTERACCIONES					
AB	6697.9	4	1674.47	36.37	0.0000
RESIDUOS	828.715	18	46.0397		
TOTAL (CORREGIDO)	12868.5	26			

**Pruebas de Múltiple Rangos para AAG por TIEMPO**

Método: 95.0 porcentaje LSD

TIEMPO	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
20	9	59.3707	2.26175	X
10	9	79.4189	2.26175	X
1	9	81.2807	2.26175	X

Medias y 95.0% de Fisher LSD

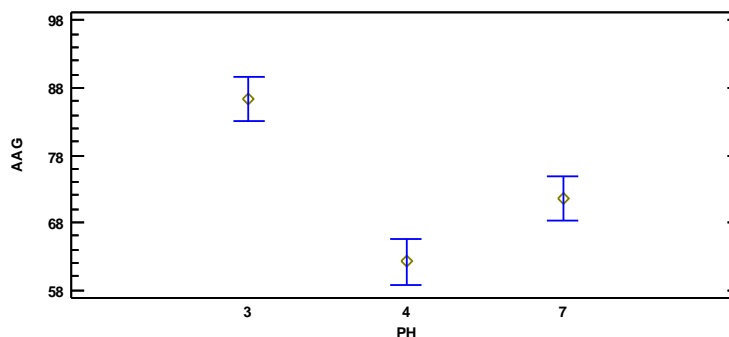


**Pruebas de Múltiple Rangos para AAG por PH**

Método: 95.0 porcentaje LSD

PH	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
4	9	62.1318	2.26175	X
7	9	71.5733	2.26175	X
3	9	86.3651	2.26175	X

Medias y 95.0% de Fisher LSD





## ANEXO 3 – Datos estadísticos por el método asistido por ultrasonido

Método de extracción: ASISTIDO POR ULTRASONIDO (US)

### ANALISIS DE VARIANZA- Peso equivalente

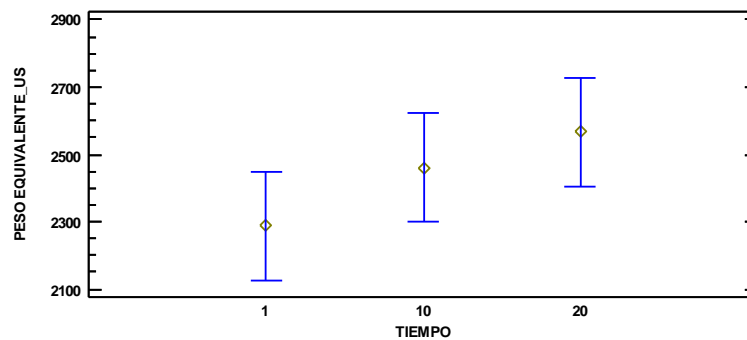
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PH	1.3912E6	2	695599.	6.55	0.0073
B:TIEMPO	357843.	2	178922.	1.68	0.2136
INTERACCIONES					
AB	2.88169E6	4	720422.	6.78	0.0016
RESIDUOS	1.91277E6	18	106265.		
TOTAL (CORREGIDO)	6.5435E6	26			

### Pruebas de Múltiple Rangos para PESO EQUIVALENTE\_US por TIEMPO

Método: 95.0 porcentaje LSD

TIEMPO	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
1	9	2288.48	108.661	X
10	9	2461.09	108.661	X
20	9	2567.9	108.661	X

Medias y95.0% de Fisher LSD

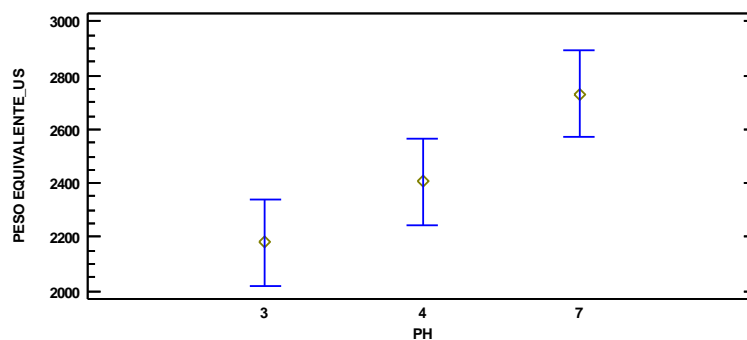


### Pruebas de Múltiple Rangos para PESO EQUIVALENTE\_US por PH

Método: 95.0 porcentaje LSD

PH	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
3	9	2179.72	108.661	X
4	9	2405.13	108.661	X
7	9	2732.61	108.661	X

Medias y95.0% de Fisher LSD



### ANALISIS DE VARIANZA- Contenido de metoxilo

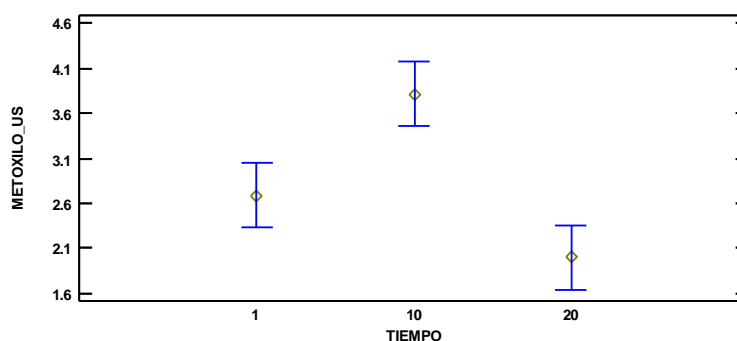
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PH	3.84643	2	1.92321	3.59	0.0488
B:TIEMPO	15.2021	2	7.60105	14.18	0.0002
INTERACCIONES					
AB	25.5842	4	6.39606	11.93	0.0001
RESIDUOS	9.64707	18	0.535948		
TOTAL (CORREGIDO)	54.2798	26			

### Pruebas de Múltiple Rangos para METOXILO\_US por TIEMPO

Método: 95.0 porcentaje LSD

TIEMPO	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
20	9	1.99778	0.244028	X
1	9	2.68556	0.244028	X
10	9	3.81778	0.244028	X

Medias y 95.0% de Fisher LSD

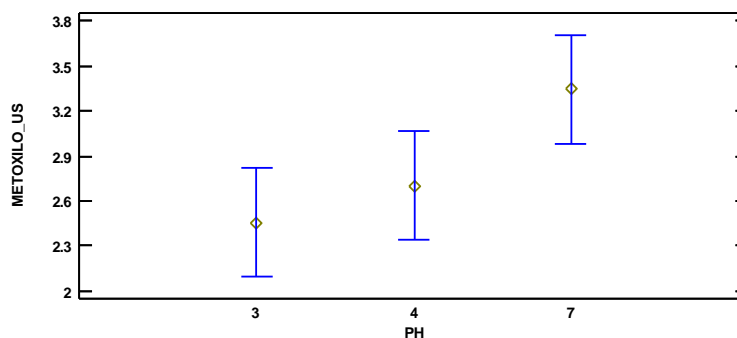


### Pruebas de Múltiple Rangos para METOXILO\_US por PH

Método: 95.0 porcentaje LSD

PH	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
3	9	2.45222	0.244028	X
4	9	2.70111	0.244028	XX
7	9	3.34778	0.244028	X

Medias y 95.0% de Fisher LSD



**ANALISIS DE VARIANZA- Grado de esterificación**

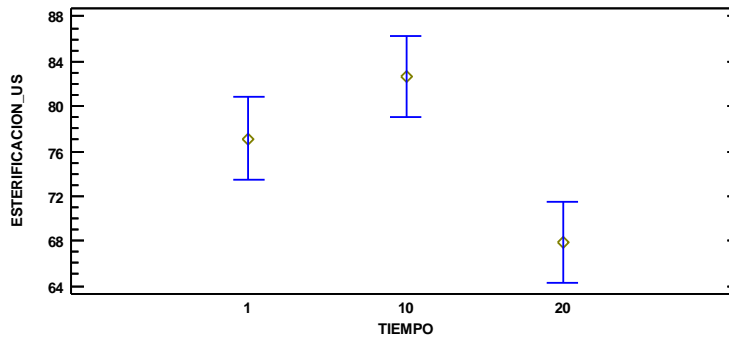
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:PH	864.443	2	432.221	7.95	0.0033
B:TIEMPO	1012.1	2	506.051	9.31	0.0017
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	1911.15	4	477.788	8.79	0.0004
RESIDUOS	978.228	18	54.346		
TOTAL (CORREGIDO)	4765.92	26			

**Pruebas de Múltiple Rangos para ESTERIFICACION\_US por TIEMPO**

Método: 95.0 porcentaje LSD

TIEMPO	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
20	9	67.8277	2.45733	X
1	9	77.1139	2.45733	X
10	9	82.6692	2.45733	X

Medias y 95.0% de Fisher LSD

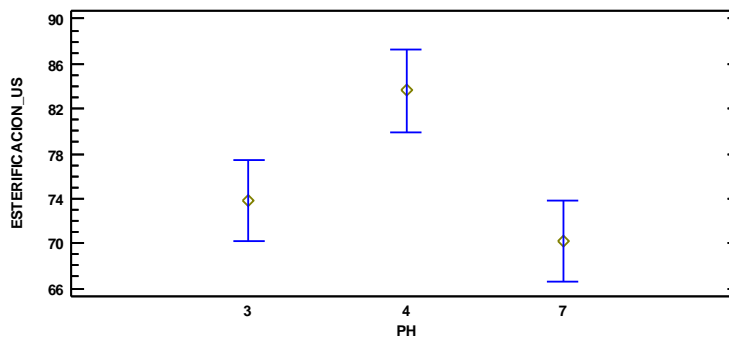


**Pruebas de Múltiple Rangos para ESTERIFICACION\_US por PH**

Método: 95.0 porcentaje LSD

PH	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
7	9	70.1859	2.45733	X
3	9	73.8349	2.45733	X
4	9	83.59	2.45733	X

Medias y 95.0% de Fisher LSD



**ANALISIS DE VARIANZA- Acido anhidro galacturónico**

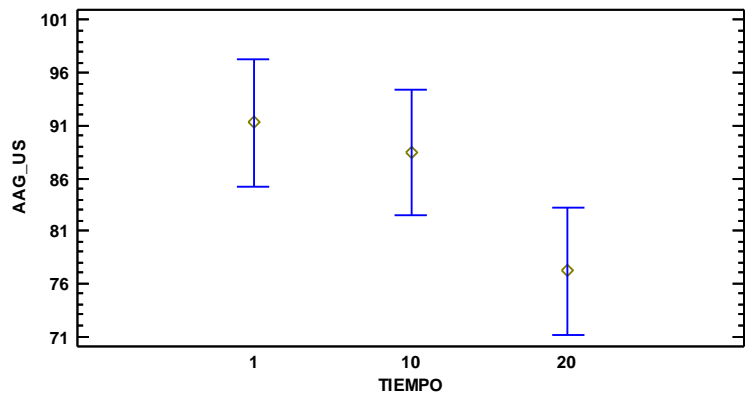
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PH	9.09215	2	4.54608	0.03	0.9693
B:TIEMPO	1001.42	2	500.712	3.44	0.0543
INTERACCIONES					
AB	980.418	4	245.104	1.68	0.1975
RESIDUOS	2620.1	18	145.561		
TOTAL (CORREGIDO)	4611.04	26			

**Pruebas de Múltiple Rangos para AAG\_US por TIEMPO**

Método: 95.0 porcentaje LSD

TIEMPO	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
20	9	77.1644	4.02163	X
10	9	88.4693	4.02163	XX
1	9	91.2462	4.02163	X

Medias y 95.0% de Fisher LSD

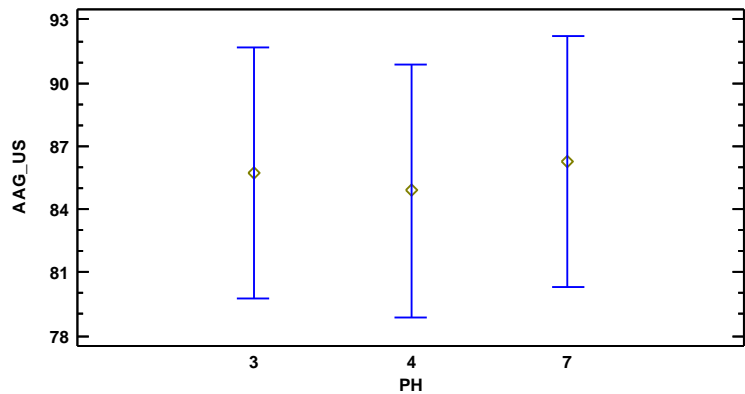


**Pruebas de Múltiple Rangos para AAG\_US por PH**

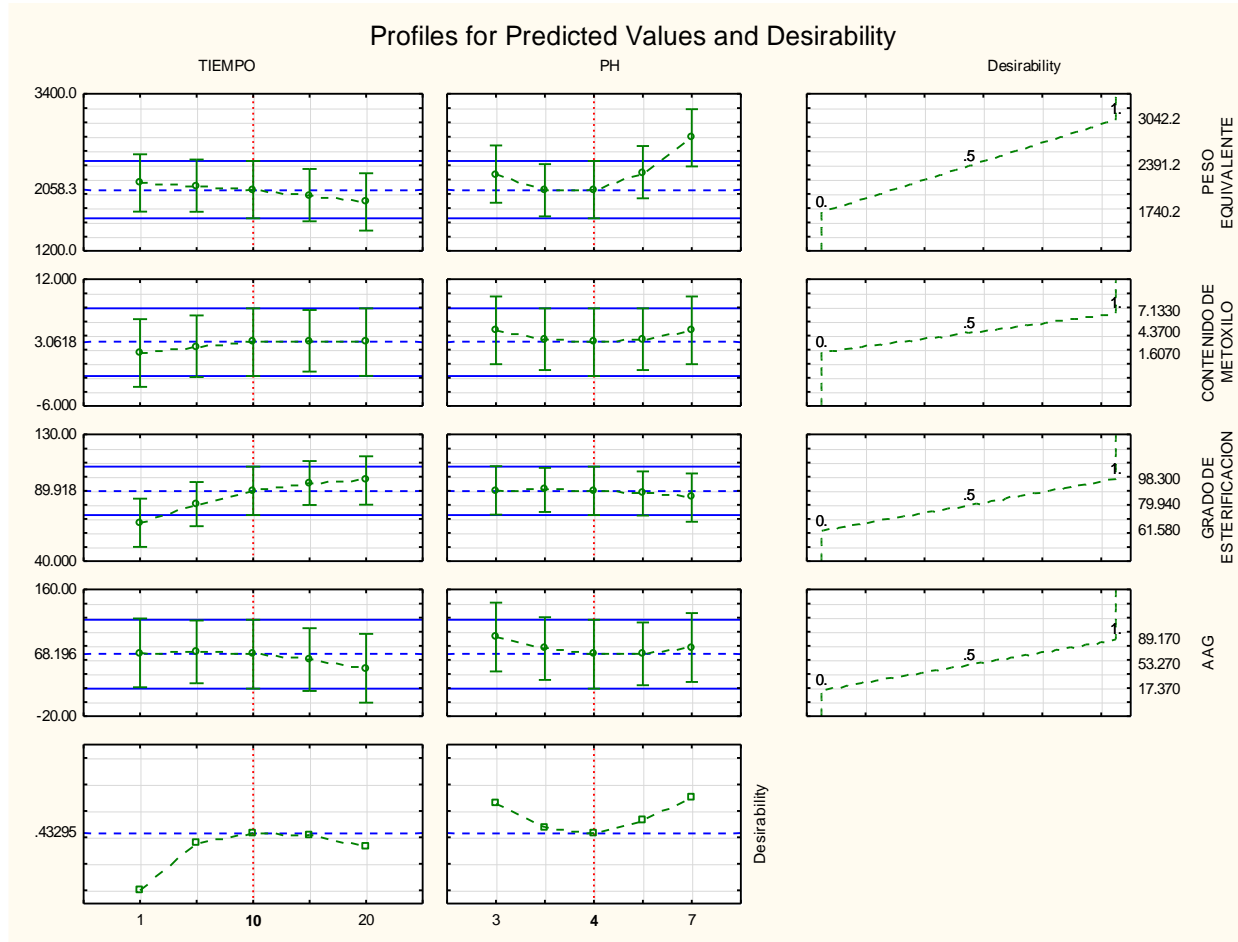
Método: 95.0 porcentaje LSD

PH	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
4	9	84.8693	4.02163	X
3	9	85.7316	4.02163	X
7	9	86.2791	4.02163	X

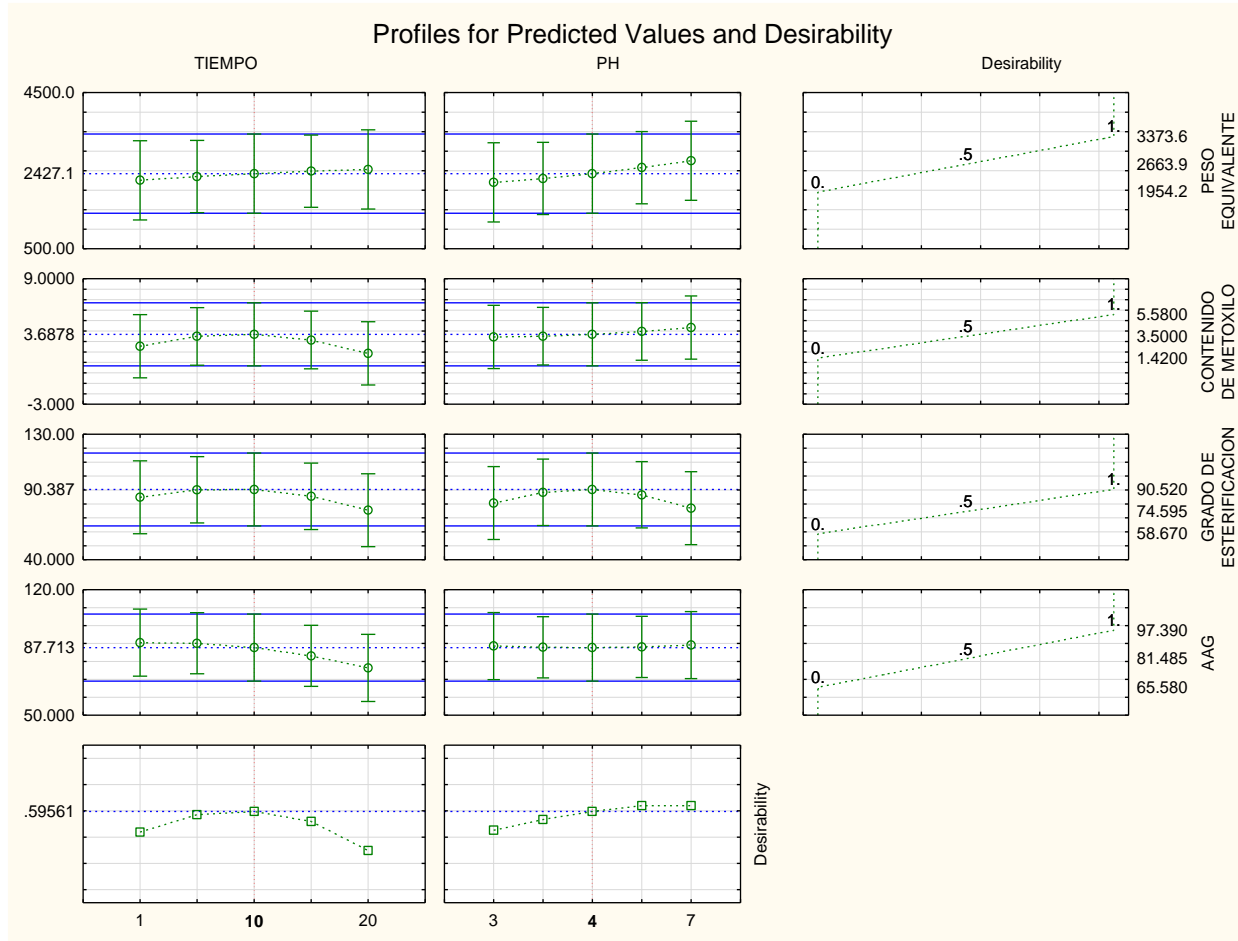
Medias y 95.0% de Fisher LSD



## ANEXO 4 – Función de deseabilidad en la extracción por el método convencional



## ANEXO 5 – Función de deseabilidad en la extracción por el método asistido por ultrasonido



## ANEXO 6 – Datos del bioplástico mediando el análisis de varianza

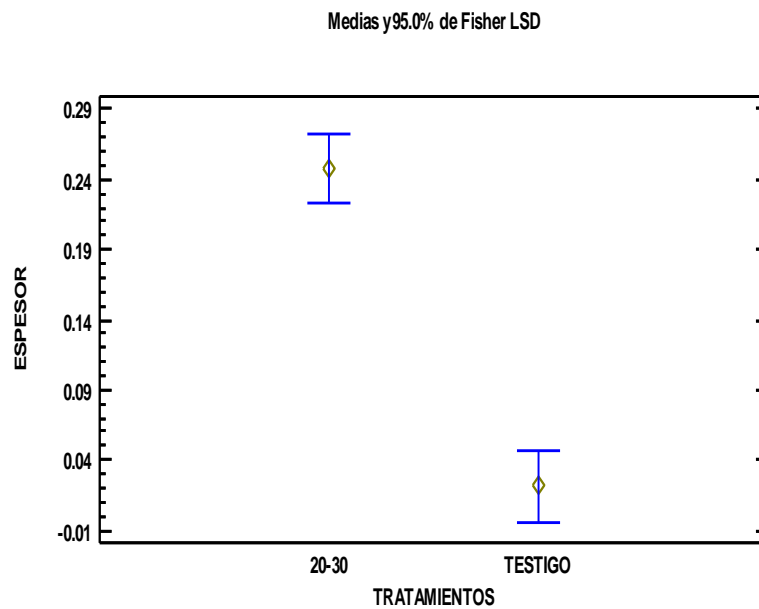
**Tabla ANOVA para ESPESOR por TRATAMIENTOS**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.076614	1	0.076614	155.93	0.0002
Intra grupos	0.00196533	4	0.000491333		
Total (Corr.)	0.0785793	5			

### Pruebas de Múltiple Rangos para ESPESOR por TRATAMIENTOS

Método: 95.0 porcentaje LSD

TRATAMIENTOS	Casos	Media	Grupos Homogéneos
TESTIGO	3	0.0213333	X
20-30	3	0.247333	X



**Tabla ANOVA para OPACIDAD por TRATAMIENTOS**

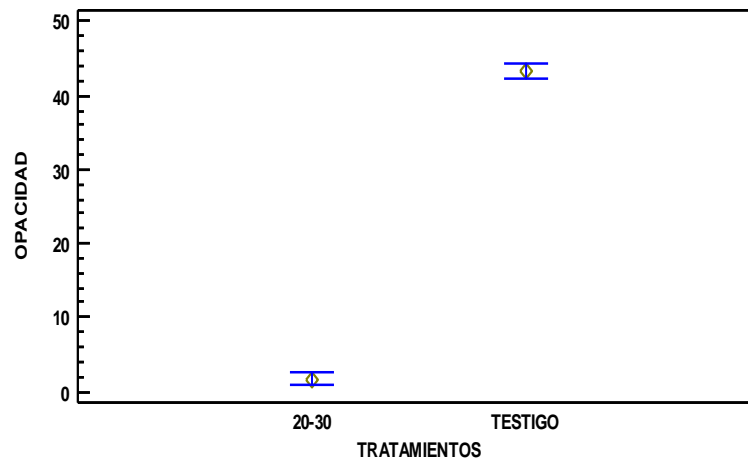
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	2596.71	1	2596.71	3914.98	0.0000
Intra grupos	2.65311	4	0.663276		
Total (Corr.)	2599.37	5			

**Pruebas de Múltiple Rangos para OPACIDAD por TRATAMIENTOS**

Método: 95.0 porcentaje LSD

TRATAMIENTOS	Casos	Media	Grupos Homogéneos
20-30	3	1.704	X
TESTIGO	3	43.311	X

Medias y 95.0% de Fisher LSD





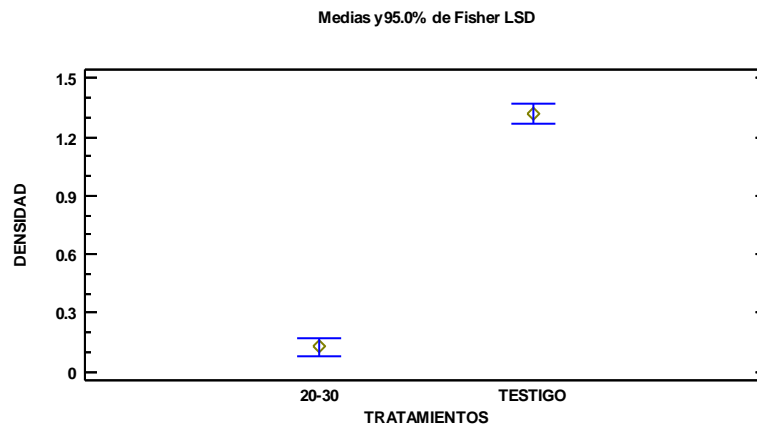
**Tabla ANOVA para DENSIDAD por TRATAMIENTOS**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	2.13607	1	2.13607	1075.11	0.0000
Intra grupos	0.00794733	4	0.00198683		
Total (Corr.)	2.14401	5			

**Pruebas de Múltiple Rangos para DENSIDAD por TRATAMIENTOS**

Método: 95.0 porcentaje LSD

TRATAMIENTOS	Casos	Media	Grupos Homogéneos
20-30	3	0.124333	X
TESTIGO	3	1.31767	X



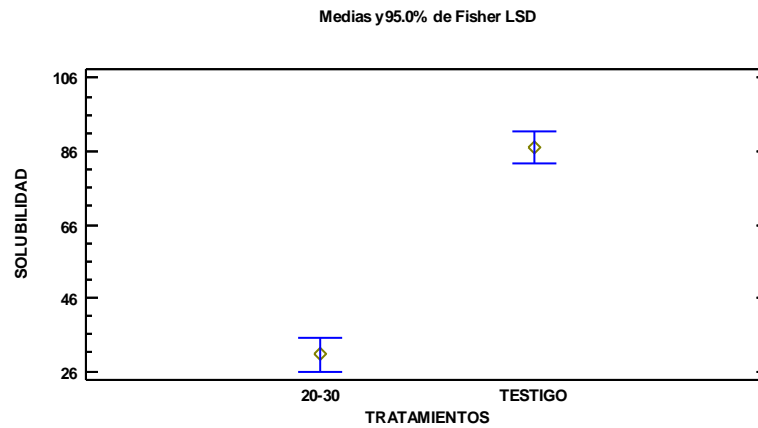
**Tabla ANOVA para SOLUBILIDAD por TRATAMIENTOS**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	4837.57	1	4837.57	318.72	0.0001
Intra grupos	60.7132	4	15.1783		
Total (Corr.)	4898.28	5			

**Pruebas de Múltiple Rangos para SOLUBILIDAD por TRATAMIENTOS**

Método: 95.0 porcentaje LSD

TRATAMIENTOS	Casos	Media	Grupos Homogéneos
20-30	3	30.4406	X
TESTIGO	3	87.2301	X



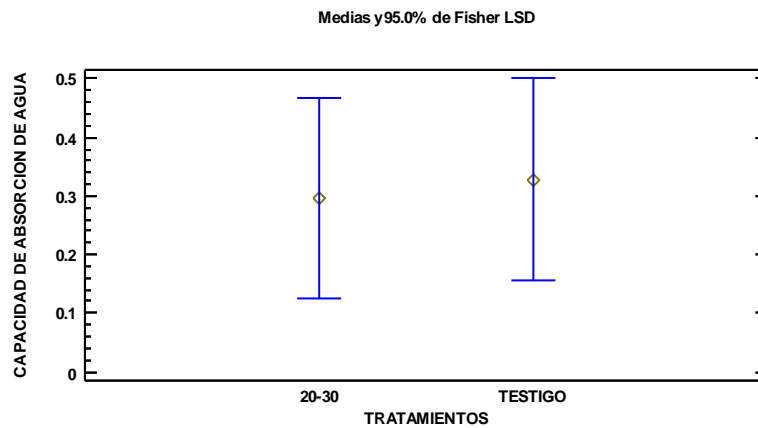
**Tabla ANOVA para CAPACIDAD DE ABSORCION DE AGUA por TRATAMIENTOS**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.00148208	1	0.00148208	0.06	0.8123
Intra grupos	0.0921989	4	0.0230497		
Total (Corr.)	0.0936809	5			

**Pruebas de Múltiple Rangos para CAPACIDAD DE ABSORCION DE AGUA por TRATAMIENTOS**

Método: 95.0 porcentaje LSD

TRATAMIENTOS	Casos	Media	Grupos Homogéneos
20-30	3	0.296367	X
TESTIGO	3	0.3278	X



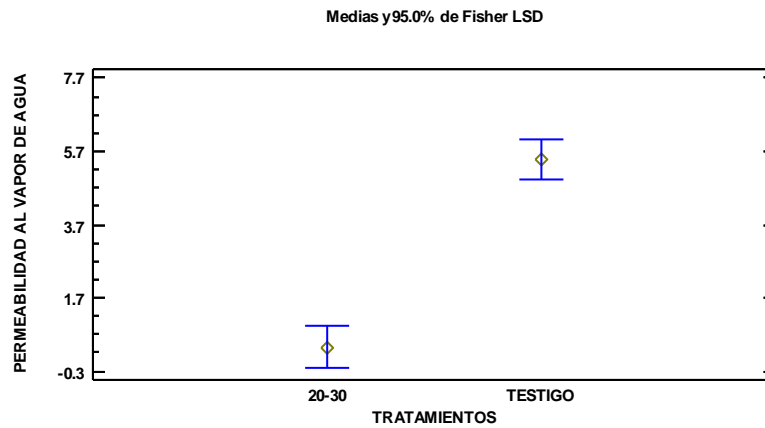
**Tabla ANOVA para PERMEABILIDAD AL VAPOR DE AGUA por TRATAMIENTOS**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	39.3206	1	39.3206	161.55	0.0002
Intra grupos	0.973595	4	0.243399		
Total (Corr.)	40.2942	5			

**Pruebas de Múltiple Rangos para PERMEABILIDAD AL VAPOR DE AGUA por TRATAMIENTOS**

Método: 95.0 porcentaje LSD

TRATAMIENTOS	Casos	Media	Grupos Homogéneos
20-30	3	0.357233	X
TESTIGO	3	5.47717	X



**CONSTANCIA DE SIMILITUD N° 59 SOFTWARE**  
**ANTIPLAGIO TURNITIN-FCA-UNHEVAL**

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias Agrarias, emite la presente constancia de Similitud, aplicando el Software TURNITIN, la cual reporta un 12% de similitud, correspondiente al interesado, de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial:

**GIANMARCO ESPINOZA DEL PINO**

De la Tesis:

**EXTRACCIÓN DE HIDROCOLOIDE DEL MESOCARPIO DE GRANADILLA (*Passiflora Ligularis*) MEDIANTE LOS MÉTODOS CONVENCIONAL Y ASISTIDO POR ULTRASONIDO PARA LA ELABORACIÓN DE BIOPLASTICO.**

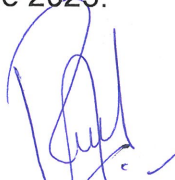
Considerando como asesor(a) al Dr. JUAN EDSON VILLANEVA TIBURCIO.

**DECLARANDO APTO**

Se expide la presente, para los trámites pertinentes.

Pillco Marca, 22 de setiembre de 2023.



  
Dr. Roger Estacio Laguna.  
Director de la Unidad de Investigación  
Facultad de Ciencias Agrarias  
UNHEVAL



NOMBRE DEL TRABAJO

EXTRACCIÓN DE HIDROCOLOIDE DEL M  
ESOCARPIO DE GRANADILLA (*Passiflora  
Ligularis*) MEDIANTE LOS MÉTODOS CO  
NVENCIONAL Y ASISTIDO POR ULTRAS  
ONIDO PARA LA ELABORACIÓN DE BIOP  
LASTICO

AUTOR

Gianmarco ESPINOZA DEL PINO

RECUENTO DE PALABRAS

17302 Words

RECUENTO DE CARACTERES

95182 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

84 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

2.7MB

FECHA DE ENTREGA

Sep 22, 2023 10:11 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Sep 22, 2023 10:12 AM GMT-5

**● 12% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base c

- 12% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 9% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossr

**● Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 15 palabras)
- Material citado



Dr. Roger Estacio Laguna  
Director de la Unidad de Investigación  
Facultad Ciencias Agrarias





UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN  
HUANUCO - PERÚ  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO  
PROFESIONAL DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

En la ciudad de Huánuco a los 16 días del mes de noviembre del 2023, siendo las 11:00 am de acuerdo al Reglamento de Grado Académico y Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias, se reunieron en la Sala Magna de la Facultad de Ciencias Agrarias los miembros integrantes del Jurado de tesis con Resolución N° 629-2023-UNHEVAL/FCA-D, de fecha 20 de octubre del 2023, para proceder con la evaluación de la sustentación de la tesis titulada: **“EXTRACCIÓN DE HIDROCOLOIDE DEL MESOCARPIO DE GRANADILLA (*Passiflora ligularis*) MEDIANTE LOS MÉTODOS CONVENCIONAL Y ASISTIDO POR ULTRASONIDO PARA LA ELABORACIÓN DE BIOPLÁSTICO”**, presentado por el Bachiller en Ingeniería Agroindustrial: **Gianmarco ESPINOZA DEL PINO**, bajo el asesoramiento del Dr. **JUAN EDSON VILLANUEVA TIBURCIO**.

El Jurado de tesis está integrado por los siguientes docentes:

<b>Dr. Ruben Max Rojas Portal</b>	<b>Presidente</b>
<b>Mg. Ruth Esther Chamorro Gómez</b>	<b>Secretario</b>
<b>Dr. Ángel Sobrado Gómez</b>	<b>Vocal</b>

Finalizado el acto de sustentación, luego de la deliberación y verificación del calificativo por el Jurado, se obtuvo el siguiente resultado: APROBADO por UNANIMIDAD con el cuantitativo de 16 y cualitativo de BUENO, quedando el sustentante A.P.T.O. para que se le expida el **TÍTULO DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL**.

El acto de sustentación se dio por concluido, siendo las 12:15 horas.

Huánuco, 16 de Noviembre del 2023

**Dr. Ruben Max Rojas Portal**  
Presidente del Jurado de Tesis

**Mg. Ruth Esther Chamorro Gómez**  
Secretario del Jurado de Tesis

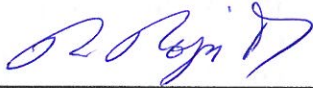
**Dr. Ángel Sobrado Gómez**  
Vocal del Jurado de Tesis

- Deficiente (11, 12, 13) Desaprobado
- Bueno (14, 15, 16) Aprobado
- Muy Bueno (17, 18) Aprobado
- Excelente (19, 20) Aprobado

OBSERVACIONES:

NINGUNA

Huánuco, 16 de noviembre del 2023



**Dr. Ruben Max Rojas Portal**  
Presidente del Jurado de Tesis



**Mg. Ruth Esther Chamorro Gómez**  
Secretario del Jurado de Tesis



**Dr. Ángel Sobrado Gómez**  
Vocal del Jurado de Tesis

LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES:

---

---

---

---

---

Huánuco, \_\_\_\_ de \_\_\_\_ del 20\_\_

**Dr. Ruben Max Rojas Portal**  
Presidente del Jurado de Tesis

**Mg. Ruth Esther Chamorro Gomez**  
Secretario del Jurado de Tesis

**Dr. Angel Sobrado Gomez**  
Vocal del Jurado de Tesis



## AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DIGITAL Y DECLARACIÓN JURADA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR UN GRADO ACADÉMICO O TÍTULO PROFESIONAL

**1. Autorización de Publicación:** (Marque con una "X")

<b>Pregrado</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>Segunda Especialidad</b>		<b>Posgrado:</b>	<b>Maestría</b>		<b>Doctorado</b>
-----------------	-------------------------------------	-----------------------------	--	------------------	-----------------	--	------------------

Pregrado (tal y como está registrado en SUNEDU)

<b>Facultad</b>	CIENCIAS AGRARIAS
<b>Escuela Profesional</b>	INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
<b>Carrera Profesional</b>	INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
<b>Grado que otorga</b>	-----
<b>Título que otorga</b>	INGENIERO AGROINDUSTRIAL

Segunda especialidad (tal y como está registrado en SUNEDU)

<b>Facultad</b>	-----
<b>Nombre del programa</b>	-----
<b>Título que Otorga</b>	-----

Posgrado (tal y como está registrado en SUNEDU)

<b>Nombre del Programa de estudio</b>	-----
<b>Grado que otorga</b>	-----

**2. Datos del Autor(es):** (Ingrese todos los datos requeridos completos)

<b>Apellidos y Nombres:</b>	ESPINOZA DEL PINO, GIANMARCO						
<b>Tipo de Documento:</b>	<b>DNI</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>Pasaporte</b>	<input type="checkbox"/>	<b>C.E.</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Nro. de Celular:</b> 992180413
<b>Nro. de Documento:</b>	73178404				<b>Correo Electrónico:</b>	Gedp98@hotmail.com	

<b>Apellidos y Nombres:</b>							
<b>Tipo de Documento:</b>	<b>DNI</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>Pasaporte</b>	<input type="checkbox"/>	<b>C.E.</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Nro. de Celular:</b>
<b>Nro. de Documento:</b>					<b>Correo Electrónico:</b>		

<b>Apellidos y Nombres:</b>							
<b>Tipo de Documento:</b>	<b>DNI</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Pasaporte</b>	<input type="checkbox"/>	<b>C.E.</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Nro. de Celular:</b>
<b>Nro. de Documento:</b>					<b>Correo Electrónico:</b>		

**3. Datos del Asesor:** (Ingrese todos los datos requeridos completos según DNI, no es necesario indicar el Grado Académico del Asesor)

<b>¿El Trabajo de Investigación cuenta con un Asesor?:</b> (marque con una "X" en el recuadro del costado, según corresponda)	<b>SI</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>X</b>	<b>NO</b>			
<b>Apellidos y Nombres:</b>	VILLANUEVA TIBURCIO, JUAN EDSON			<b>ORCID ID:</b>	https://orcid.org/ 0000-0002-1541-7525		
<b>Tipo de Documento:</b>	<b>DNI</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>Pasaporte</b>	<input type="checkbox"/>	<b>C.E.</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Nro. de documento:</b> 4004333

**4. Datos del Jurado calificador:** (Ingrese solamente los Apellidos y Nombres completos según DNI, no es necesario indicar el Grado Académico del Jurado)

<b>Presidente:</b>	ROJAS PORTAL, RUBEN MAX
<b>Secretario:</b>	CHAMORRO GOMEZ, RUTH ESTHER
<b>Vocal:</b>	SOBRADO GOMEZ, ANGEL
<b>Vocal:</b>	
<b>Vocal:</b>	
<b>Accesitario</b>	ORIZANO PONCE, EVA

**5. Declaración Jurada: (Ingrese todos los datos requeridos completos)**

a) Soy Autor (a) (es) del Trabajo de Investigación Titulado: <i>(Ingrese el título tal y como está registrado en el Acta de Sustentación)</i>
<b>EXTRACCIÓN DE HIDROCOLOIDE DEL MESOCARPIO DE GRANADILLA (<i>Passiflora Ligularis</i>) MEDIANTE LOS MÉTODOS CONVENCIONAL Y ASISTIDO POR ULTRASONIDO PARA LA ELABORACIÓN DE BIOPLASTICO</b>
b) El Trabajo de Investigación fue sustentado para optar el Grado Académico ó Título Profesional de: <i>(tal y como está registrado en SUNEDU)</i>
TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL
c) El Trabajo de investigación no contiene plagio (ninguna frase completa o párrafo del documento corresponde a otro autor sin haber sido citado previamente), ni total ni parcial, para lo cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias.
d) El trabajo de investigación presentado no atenta contra derechos de terceros.
e) El trabajo de investigación no ha sido publicado, ni presentado anteriormente para obtener algún Grado Académico o Título profesional.
f) Los datos presentados en los resultados (tablas, gráficos, textos) no han sido falsificados, ni presentados sin citar la fuente.
g) Los archivos digitales que entrego contienen la versión final del documento sustentado y aprobado por el jurado.
h) Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a la Universidad Nacional Hermilio Valdizan (en adelante LA UNIVERSIDAD), cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido del Trabajo de Investigación, así como por los derechos de la obra y/o invención presentada. En consecuencia, me hago responsable frente a LA UNIVERSIDAD y frente a terceros de cualquier daño que pudiera ocasionar a LA UNIVERSIDAD o a terceros, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar causas en la tesis presentada, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello. Asimismo, por la presente me comprometo a asumir además todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para LA UNIVERSIDAD en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido del trabajo de investigación. De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Nacional Hermilio Valdizan.



**6. Datos del Documento Digital a Publicar: (Ingrese todos los datos requeridos completos)**

Ingrese solo el año en el que sustentó su Trabajo de Investigación: <i>(Verifique la Información en el Acta de Sustentación)</i>			2023				
Modalidad de obtención del Grado Académico o Título Profesional: <i>(Marque con X según Ley Universitaria con la que inició sus estudios)</i>	Tesis	X	Tesis Formato Artículo				
	Trabajo de Investigación		Trabajo de Suficiencia Profesional	Tesis Formato Patente de Invención			
	Trabajo Académico		Otros <i>(especifique modalidad)</i>	Tesis Formato Libro, revisado por Pares Externos			
Palabras Clave: <i>(solo se requieren 3 palabras)</i>	Bioplástico		Ultrasonido		Hidrocoloide		
Tipo de Acceso: <i>(Marque con X según corresponda)</i>	Acceso Abierto	X	Condición Cerrada (*)				
	Con Periodo de Embargo (*)		Fecha de Fin de Embargo:				
¿El Trabajo de Investigación, fue realizado en el marco de una Agencia Patrocinadora? <i>(ya sea por financiamientos de proyectos, esquema financiero, beca, subvención u otras; marcar con una "X" en el recuadro del costado según corresponda):</i>					SI	NO	X
Información de la Agencia Patrocinadora:							

El trabajo de investigación en digital y físico tienen los mismos registros del presente documento como son: Denominación del programa Académico, Denominación del Grado Académico o Título profesional, Nombres y Apellidos del autor, Asesor y Jurado calificador tal y como figura en el Documento de Identidad, Título completo del Trabajo de Investigación y Modalidad de Obtención del Grado Académico o Título Profesional según la Ley Universitaria con la que se inició los estudios.

### 7. Autorización de Publicación Digital:

A través de la presente. Autorizo de manera gratuita a la Universidad Nacional Hermilio Valdizán a publicar la versión electrónica de este Trabajo de Investigación en su Biblioteca Virtual, Portal Web, Repositorio Institucional y Base de Datos académica, por plazo indefinido, consintiendo que con dicha autorización cualquier tercero podrá acceder a dichas páginas de manera gratuita pudiendo revisarla, imprimirla o grabarla siempre y cuando se respete la autoría y sea citada correctamente. Se autoriza cambiar el contenido de forma, más no de fondo, para propósitos de estandarización de formatos, como también establecer los metadatos correspondientes.

Firma:			
Apellidos y Nombres:	ESPINOZA DEL PINO, GIANMARCO		Huella Digital
DNI:	731178404		
Firma:			
Apellidos y Nombres:			Huella Digital
DNI:			
Firma:			
Apellidos y Nombres:			Huella Digital
DNI:			
Fecha: 22/11/2023			

### Nota:

- ✓ No modificar los textos preestablecidos, conservar la estructura del documento.
- ✓ Marque con una X en el recuadro que corresponde.
- ✓ Llenar este formato de forma digital, con tipo de letra **calibri**, **tamaño de fuente 09**, manteniendo la alineación del texto que observa en el modelo, sin errores gramaticales (*recuerde las mayúsculas también se tildan si corresponde*).
- ✓ La información que escriba en este formato debe coincidir con la información registrada en los demás archivos y/o formatos que presente, tales como: DNI, Acta de Sustentación, Trabajo de Investigación (PDF) y Declaración Jurada.
- ✓ Cada uno de los datos requeridos en este formato, es de carácter obligatorio según corresponda.