



## **UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR**

**Facultad De Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del  
Ambiente**

**Carrera de Agroindustria**

**Tema:**

**“ELABORACIÓN DE UN BIOPOLÍMERO A PARTIR DE LACTOSUERO Y  
ALMIDÓN DE PAPA (*Solanum tuberosum*), PARA LA ENCAPSULACIÓN DE  
DETERGENTE LÍQUIDO, EN EL CANTÓN GUARANDA PROVINCIA  
BOLÍVAR”**

**Proyecto de investigación previo a la obtención de título de Ingeniero  
Agroindustrial, otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar, a través de la  
Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente**

**Autores:**

Mabel María Ortega Vallejo

Galo Adrián Mejía Cacay

**Director:**

Ing. José Luis Altuna Vásquez MsC.

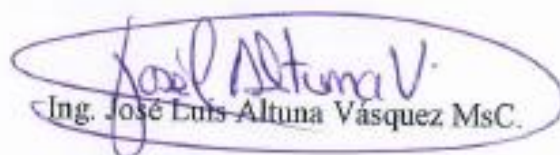
**Guaranda-Ecuador**

**2022**

**TEMA**

**ELABORACIÓN DE UN BIOPOLÍMERO A PARTIR DE LACTOSUERO Y ALMIDÓN DE PAPA (*Solanum tuberosum*), PARA LA ENCAPSULACIÓN DE DETERGENTE LÍQUIDO, EN EL CANTÓN GUARANDA PROVINCIA BOLÍVAR**

**REVISADO Y APROBADO POR:**



Ing. José Luis Altuna Vásquez MsC.

**DIRECTOR**



Ing. Juan Alberto Gaibor Chávez PhD.

**BIOMETRISTA**



Dra. Herminia Del Rosario Sanaguano Salguero PhD.

**REDACCIÓN TÉCNICA**

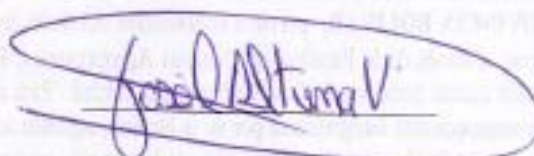
## CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros Mabel María Ortega Vallejo, con cédula de identidad número 2300889512 y Galo Adrián Mejía Cacay con cédula de identidad número 1725904443 declaramos que el trabajo y los resultados reportados en este informe, no han sido previamente presentados para ningún grado o calificación profesional; y, que las referencias bibliográficas que se incluyen han sido consultados y citados con su respectivo autor (es).


La Universidad Estatal de Bolívar, puede hacer uso de los derechos de publicación correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, su Reglamentación y la Normativa Institucional vigente.

  
Mabel María Ortega Vallejo  
C.I: 2300889512

  
Galo Adrián Mejía Cacay  
C.I: 1725904443

  
Ing. José Luis Altuna Vásquez MsC.  
Director  
C.I: 1802538056



  
Dra. Herminia Del Rosario Sanaguano Salguero PhD.  
Redacción Técnica  
C.I: 0601587280



ABG. GALO GERMAN MONAR GAVILANES  
Notario Suplente Cuarta del Cantón Guaranda.

ESCRITURA N° 20220201004P00509


**DECLARACIÓN JURAMENTADA**


**OTORGAN:**

MABEL MARIA ORTEGA VALLEJO y  
GALO ADRIAN MEJIA CACAY

CUANTÍA: INDETERMINADA  
DI 1 COPIA

En el Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, República del Ecuador, hoy miércoles a los veinticinco días del mes de mayo del año dos mil veintidós, ante mi ABOGADO GALO GERMAN MONAR GAVILANES, NOTARIO SUPLENTE CUARTO DEL CANTÓN GUARANDA, comparecen con plena capacidad, libertad y conocimiento, a la celebración de la presente escritura los señores, MABEL MARIA ORTEGA VALLEJO de estado civil soltera, y GALO ADRIAN MEJIA CACAY, de estado civil soltero, por sus propios y personales derechos en calidad de OTORGANTES. Los comparecientes declaran ser de nacionalidad ecuatorianos, mayores de edad, de estado civil como se deja expresado, de ocupación ambos estudiantes, domiciliado la primera en la parroquia San Lorenzo, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, con teléfono celular número cero nueve nueve siete cinco siete cinco tres seis tres y con correo electrónico [mabel.1998ortevalle@gmail.com](mailto:mabel.1998ortevalle@gmail.com), y el segundo en la parroquia Veintimilla, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, con teléfono celular número cero nueve cinco ocho ocho cero seis uno cero cero y con correo electrónico [galemejia45@gmail.com](mailto:galemejia45@gmail.com), hábiles en derecho para contratar y contraer obligaciones, a quienes de conocer doy fe, en virtud de haberme exhibido sus documentos de identificación cuyas copias fotostáticas debidamente certificadas por mí, agrego a esta escritura como documentos habilitantes. Advertidos los comparecientes por mí la Notaria de los efectos y resultados de esta escritura, así como examinados que fueron en forma aislada y separada de que comparecen al otorgamiento de esta escritura sin coacción, amenazas, temor reverencial, ni promesa o seducción invidiosos por mí de la obligación que tienen de decir la verdad con claridad y exactitud; y, advertidos sobre la gravedad del juramento y de las penas de perjurio, me solicitan que recepte su declaración juramentada. Nosotros, MABEL MARIA ORTEGA VALLEJO de estado civil soltera, y GALO ADRIAN MEJIA CACAY, de estado civil soltero, declaramos que los criterios e ideas emitidos en el presente Proyecto de investigación de titulación es de nuestra absoluta autoría, titulado "ELABORACIÓN DE UN BIOPOLÍMERO A PARTIR DE LACTOSUERO Y ALMIDÓN DE PAPA (*Solanum tuberosum*) PARA LA ENCAPSULACIÓN DE DETERGENTE LIQUIDO, EN EL CANTÓN GUARANDA PROVINCIA BOLIVAR, previo a la obtención del título de Ingenieros Agroindustriales, otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar, a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Medio Ambiente, carrera de Agroindustrias.- Es todo cuanto podemos declarar en honor a la verdad.- Para su otorgamiento se observaron los preceptos de ley y leída que les fue a los comparecientes íntegramente por mí la Notaria, aquellos se ratifican en todas sus partes y firman junto conmigo en unidad de acto, incorporando al protocolo de esta Notaria la presente escritura de Declaración Juramentada, de todo lo cual doy Fe.

  
SRTA. MABEL MARIA ORTEGA VALLEJO,  
C.C. 2300889512

  
SR. GALO ADRIAN MEJIA CACAY,  
C.C. 172590444-3

ABG. GALO GERMAN MONAR GAVILANES  
NOTARIO SUPLENTE CUARTO DEL CANTÓN GUARANDA



**URKUND**

Documento [Tesis\\_Biopolimeros\\_final.docx \(D137367435\)](#)

Presentado 2022-05-20 09:28 (-05:00)

Presentado por mabel.1998ortega@ gmail.com

Recibido jaltuna.ueb@anaysis.urkund.com

Mensaje [Tesis\\_Biopolimeros\\_Ortega\\_Mejia\\_Abrir el mensaje contenido](#)

3% de estas 69 páginas, se componen de texto presente en 15 fuentes.

Lista de fuentes Bloques

Categoría	Enlace/nombre de archivo
	<a href="https://ciencia.igta.org/revistas/ciencia/igta2/index.php/conciencia/01/articse/download/1269/1073/">https://ciencia.igta.org/revistas/ciencia/igta2/index.php/conciencia/01/articse/download/1269/1073/</a>
	<a href="https://ins.iiea.org/coleccion/NCLColeccion/Store/_Public/23/026/2502922.pdf">https://ins.iiea.org/coleccion/NCLColeccion/Store/_Public/23/026/2502922.pdf</a>
	Amijor, Andrea_Biopiastico_Semilla Yaca y Semilla Aguacate Urkund.docx
	TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR_ESTHELA TIBAN.pdf
	TESIS VALERIA CHIMBO.docx
	TESIS-Alarcon_Maria-Urkund.docx

Advertencias. Reiniciar. Compartir.

**FORTADA**

UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente Carrera de Agroindustria Tena.-"ELABORACIÓN DE UN BIOPOLIEMERO A PARTIR DE LACTOSUERO Y ALMIDÓN DE PAPA (Solanium tuberosum), PARA LA ENCAPSULACIÓN DE DETERGENTE LIQUIDO, EN EL CANTÓN GUARANDA PROVINCIA BOLIVAR" Perfil de proyecto de investigación previo a la obtención de título de Ingeniero Agroindustrial, otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar, a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias Recursos Naturales y del Ambiente Autores: Mabel Hania Ortega Vaelejo Gato Adridán Mejía Cacha Director: Ing. José Luis Altuna Vásquez MSc. Guaranda-Ecuador 2022. TENA.

**CERTIFICADO DE AUDITORIA**

**DEDICATORIA**

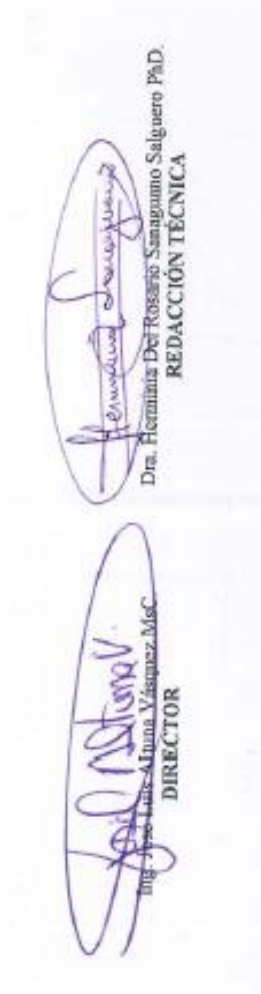
A Dios por ser luz, paciencia y amor, por la sabiduría, la paciencia y la energía que me brindó para culminar este sueño. A mi hija Sarahi por ser el impulso que necesitaba para seguir avanzando. A mis padres por la entrega para conmigo y mis sueños.

**Mabel Ortega DEDICATORIA**

Al ser que paso por mi vida como estrella fugaz, pero su recuerdo brillara siempre en mi corazón, aquel que influyo en mi formación académica. Effen, que con tanta emoción me aliento y aconsejo, para seguir luchando por este sueño tan anhelado, y que gracias a ello poder cumplir su último deseo.

**Gato Mejía**

**AGRADECIMIENTO**



## **DEDICATORIA**

A Dios por ser luz, paciencia y amor, por la sabiduría, la paciencia y la energía que me brindó para culminar este sueño.

A mi hija Sarahí por ser el impulso que necesitaba para seguir avanzando.

A mis padres por la entrega para conmigo y mis sueños.

*Mabel*

## **DEDICATORIA**

Al ser que paso por mi vida como estrella fugaz, pero su recuerdo brillara siempre en mi corazón, aquel que influyo en mi formación académica, Efrén, que con tanta emoción me, alentó y aconsejo, para seguir luchando por este sueño tan anhelado, y que gracias a ello poder cumplir su último deseo.

*Galo*

## AGRADECIMIENTO

Mi gratitud plena a Dios por su amor y compañía en cada momento de mi vida, sin el nada de esto fuera posible.

A la Universidad Estatal de Bolívar y quienes formaron parte de mi trayectoria universitaria sobre todo a la Facultad de Ciencias Agropecuarias Recursos Naturales y del Ambiente por formarme como una profesional competente y dispuesta enfrentar nuevos retos que en mi vida pueda presentarse.

A mi madre María Vallejo, por la vida, por el amor incondicional, la persona más especial en mi vida, gracias por siempre estar conmigo celebrando mis triunfos y levantándose de mis fracasos, por enseñarme el significado de la palabra amor, mi cómplice y mi amiga, mamita linda las palabras me quedan cortas para expresar toda la gratitud que siente mi corazón hacia a ti.

Gracias Papá Oscar Ortega por tu cariño y fe en mí, por tu apoyo incondicional, tus esfuerzos impresionantes y tu amor invaluable, gracias por la educación y los valores que me has proporcionado sin duda alguna has hecho de mi un ser humano maravilloso.

A mi pequeña hija Sarahí por ser mi motor, por darme las fuerzas necesarias para superar cada obstáculo que en el camino se presenta, por el don maravilloso de ser madre, eres el ser de luz que necesitaba mi vida, te amo.

A mi esposo por su amor y por ser quien me ha acompañado en el transcurso de mi carrera universitaria, solo tú sabes los momentos difíciles que juntos pudimos superar, sin duda alguna valieron la pena.

A mis hermanos por ser mi ejemplo a seguir, desde el fondo de mi corazón Gracias.

*Mabel*



## AGRADECIMIENTO

A la mujer que me otorgó la vida, mi primera amiga y la persona que me demostró que el amor es un regalo, la mujer que me enseñó a no fingir si el alma siente y a no mentir cuando todo el mundo miente, mi primera dama y mi ángel de la guarda, mi reina de fantasías que con besos cura heridas, la mujer que me dio su amor sin distancia y sin medida y que me ha seguido amando estando abajo o en la cima. Mamá con esto yo te quiero agradecer, porque sin ti de mí no sé qué pudo ser, si algo de ti yo pude aprender, es que un buen hombre es hijo de una gran mujer.

Al hombre que me vio crecer día a día, que con anécdotas y concejos me enseñó a andar de frente, y mirar a los ojos cuando hablo con la gente, que me ilustra que con el esfuerzo y el sacrificio se puede lograr todo, que gracias a su ejemplo soy un hombre de bien. Cada madrugada y esfuerzo realizados por usted dio frutos Papá.

A mi hermana Karen, que con su sentido del humor me sacaba de la rutina estudiantil y me escuchaba cuando todo estaba perdido.

A mi tía Consuelo que llegó y cuidó de mi familia y de mí en el momento más duro de nuestras vidas y nos demostró amor y cariño.

A mi enamorada, que me brindó su amistad y amor, y me enseñó a ser más positivo para alcanzar mis objetivos.

Por ustedes y para ustedes.

*Galo*

# ÍNDICE GENERAL

Contenido	Pág.
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>XVII</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>XX</b>
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b> .....	<b>XXII</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES</b> .....	<b>XXIII</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>XXIV</b>
<b>SUMARY</b> .....	<b>XXV</b>
<b>CAPITULO I</b> .....	<b>1</b>
1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. PROBLEMA .....	3
1.1.1. Enunciado del problema .....	3
1.1.2. Formulación del problema .....	5
1.1.3. Sistematización del problema .....	5
<b>1.2. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>6</b>
<b>CAPITULO II</b> .....	<b>7</b>
2. MARCO TEÓRICO .....	7

2.1.	Lactosuero .....	7
2.1.1.	Propiedades del lactosuero .....	7
2.1.2.	Caracterización del lactosuero.....	8
2.1.3.	Beneficios .....	9
2.1.4.	Usos .....	9
2.1.5.	Producción mundial de lactosuero .....	10
2.1.6.	Producción en el Ecuador.....	11
2.2.	La papa ( <i>Solanum tuberosum</i> ).....	11
2.2.1.	Composición química y nutricional de la papa .....	11
2.2.2.	Taxonomía.....	13
2.2.3.	Variedad chola.....	13
2.2.4.	Producción mundial de la papa.....	14
2.2.5.	Producción de papa en Ecuador. ....	15
2.2.6.	Producción de papa en Bolívar.....	15
2.3.	Almidón .....	15
2.3.1.	Estructura del almidón.....	16
2.3.1.1.	Amilosa .....	17
2.3.1.2.	Amilopectina .....	17
2.3.2.	Almidón de papa .....	17

2.3.2.1. Propiedades del almidón de papa .....	17
2.4. Gelatinización .....	18
2.5. Retrogradación .....	18
2.6. Solubilidad.....	19
2.7. Hinchamiento .....	19
2.8. Absorción de agua .....	19
2.9. Sinéresis.....	19
2.10. Obtención del almidón de papa .....	19
2.10.1. Medio de extracción alcalina.....	19
2.10.2. Medio de extracción de agua.....	20
2.10.3. Medio de extracción enzimática.....	20
2.11. Biopolímeros .....	20
2.11.1. Clasificación.....	21
2.11.2. Usos .....	22
2.11.2.1. Aplicaciones de los biopolímeros.....	22
2.11.3. Proceso de obtención.....	22
2.12. Glicerina.....	23
2.13. Pectina.....	23
2.14. Carragenina .....	24

2.15.	Ácido acético.....	24
2.16.	Transferencia de calor .....	24
2.16.1.	Temperatura .....	25
2.16.2.	Mecanismos de transferencia de calor .....	26
2.16.2.1.	Conducción .....	26
2.16.2.2.	Convección .....	26
2.16.2.3.	Radiación.....	26
<b>CAPITULO III .....</b>		<b>27</b>
<b>3. MARCO METODOLÓGICO.....</b>		<b>27</b>
3.1.	Localización de la investigación .....	27
3.2.	Situación geográfica y climática .....	27
3.3.	Zona de vida (zonificación ecológica) .....	28
3.4.	Materiales .....	28
3.4.1.	Material Experimental .....	28
3.4.2.	Materiales de campo.....	28
3.4.3.	Materiales de laboratorio.....	29
3.4.4.	Reactivos .....	29
3.4.5.	Equipos .....	30
3.5.	Métodos.....	31

3.5.1.	Caracterización de la materia prima (lactosuero y almidón de papa)	31
3.5.2.	Análisis de características reológicas del biopolímero	34
3.6.	Análisis estadístico	35
3.6.1.	Factores de estudio	35
3.6.2.	Tratamientos	36
3.6.3.	Características del experimento	37
3.6.4.	Diseño experimental	38
3.6.5.	Análisis de varianza	39
3.6.6.	Prueba de rangos múltiples	40
3.6.6.1.	Método LSD (diferencia mínima significativa)	40
3.6.7.	Variables de respuesta	42
3.6.7.1.	Ensayo de espesor medio	42
3.6.7.2.	Ensayo de tracción	42
3.6.7.3.	Ensayo de humedad	43
3.6.7.4.	Ensayo de densidad	43
3.6.7.5.	Ensayo de solubilidad	44
3.6.7.6.	Ensayo de biodegradabilidad	45
3.7.	Metodología experimental	45
3.7.1.	Procedimiento específico del biopolímero	45

3.7.2. Diagrama de flujo del proceso de obtención del Biopolímero .....	47
<b>CAPITULO IV .....</b>	<b>48</b>
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>48</b>
4.1. Caracterización fisicoquímica de la materia prima (lactosuero y almidón de papa).....	48
4.2. Obtener la mejor combinación en la elaboración del biopolímero .....	51
4.2.1. Análisis de varianza para la variable espesor medio .....	51
4.2.2. Análisis de varianza para la variable tracción .....	59
4.2.3. Análisis de varianza para la variable densidad.....	66
4.2.4. Análisis de varianza para la variable solubilidad .....	73
4.2.5. Análisis de varianza para la variable humedad .....	80
4.2.6. Ensayo de biodegradabilidad.....	87
4.2.7. Ensayo de solubilidad.....	89
4.3. Analizar el producto desarrollado en base a características reológicas.....	92
4.3.1. Ensayo de Tracción .....	92
4.3.2. Ensayo de viscosidad.....	93
4.4. Estudiar el tiempo de vida útil del biopolímero desarrollado .....	95
4.6. Comprobación de hipótesis .....	98
4.6.1. Hipótesis nula.....	98

4.6.2. Hipótesis alternativa .....	98
<b>4.7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>99</b>
4.7.1. Conclusiones .....	99
4.7.2. Recomendaciones .....	100
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>101</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>123</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Nro.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1.</b>	Composición del suero de leche .....	8
<b>Tabla 2.</b>	Caracterización físico-química del suero de leche .....	9
<b>Tabla 3.</b>	Composición nutricional de la papa .....	12
<b>Tabla 4.</b>	Clasificación taxonómica de <i>Solanum Tuberosum L.</i> ....	13
<b>Tabla 5.</b>	Características de la papa variedad “Chola” .....	14
<b>Tabla 6.</b>	Dimensiones y unidades de transferencia de calor .....	25
<b>Tabla 7.</b>	Ubicación de la investigación .....	27
<b>Tabla 8.</b>	Situación geográfica y climática .....	28
<b>Tabla 9.</b>	Factores de estudio .....	35
<b>Tabla 10.</b>	Tratamientos y descripción de niveles .....	36
<b>Tabla 11.</b>	Características del experimento desarrollado .....	37
<b>Tabla 13.</b>	Modelo de ANOVA para el diseño factorial A×B×C .....	39
<b>Tabla 12.</b>	Variables de respuestas .....	42
<b>Tabla 14.</b>	Caracterización fisicoquímica del lactosuero .....	48
<b>Tabla 15.</b>	Análisis fisicoquímicos del almidón de papa .....	49
<b>Tabla 16.</b>	Granulometría del almidón de papa .....	50

<b>Tabla 17.</b> ANOVA para el ensayo de espesor medio .....	51
<b>Tabla 18.</b> Prueba de rangos múltiples del espesor medio para el factor A.....	52
<b>Tabla 19.</b> Prueba de rangos múltiples del espesor medio para el factor B .....	54
<b>Tabla 20.</b> Prueba de rangos múltiples del espesor medio para el factor.....	58
<b>Tabla 21.</b> ANOVA para el ensayo de tracción .....	59
<b>Tabla 22.</b> Prueba de rangos múltiples de la tracción para el factor A .....	60
<b>Tabla 23.</b> Prueba de rangos múltiples de la tracción para el factor B.....	64
<b>Tabla 24.</b> Prueba de rangos múltiples de la tracción para el factor C .....	64
<b>Tabla 25.</b> ANOVA para el ensayo de Densidad.....	66
<b>Tabla 26.</b> Pruebas de rangos múltiples de la densidad para el factor A .....	67
<b>Tabla 28.</b> Prueba de rangos múltiples de la densidad para el factor C.....	70
<b>Tabla 29.</b> ANOVA para el ensayo de solubilidad .....	73
<b>Tabla 30.</b> Prueba de rangos múltiples de la solubilidad para el factor A .....	74
<b>Tabla 31.</b> Prueba de rangos múltiples de la solubilidad para el factor B.....	76
<b>Tabla 32.</b> Prueba de rangos múltiples de la solubilidad para el factor C.....	78
<b>Tabla 33.</b> ANOVA para el ensayo de humedad .....	80
<b>Tabla 34.</b> Prueba de rangos múltiples de humedad para el factor A .....	81
<b>Tabla 35.</b> Prueba de rangos múltiples de humedad para el factor C.....	83
<b>Tabla 36.</b> Prueba de rangos múltiples de humedad para el factor C.....	89

<b>Tabla 37.</b> Porcentaje de biodegradabilidad del biopolímero .....	88
<b>Tabla 38.</b> Solubilidad de los mejores tratamientos.....	90
<b>Tabla 39.</b> Resultados de ensayo de tracción .....	92
<b>Tabla 40.</b> Viscosidad de la mezcla del biopolímero a 28.5 °C.....	93
<b>Tabla 41.</b> Resultados del tiempo de vida útil del biopolímero .....	95
<b>Tabla 42.</b> Parámetros de encapsulación.....	97

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Nro.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
	<b>Figura 1.</b> Principales productores de papa a nivel mundial .....	14
	<b>Figura 2.</b> Representación de las estructuras de amilosa y amilopectina .....	16
	<b>Figura 3.</b> Clasificación de los biopolímeros .....	21
	<b>Figura 4.</b> Medias del factor A.....	53
	<b>Figura 5.</b> Interacciones del factor A y del factor B por espesor medio.....	53
	<b>Figura 6.</b> Medias del factor B.....	55
	<b>Figura 7.</b> Interacción del factor A y el factor C por espesor medio .....	55
	<b>Figura 8.</b> Medias del factor C.....	57
	<b>Figura 9.</b> Interacciones del factor B y el factor C por espesor medio .....	57
	<b>Figura 10.</b> Medias del factor A.....	60
	<b>Figura 11.</b> Interacción del factor A y el factor B .....	61
	<b>Figura 12.</b> Medias del factor B.....	62
	<b>Figura 13.</b> Interacciones del factor A y el factor C .....	63
	<b>Figura 15.</b> Interacción del factor B y el factor C por tracción .....	65
	<b>Figura 16.</b> Medias del factor A.....	67
	<b>Figura 17.</b> Interacciones del factor A y el factor B por densidad.....	68

<b>Figura 18.</b> Medias del factor B.....	69
<b>Figura 19.</b> Interacciones del factor A y el factor C por densidad.....	70
<b>Figura 21.</b> Medias del factor A.....	74
<b>Figura 22.</b> Interacciones del factor A y el factor B por solubilidad.....	75
<b>Figura 23.</b> Medias del factor B.....	76
<b>Figura 24.</b> Interacciones del factor A y el factor B por solubilidad.....	77
<b>Figura 25.</b> Medias del factor C.....	78
<b>Figura 26.</b> Interacciones del factor B y el factor C por solubilidad.....	79
<b>Figura 27.</b> Medias del factor A respecto a humedad.....	82
<b>Figura 28.</b> Interacciones del factor A y factor B respecto a humedad.....	82
<b>Figura 29.</b> Medias del factor B respecto a humedad.....	83
<b>Figura 30.</b> Interacciones del factor A y el factor C respecto a humedad.....	84
<b>Figura 31.</b> Medias del factor C respecto a humedad.....	85
<b>Figura 32.</b> Interacciones del factor B y el factor C respecto a humedad.....	86
<b>Figura 33.</b> Biodegradabilidad de los biopolímeros.....	88
<b>Figura 34.</b> Solubilidad de los mejores tratamientos.....	90
<b>Figura 35.</b> Viscosidad (cP) del biopolímero en estado líquido.....	94

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Nro.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
<b>Anexo 1.</b>	Ubicación de la investigación.....	124
<b>Anexo 2.</b>	Caracterización fisicoquímica del lactosuero.....	125
<b>Anexo 3.</b>	Caracterización fisicoquímica del almidón de papa.....	126
<b>Anexo 4.</b>	Resultado de ensayo de espesor medio .....	127
<b>Anexo 5.</b>	Resultados del ensayo de tracción.....	128
<b>Anexo 6.</b>	Resultados del ensayo de densidad.....	129
<b>Anexo 7.</b>	Resultados del ensayo de solubilidad.....	130
<b>Anexo 8.</b>	Resultado de solubilidad de las cápsulas a los mejores tratamientos...	132
<b>Anexo 9.</b>	Resultados del ensayo de humedad .....	133
<b>Anexo 10.</b>	Resultados de biodegradabilidad.....	134
<b>Anexo 11.</b>	Tabulación completa de las variables de respuesta .....	135
<b>Anexo 12..</b>	Fotografías de la fase experimental.....	140
<b>Anexo 13.</b>	Glosario de términos.....	149

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Nro.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
<b>Ecuación 1.</b>	Modelo matemático para un DCA.....	38
<b>Ecuación 2.</b>	Modelo matemático para un diseño factorial AxB .....	41
<b>Ecuación 3.</b>	Fórmula para calcular la pérdida de peso .....	87
<b>Ecuación 3.</b>	Fórmula para calcular la solubilidad .....	89
<b>Ecuación 4.</b>	Modelo matemático para calcular el tiempo de vida útil.....	96

## RESUMEN

La presente investigación tubo como finalidad aprovechar el lactosuero y almidón de papa (*Solanum tuberosum*) para elaborar un biopolímero destinado a la encapsulación de detergente líquido. Los objetivos específicos fueron; caracterizar fisicoquímicamente la materia prima, obtener la mejor combinación en la elaboración del biopolímero, analizar el producto desarrollado en base a características reológicas, estudiar el tiempo de vida útil y aplicar agroindustrialmente el biopolímero desarrollado. Para ello se consideraron tres factores de estudio, factor A concentración de lactosuero, factor B porcentaje de almidón y el factor C tipo de espesante. El biopolímero fue obtenido siguiendo un proceso convencional que consistió en mezclar las dosis de los componentes necesarios para obtener una mezcla, luego de ello se calentó en una plancha de agitación desde 22°C hasta alcanzar los 65°C iniciando en 400 rpm hasta alcanzar las 800 rpm, todo este proceso se lleva a cabo en un tiempo de 15 minutos aproximadamente, una vez obtenida la mezcla se moldea en láminas de papel aluminio y se someten a un proceso de secado durante 72 horas a temperatura de 22°C (ambiente). Mediante el análisis de varianza se determinaron las variables de respuesta y con ello la mejor combinación en la elaboración del biopolímero, para el espesor medio y tracción se resultó el tratamiento 1 como el mejor, para la variable solubilidad y humedad resulto el tratamiento 19 con excelentes valores y para la variable densidad el tratamiento 25 que presento resultados más altos, en la variable biodegradabilidad se realizó para los mejores tratamientos resultantes del análisis de varianza (T1, T19, T25). La probabilidad fue mayor que el nivel de significancia (0.05), por lo tanto, se aceptó la hipótesis alterna, determinando que la combinación de lactosuero y almidón de papa más la adición de espesantes, bajo condiciones controladas, si permitió obtener un biopolímero con características reológicas adecuadas con un nivel del 95% de confianza.

**Palabras clave:** Biopolímero, lactosuero, encapsulación.



## SUMMARY

The purpose of this project was to take advantage of whey and potato starch (*Solanum tuberosum*) to produce a biopolymer for the encapsulation of liquid detergent. The specific objectives were; physicochemically characterize the raw material, obtain the best combination in the elaboration of the biopolymer, analyze the developed product based on rheological characteristics, study the useful life time and apply the developed biopolymer agroindustrially. For this, three study factors were considered: factor A, whey concentration, factor B, percentage of starch, and factor C, type of thickener. The biopolymer was obtained following a conventional process that consisted of mixing the doses of the necessary components to obtain a mixture, after which it was heated on a stirring plate from 22°C to 65°C, starting at 400 rpm until reaching 800 rpm, all This process is carried out in approximately 15 minutes. Once the mixture is obtained, it is molded in sheets of aluminum foil and subjected to a drying process for 72 hours at a temperature of 22°C (ambient). Through the analysis of variance, the response variables were determined and with it the best combination in the elaboration of the biopolymer, for the average thickness and traction, treatment 1 was applied, for the solubility and humidity variable, treatment 19 was applied and for the variable density treatment 25, in the biodegradability variable, it was performed for the best treatments resulting from the analysis of variance (T1, T19, T25). The probability was greater than the level of significance (0.05), therefore, the alternative hypothesis was accepted, determining that the combination of whey and potato starch plus the addition of thickeners, under controlled conditions, did allow obtaining a biopolymer with characteristics adequate rheology with a 95% confidence level.

**Keywords:** Biopolymer, whey, encapsulation.

# CAPITULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

El lactosuero es un líquido que se obtiene durante el proceso de elaboración del queso, se caracteriza por su color amarillento turbio, de sabor fresco ligeramente dulce, el cual representa aproximadamente el 90% de la leche empleada y contiene más de la mitad de los nutrientes propios de la leche.

El lactosuero contiene elevadas concentraciones de materia orgánica, principalmente compuesto por proteínas, lactosa, grasa, sales minerales, vitaminas hidrosolubles y algunas otras sustancias con capacidades antioxidantes, lo que ayuda a contribuir significativamente al sector industrial por sus variados nutrientes y propiedades funcionales (Posada, 2016).

Pais et al., (2017), mencionan que el queso es uno de los derivados lácteos que más se consumen en nuestro país, después de la leche fluida, estando así entre los productos más deseados se encuentran, el queso criollo, mozzarella, amasado y cuajada en general, y como resultado de la producción de los diferentes tipos de queso, tenemos como resultante el lactosuero. La producción del suero puede ser considerada a partir de la fabricación de quesos en general; sin embargo, esta información puede encontrarse algo limitada debido a que solo se ubica informaciones de los países con mayor producción de queso (Arteaga et al. 2017).

En la papa, el almidón constituye su principal fuente de almacenamiento de energía y su contenido varía según los cultivares y estado del crecimiento de la planta entre 15% y 20% de su peso y con un alto contenido de fósforo (0.8%) en comparación con almidones de otras fuentes (Vera & Chavarría , 2020). De la papa se puede resaltar su aporte de carbohidratos, proteínas y fibra dietaria como componentes mayoritarios; vitaminas del complejo B como tiamina (B1) y (B6), así como vitamina C y algunos minerales como: magnesio, hierro, calcio, potasio y fósforo (Cerón et al. 2018).

Según Isique & Sing (2017), nos dice que el 75% de la materia seca está compuesta por almidón, la fibra alimentaria representada del 1-2% del total de la papa y se encuentra en la piel, el porcentaje de azúcares simples, representa el 0.1-0.7%, de compuestos nitrogenados, el cual contiene del 3 al 15%, un contenido de albumina del 49% y globulinas del 26% y glutelinas con 8.3% y el porcentaje lípidos en la papa es muy bajo.

Por otro lado, los biopolímeros que se obtienen a partir de fibras naturales, almidón, celulosa o componentes orgánicos, poseen la característica de ser biodegradables. Esto, permite su degradación con facilidad en diferentes capas geográficas, gracias a los procesos naturales o a las exposiciones de los agentes degradantes, como pueden ser las bacterias (Molina & Flórez, 2020). Hoy en día debido a la alta demanda de productos sustentables, se ha buscado materias con las que se puedan fabricar productos de grado no alimentario, con el fin de que tengan el menor impacto posible sobre el medio ambiente, es por eso que como respuesta se sugieren los biopolímeros o plásticos biodegradables.

**Objetivo general:**

Elaborar un biopolímero a partir de lactosuero y almidón de papa (*Solanum tuberosum*) para encapsular detergente líquido, en el cantón Guaranda provincia Bolívar.

**Objetivos específicos:**

Caracterizar fisicoquímicamente la materia prima (lactosuero, almidón de papa).

Obtener la mejor combinación en la elaboración del biopolímero.

Analizar el producto desarrollado en base a características reológicas.

Estudiar el tiempo de vida útil del biopolímero.

Aplicar agroindustrialmente el biopolímero desarrollado.

## **1.1. PROBLEMA**

### **1.1.1. Enunciado del problema**

En los últimos años, los problemas de contaminación por plásticos derivados del petróleo han aumentado significativamente, ya que de esta manera se acumulan en grandes cantidades y su degradación es sumamente lenta, con una muy limitada capacidad de autodestrucción, tardando así alrededor de 180 años en degradarse, (López et al., 2020).

Estos polímeros sintéticos derivados del petróleo, originan enormes problemas de contaminación ambiental por no ser degradables, permaneciendo como contaminantes durante largos períodos de tiempo, no obstante, son uno de los productos con mayor demanda hasta la actualidad debido a su versatilidad y costo, (Rodolfo 2015).

Briones & Riera (2020), mencionan que al año se generan unos 275 millones de toneladas en desechos plásticos, de los cuales entre 4,8 y 12,7 toneladas van directamente al océano. En el Ecuador en el año 2019 se generaron 528.000 toneladas de plásticos derivados de petróleo, el cual equivale al 11% del total de los desechos sólidos producidos en el país en ese año (López et al. 2020).

El lactosuero es un líquido, producto del drenado de la elaboración de quesos tras la separación de la cuajada que contiene caseínas y grasas principales, este subproducto restante posee alrededor del 55% de los sólidos de la leche, los cuales corresponden a 96% de lactosa, 25% de proteína sérica, minerales y en menor proporción aproximadamente un 8% de materia grasa, lo que hace que este sea un residuo altamente contaminante, si no se maneja de la manera adecuada (Mazorra & Moreno, 2019, p. 134). De igual manera Freire et al. (2017), menciona que el lactosuero representa un problema serio de contaminación debido a su alta demanda biológica de oxígeno y demanda química de oxígeno., esto se debe al elevado contenido de materia orgánica, sobre todo de la lactosa, que tiene la capacidad para actuar como sustrato de fermentación. Por otro lado, según el Departamento de Investigación y Proyectos (2019) mencionan que “en el Ecuador, la industria quesera genera 1.2 millones de litros

de suero de leche por día”. La mayoría de estos litros de suero son eliminados por medio de vías de desecho como las sequias, ríos y quebradas en el territorio ecuatoriano.

Como sustitutos a los plásticos convencionales han surgido los llamados biodegradables, con propiedades similares al polímero del petróleo, con la diferencia que su tiempo de degradación no tarda más de un año, estos están hechos a partir de resinas vegetales, y contaminan 85% menos que el plástico convencional (Briones & Riera 2020).

Sin embargo, el poco o casi nulo aprovechamiento del suero de leche y almidón de papa, en la producción de biopolímeros resulta ser una gran dificultad, al igual que, la insuficiente información científica de relevancia, acerca de la utilización de estos productos para la obtención de biopolímeros totalmente degradable. Por lo tanto, la limitada comprensión de la población en cuanto a la explotación que se le puede dar al suero de leche y almidón de papa, no permite el correcto aprovechamiento como materia prima principal para los diferentes procesos que existen en la producción agroindustrial hasta la actualidad.

### **1.1.2. Formulación del problema**

Para la realización de esta investigación es necesario despejar interrogantes científicas y metodológicas que contribuirán al cumplimiento del objetivo general; para ello se planteó la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo elaborar un biopolímero a partir de lactosuero y almidón de papa (*Solanum tuberosum*) para encapsular detergente líquido, en el cantón Guaranda provincia Bolívar?

### **1.1.3. Sistematización del problema**

Para la ejecución de la presente investigación es importante despejar interrogantes científicas y metodológicas que contribuirán al cumplimiento del objetivo general; se planteó las siguientes preguntas de investigación:

¿Cómo se caracteriza el lactosuero y el almidón de papa?

¿Cómo obtener la mejor combinación en la elaboración del biopolímero?

¿Por qué se analiza el biopolímero reológicamente?

¿Cómo se estudiará el tiempo de vida útil del biopolímero?

¿Dónde será aplicado este producto?

## **1.2.HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN**

### **Hipótesis nula**

***H<sub>0</sub>*** : La combinación de lactosuero y almidón de papa, más la adición de espesantes, bajo condiciones controladas, no permite obtener un biopolímero con características reológicas adecuadas.

### **Hipótesis alternativa**

***H<sub>i</sub>*** : La combinación de lactosuero y almidón de papa más la adición de espesantes, bajo condiciones controladas, si permite obtener un biopolímero con características reológicas adecuadas

## **CAPITULO II**

### **2. MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Lactosuero**

Mazorra & Moreno (2019), establecen que el lactosuero es un líquido, producto del drenado de la elaboración de quesos tras la separación de la cuajada que contiene caseínas y grasas principales, este subproducto restante posee alrededor del 55% de los sólidos de la leche, los cuales corresponden a 96% de lactosa, 25% de proteína sérica, minerales y en menor proporción aproximadamente un 8% de materia grasa, lo que hace que este sea un residuo altamente contaminante, si no se maneja de la manera adecuada.

La fracción líquida de la leche, que se obtiene tras la precipitación y recuperación de la caseína, este producto abarca de un 85% al 95% del volumen total de la leche empleada en la producción de quesos (Fernández et. al 2016).

Según Rincón et al. (2020), el suero se clasifica según su pH, y se clasifica en suero dulce que se obtiene tras la coagulación de la leche no ácida por acción enzimática producida por el cuajo que se utilice, este tipo de suero tiene un pH de 5.8 - 6.6, el suero ácido se obtiene tras la coagulación de una leche ácida obteniendo como resultado un suero de pH menor a 4.5.

##### **2.1.1. Propiedades del lactosuero**

El lactosuero posee una alta concentración de materia orgánica, principalmente atribuido a proteínas como las lactoalbúminas y lactoglobulinas, lactosa, grasa, sales minerales como el calcio, fósforo, sodio y magnesio, vitaminas hidrosolubles y algunas otras sustancias con una gran capacidad antioxidante como son las enzimas, péptidos, tocoferoles, aminoácidos, citratos, fosfatos, entre otros, que lo atribuye con gran significancia industrial por sus múltiples nutrientes y propiedades funcionales, (Rigey, 2016).



**Tabla 1***Composición del lactosuero*

Componentes	Líquido		Sólido	
	dulce	ácido	dulce	ácido
Proteína	0.80%	0.70%	12.00%	12.00%
Lactosa	4.90%	4.40%	73.30%	68.70%
Minerales	0.50%	0.80%	79.00%	11.50%
Grasa	0.20%	0.04%	1.30%	0.80%
Agua	93.00%	93.50%	4.60%	3.90%
Ácido láctico	0.20%	0.50%	1.70%	4.60%

Nota. Composición del lactosuero en estado líquido y en estado sólido. Fuente: (Posada 2016).

**2.1.2. Caracterización del lactosuero**

Salazar et al. (2016), reportan que existen varios tipos de lactosuero, el cual depende principalmente de la eliminación de la caseína en la elaboración de quesos, el primero es denominado suero dulce el cual se basa en la coagulación por la renina a pH 6.5, mientras que el suero ácido es producto resultante del proceso de fermentación o adición de ácidos orgánicos o minerales para coagular la caseína.

El lactosuero también se caracteriza por el valor de la densidad con un promedio de  $1.021 \pm 0.020$  g/ml, con el porcentaje de la proteína de  $0.86 \pm 0.04\%$ , un valor de grasa del  $0.32 \pm 0.03\%$  -v/v y un porcentaje de cenizas del  $0.6 \pm 0.03\%$  p/p, (Trejo et al. 2015).

En la siguiente tabla se muestra la caracterización fisicoquímica que debe presentar el suero de leche.

**Tabla 2***Caracterización físico-química del lactosuero*

<b>Parámetros</b>	<b>Promedio (%)</b>	<b>Desviación estándar</b>
pH	6.50	0.01
Acidez titulable	15.00	0.00
Sólidos totales (%p/v)	7.25	0.09
Grasas (%p/v)	0.25	0.00
Proteínas (%p/v)	1.00	0.00
Lactosa y minerales (%p/v)	5.75	0.00

*Nota.* Caracterización físicoquímica del suero de leche Fuente: (Molero et al., 2017).

### **2.1.3. Beneficios**

Chacón et al. (2017), establecen que la utilización del lactosuero aporta beneficios a la salud del consumidor, ya que a su adicional alto valor nutritivo presenta propiedades inmunomoduladores, antioxidantes, antimicrobianas, antivirales, anticancerígenas, antiulcerosas y protege al sistema cardiovascular.

### **2.1.4. Usos**

El lactosuero conserva el 55% de los nutrientes de la leche, tradicionalmente ha sido destinado a la alimentación animal y la elaboración de requesón, pero en la actualidad se propone una gran cantidad de alternativa para su aprovechamiento principalmente desde la industria alimentaria, química, cosmética y biomédica, lo cual ofrece oportunidades para su aprovechamiento, (Williams & Dueñas, 2021).

Trejo et al. (2015), establecen que el lactosuero representa entre el 80 – 90% del volumen total de la leche que va a ser procesada y contiene aproximadamente el 50% de los nutrientes de la leche original: proteínas solubles, lactosa, vitaminas y sales minerales. Debido al elevado porcentaje de proteínas hidrosolubles que contiene, particularmente el lactosuero, se encontró que a través de su tratamiento con distintas tecnologías pueden obtenerse concentrados proteicos de amplia aplicación en la industria alimentaria. Entre los principales subproductos se encuentran el suero en

polvo, suero en polvo desmineralizado, suero en polvo deslactosado y suero reducido en, aislados proteicos de suero, proteínas concentradas de suero, lacto albumina y suero permeado.

Una de las grandes industrias que utilizan el lactosuero como materia prima, son los biocombustibles, ya que el lactosuero presenta una gran cantidad elevada de materia orgánica, proteínas y otros compuestos, de esta manera haciéndolo acreedor como materia prima principal, con el fin de darle una valorización energética como biocombustible, el cual ha ido teniendo un elevado interés en los últimos años (Fernández et al. 2016).

Rojas et al. (2015), indicaron que en el campo del lactosuero también se inclina el estudio de los biopolímeros, ya que el significativo contenido de lactosa lo hacen acreedor a ser una de las materias primas de alto interés además de contener ácido poliláctico, que es una alternativa biodegradable innovadora, que también es amigable con el medioambiente, la cual promete la sustitución de los plásticos derivados de los petroquímicos.

### **2.1.5. Producción mundial de lactosuero**

Osorio et al. (2018), reportan que dentro de la industria láctea se ha podido evidenciar que el 90% de la leche que es procesada se elimina lactosuero; del mismo modo se percibe que la producción de este subproducto a nivel mundial por año es de aproximadamente 200 millones de toneladas en base a la producción total de queso y su crecimiento es de 1-2% anual.

Además Guevara & León (2019), señalan que la Organización para la Alimentación y la Agricultura de las Naciones Unidas (FAO), estima que la producción de lactosuero en el mundo es de 211.734 toneladas, además que solo el 70% del lactosuero de leche de quesería es industrializado en países desarrollados, y un 30% es utilizado como alimento para animales domésticos o como fertilizante para el suelo. Los principales países que producen suero de leche son Estados Unidos, Francia, Italia y Alemania,

con un 70% de la producción mundial, de igual manera en Latinoamérica los mayores productores de lactosuero son Argentina y Brasil (Flores, 2021).

#### **2.1.6. Producción en el Ecuador**

La producción de suero líquido que proviene de la industria formal es de 690.581 litros al día. Por otra parte, en las queserías informales se calcula una aproximación de 417.690 litros de lactosuero al día, de tal manera estos valores nos indican que existe una gran cantidad de subproducto, que es considerado sin valor por los productores, (Guevara & León , 2019).

### **2.2. La papa (*Solanum tuberosum*)**

Es uno de los alimentos más consumidos en sus diversas formas, derivados y diferentes presentaciones en todo el mundo, la papa cuyo origen está en los andes peruanos, contiene una fuente importante de almidón, como fuente principal de almacenamiento de energía y su contenido varía según los cultivares y estado del crecimiento de la planta, esta se encuentra en un rango establecido del 66 al 80% en base seca. (Vargas et al. 2016). Según Martín & Jerez (2017), la FAO establece que la papa (*Solanum tuberosum* L.), es el cuarto cultivo alimenticio en la escala de gran importancia mundial, después del trigo, arroz y maíz. Aunado con estos cereales, tiene gran importancia en la dieta alimentaria de la población mundial, este se encuentra dentro los diez alimentos más importantes producidos en los países en pena vía de desarrollo.

#### **2.2.1. Composición química y nutricional de la papa**

Las propiedades nutricionales que contiene la papa podemos resaltar su gran aporte de carbohidratos, proteínas y fibra dietaría como componentes en su mayoría, también está compuesta de vitaminas de complejo B como tiamina (B1), niacina (B3) y B6, así como vitamina C, y los minerales que la componen como el magnesio, hierro, calcio, potasio y el fosforo, (Zaheer & Ajtar, 2016).

Cerón et al. (2018), mencionan que la papa aporta sustancias bioactivas que presentan actividad antioxidante; destacándose como un alimento completo. Los compuestos presentes en los tubérculos de papa con potencial antioxidante son: ácido ascórbico,  $\alpha$ -

tocoferol, carotenoides, diferentes polifenoles y ácidos fenólicos como el ácido clorogénico, principal representante de este grupo. Además, Akyol et al. (2016), menciona que tanto la carne como la cáscara de la papa contienen sustancias antioxidantes, la mayoría de los compuestos fenólicos se encuentran en la cáscara, derivados mayoritariamente del ácido acético y ácido ferúlico.

**Tabla 3**

*Composición nutricional de la papa*

<b>Nutrientes</b>	<b>Porcentaje en parte comestibles</b>
Calorías	84 kcal/g
Agua	76
Proteínas	1.9
Grasas	0.1
Carbohidratos	19.3
Azúcares invertidos	0.11
Fibra	1
Ceniza	1
Minerales	Mg/100 gr de parte comestible
Calcio	4
Fosforo	26
Hierro	1.1
Ácido ascórbico	20
Potasio	421
Sodio	6
Tiamina (vit. B1)	0.08
Riboflavina (vit. B2)	0.03

*Nota:* Componentes nutricionales de la papa. Fuente: (Isique & Sing 2017).

### 2.2.2. Taxonomía

El género *Solanum L.* es uno de los cinco géneros más grandes de las plantas con flor por ser altamente polimórfico y muy complejo. Se considera como el más importante de la familia Solanácea e incluye a uno de los cultivos más importantes del mundo, la papa (*Solanum tuberosum*) y sus parientes más inmediatos y más distantes (Gutierrez, 2016).

**Tabla 4**

*Clasificación taxonómica de Solanum Tuberosum L.*

<b>Reino</b>	<b>Plantae</b>
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Asteridae
Familia	Solanaceae
Género	Solanum
Subgénero	Potatoe
Sección	Petota
Serie	Tuberosa

*Nota.* Clasificación taxonómica de la papa Fuente: (Márquez et al. 2020).

### 2.2.3. Variedad chola

Esta es una de las variedades de papa, la cual posee un tamaño mediano, de forma oval-elíptica, que se encuentra levemente aplanada en su cara superior e inferior, que consta de una piel rosada áspera, la misma que se encuentra predominada en el tubérculo, el cual presenta en sus áreas alrededor de los ojos un color amarillento o claro, ojos grandes y superficiales, con denominación apical, y un contenido de pulpa amarilla pálida sin pigmentación (Jácome, 2015).

**Tabla 5**

*Características de la papa variedad “Chola”*

<b>Características</b>	<b>Observaciones</b>
Origen genético	Sin cruzamiento genético
Subespecie	Andigena
Altitud de cultivo	2800-3600 m
Periodo de reposo	80 días

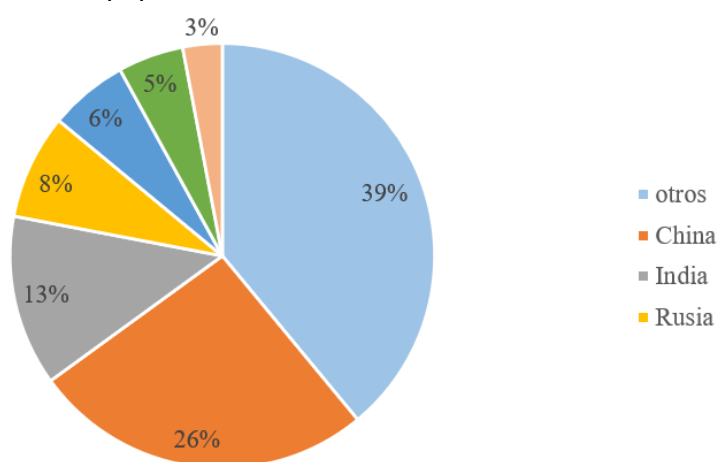
*Nota:* Características de la papa en la variedad chola. Fuente: (Jácome 2015).

**2.2.4. Producción mundial de la papa**

Basantes et al. (2020), mencionan que, a nivel mundial, la producción de papa (*Solanum tuberosum*) bombardea los 388 millones de toneladas: el volumen más alto se registró en el año 2016 con 422 millones de toneladas. Los principales países productores de papa son 157 de los cuales, los encabeza China en la producción, seguido de India, Rusia, Ucrania, Estados Unidos, Alemania entre otros.

**Figura 1**

*Principales productores de papa a nivel mundial*



*Nota.* Países con mayor producción de papa en el año 2018. Fuente: (Basantes et al. 2020).

### **2.2.5. Producción de papa en Ecuador.**

Según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC, 2020), en Ecuador, la producción nacional de papa en el año 2020 fue de 40.8313 toneladas, con una superficie cosechada de 24.882 ha y un rendimiento promedio de 14 t ha<sup>-1</sup>. La papa se siembra en la región sierra, siendo las provincias de Carchi, Chimborazo y Tungurahua las provincias con mayor superficie cosechada la cual representa el 56.7% del total de la superficie y en producción la provincia de Carchi es la de mayor participación con un 46% de la producción (Cuesta & Rivadeneira , 2021).

### **2.2.6. Producción de papa en Bolívar**

La Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC , 2020), establecen que la producción de papa en la provincia de Bolívar en el año 2020, presenta una superficie de 1.776 hectáreas sembradas, de las cuales se cosechan 1.659 hectáreas, y tiene un margen de producción de 7.479 toneladas ubicándolo en la quinta posición de productores de papa dentro del Ecuador.

## **2.3. Almidón**

También llamado fécula o almidón muestra grandes partículas a nivel molecular, es un polvo blanco suave, inodoro y de sabor desagradable, el cual, puede ser usado para aportar propiedades físicas en la aplicabilidad de los alimentos debido a los múltiples beneficios que ofrece, tales como: alta temperatura de gelatinización, baja tendencia de retro-degradación, alta capacidad de retención de agua, sabor suave y buena estabilidad (Zárate et al. 2014). Se encuentra en tubérculos como la papa, la batata y la mandioca, y en todos los cereales, en donde representa entre 60 y 70% de su composición química (Bergesse et al. 2015).

Villaroel et al. (2018), nos dice que; el almidón es la mayor fuente de hidratos de carbono en la dieta del ser humano y el polisacárido de almacenamiento más abundante en las plantas. Se presenta naturalmente en forma de gránulos en los cloroplastos de hojas verdes y amiloplastos de semillas, legumbres y tubérculos.



Según Solarte et al. (2019), afirma que el almidón que se obtiene de los diferentes alimentos, tienen varias aplicaciones dentro de la industria alimentaria, pues se los utiliza para dar textura y una consistencia firme a los alimentos, de igual manera en el ámbito no alimentario se utiliza el almidón dentro de la industria textil, en pinturas, barnices, como sustrato de fermentación, entre otros (Meaño et al. 2015).

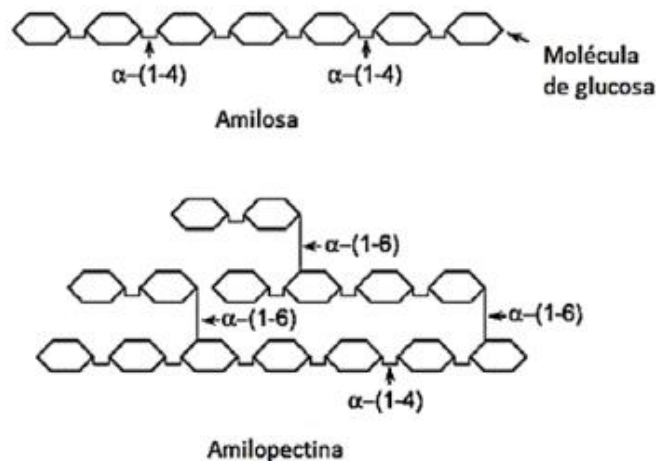
Según Barreto & Velezmoro (2018), mencionan que estas propiedades van a variar según el alimento del cual será extraído, al igual que de la proporción de los dos polímero, ya que la amilosa con su estructura lineal permite la estructura gelificada y la amilopectina con estructura ramificada, produce una mayor viscosidad.

### 2.3.1. Estructura del almidón

Bergesse et al. (2015), señalan que la estructura del almidón se constituye de dos polisacáridos cuyas unidades están constituidas por moléculas de glucosa, es decir presenta dos tipos de cadenas poliméricas, una es lineal llamada amilosa que se asemeja a la estructura de un resorte mientras la otra presenta ramificaciones haciendo semejanza a las ramas de un árbol, y a esta se la conoce como amilopectina.

**Figura 2**

*Representación de las estructuras de amilosa y amilopectina*



*Nota.* Polisacáridos presentes en los gránulos de almidón. Fuente: (Ramírez et al. 2017).

### **2.3.1.1. Amilosa**

Martínez et al. (2015), indican que la amilosa es un polímero lineal producto de la condensación de D-glucopiranosas por medio de enlaces glucosídicos  $\alpha$ -(1-4), en la cual algunos enlaces  $\alpha$  (1-6) pueden estar presentes con cadenas largas de aproximadamente 200-2500 unidades y pesos moleculares hasta de un millón de unidades de glucosa y estas moléculas son insolubles en agua.

### **2.3.1.2. Amilopectina**

Es la molécula del almidón que está constituida por cadenas de glucosa unidas por enlaces  $\alpha$ -D-(1,6) glucosídicos, posee una estructura ramificada que recuerda a un árbol y sus ramas (Bergesse et al. 2015).

## **2.3.2. Almidón de papa**

En la papa, el almidón constituye su principal fuente de almacenamiento de energía y su contenido varía según los cultivares y estado del crecimiento de la planta entre 15% y 20% de su peso y con un alto contenido de fósforo (0.08%) en comparación con almidones de otras fuentes (Bravo & Chavarría, 2020). De igual manera Neeraj et al. (2020), menciona que el almidón de papa es un polvo blanco con un alto contenido en fósforo esterificado con algunas de las unidades de glucosa de la amilopectina que es una propiedad específica del almidón de papa.

### **2.3.2.1. Propiedades del almidón de papa**

Cardona (2019), menciona que al almidón se le pueden valorar diversas propiedades en su composición y dependiendo de ellas se las puede destinar su aplicabilidad en diferentes procesos, también indica que el pH es una propiedad muy importante para los procesos de caracterizado del almidón ya que esta propiedad le da una predisposición de ceder o aceptar hidrogeniones, los pH generalmente desviados de la media (pH 7-7,5), son los más usados para procesos de modificación

La aplicabilidad del almidón en las diferentes industrias depende de las propiedades de gelatinización, retrogradación, solubilidad, hinchamiento, absorción de agua y la sinéresis.

#### **2.4. Gelatinización**

Pérez et al. (2018), define que la gelatinización es el proceso irreversible de transformación de fase y rompimiento de enlaces de hidrógeno en el interior del gránulo, constituyendo una red polimérica deformable donde la plastificación ocurre en un medio continuo o solvente, presentando la hinchazón granular debido al incremento de la temperatura y la aplicación de esfuerzos cortantes.

Martínez et al. (2015), describe que en la gelatinización del almidón las transiciones que suceden durante el calentamiento de las suspensiones están asociada a la energía necesaria para que los gránulos pierdan completamente su organización cristalina; este fenómeno puede ocurrir entre 72 a 75 °C, y la resistencia a la gelatinización ocurre en las zonas amorfas de la amilopectina donde los enlaces de hidrogeno son débiles debido a que amilosa es propensa a lixiviar a los exteriores del grano de almidón.

#### **2.5. Retrogradación**

Es el proceso siguiente a la gelatinización del almidón, de igual manera (Jian et al. 2020), mencionan que este proceso de gelatinización está relacionado con la fuente de almidón, la relación amilosa-amilopectina, la longitud de la cadena de amilopectina, la temperatura de gelatinización, el pH de la solución y la temperatura de almacenamiento. El objetivo de la retrogradación es la reagrupación de moléculas desordenadas de almidón para formar una estructura ordenada y microcristalina. La retrogradación del almidón se puede dividir en dos etapas: a corto y a largo plazo. La primera es principalmente la cristalización de la amilosa, que generalmente ocurre después de la gelatinización, congelación o enfriamiento del almidón. Mientras que la retrogradación a largo plazo está relacionada con la recristalización de amilopectina, la cual implica un mayor tiempo.

## **2.6. Solubilidad**

La propiedad de solubilidad en los almidones se da según el porcentaje de amilosa y amilopectina que contienen, según eso poseen cierta capacidad de disolverse en agua cuando están por encima de la temperatura de gelatinización (Cardona, 2019).

## **2.7. Hinchamiento**

Meaño et al. (2014), menciona que el poder de hinchamiento es una medida del aumento en masa del almidón, no solubilizado, como consecuencia de la absorción de agua por los grupos hidroxilo de los polímeros de amilosa y amilopectina.

## **2.8. Absorción de agua**

Es la capacidad del gránulo de almidón de absorber y retener agua y está ligado directamente con la temperatura de gelatinización ya que entre más aumenta la temperatura su capacidad de retención de agua es mayor (Holguin, 2019).

## **2.9. Sinéresis**

Según Santamaría et al. (2019), identifican que tras la congelación y posterior descongelación de los geles se produce la liberación de agua desde la red polimérica formada, lo cual se conoce como sinéresis, que se ha relacionado con la capacidad del almidón para retener agua y su tendencia a retrogradarse, específicamente la amilopectina.

## **2.10. Obtención del almidón de papa**

Para la extracción de almidón de la papa, existen tres procedimientos principales: medio de extracción alcalino, medio de extracción de agua y medio de extracción enzimática de los cuales están a continuación:

### **2.10.1. Medio de extracción alcalina**

Para realizar la extracción de almidón del medio alcalino del tubérculo consiste en utilizar una solución de amoníaco (0.03M) por el método de sedimentación normal, según lo menciona, (Altemimi, 2018).

### **2.10.2. Medio de extracción de agua**

La extracción de agua es el medio de extracción más popular para extraer almidón de los tubérculos. En este procedimiento de aislamiento, la papa se lava, se pela y se corta en cubitos para aumentar el área de superficie expuesta a los siguientes propósitos de mezcla y mezcla. La papa cortada en cubito se mezcla y se revuelve directamente en una solución de agua y hielo picado en una proporción de 1 > 10 (p / p) para extraer los gránulos de almidón de la papa. Los tubérculos son ricos en azúcar y proteínas y, cuando se exponen al aire, forman componentes coloreados. Por lo general, se agrega un componente de azufre a la mezcla para evitar cualquier oxidación (Altemimi, 2018), citado por (Rodríguez & Avila, 2020).

### **2.10.3. Medio de extracción enzimática**

La extracción enzimática también es otro proceso que se puede utilizar para la extracción de almidón de materias primas como la papa y la yuca. La extracción de almidón de las diferentes fuentes en las que él se encuentra, mediante agua y extracción con ácido puede causar la pérdida del mismo hasta en un 20%. La extracción enzimática de almidón incluye el tratamiento de la materia prima molida rica en almidón con enzimas pectinolíticas y celulasa. El proceso implica la incubación del material de almidón cultivado a una temperatura de 45°C, (Rodríguez & Avila, 2020).

### **2.11. Biopolímeros**

Son biomoléculas poliméricas que contienen unidades monoméricas que se unen covalentemente para formar moléculas más grandes. El prefijo "bio" significa que son materiales biodegradables producidos por organismos vivos. Con el término "biopolímero" se puede describir una amplia variedad de materiales que suelen proceder de fuentes biológicas, como microorganismos, plantas o árboles, (Mohan et al., 2016).

Molina & Castillo (2020), mencionan que los biopolímeros son utilizados en diversos campos, dentro de los cuales puede resaltar la biomedicina, la industria alimenticia, el embalaje y purificación de agua, entre otros. Han sido utilizados aplicados como

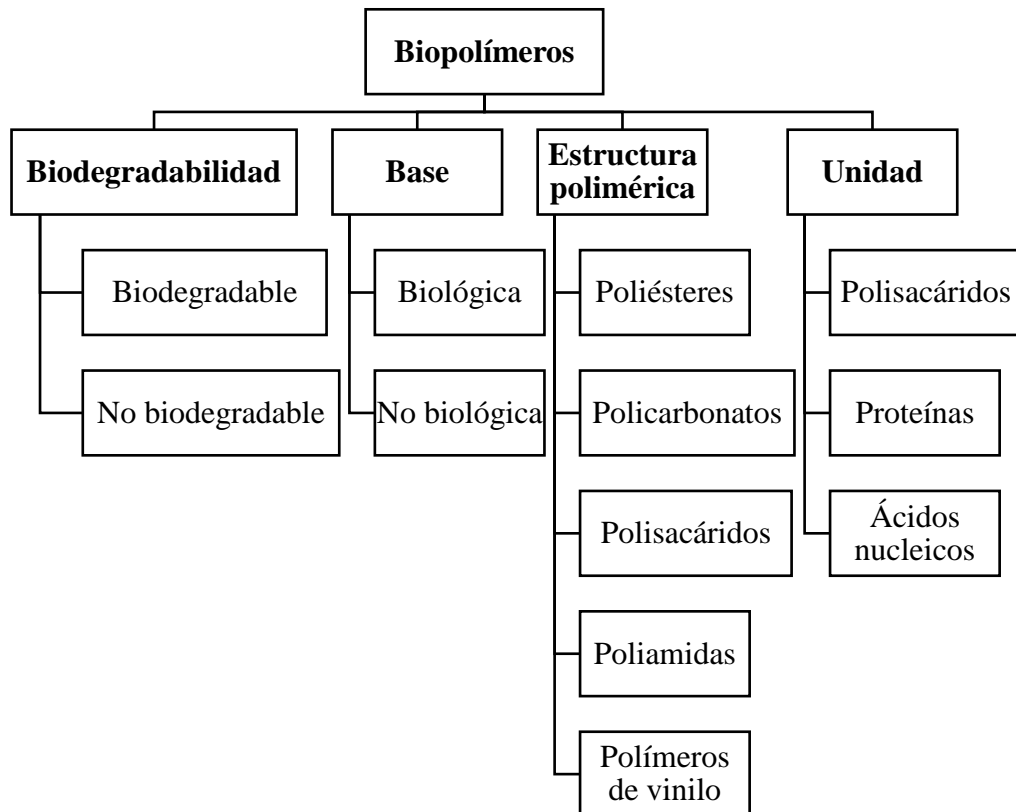
sistemas de encapsulación de sustancias o microorganismos, como lo son enzimas, antioxidantes, agentes antimicrobianos, sabores y otros materiales bioactivos. De esta manera, se mejoran factores como la biodisponibilidad, el sabor, la textura y la consistencia de los alimentos, la actividad antimicrobiana de los medicamentos encapsulados, entre otros.

### 2.11.1. Clasificación

Los biopolímeros se clasifican en biodegradables y no biodegradables, y de manera alternativa, en biopolímeros de base biológica y de base no biológica. En función de la base de su estructura principal polimérica, los biopolímeros pueden clasificarse de manera general en los siguientes grupos: policarbonatos, poliésteres, polisacáridos, poliamidas y polímeros de vinilo, (Molina & Castillo, 2020).

**Figura 3**

*Clasificación de los biopolímeros*



Nota. Clasificación de los biopolímeros. Fuente: (Molina & Castillo, 2020)

Salehi (2019), menciona que: los biopolímeros vegetales en particular las gomas pueden ser obtenidas del endospermo de algunas semillas (gomas guar, tamarindo y algarrobo), de exudados de plantas como goma arábica, karaya y tragacanto, entre otra.

### **2.11.2. Usos**

Los polímeros biodegradables por su naturaleza biocompatible y fácil descomposición, pueden utilizarse para mejorar las prestaciones de otras moléculas biológicamente activas en un producto. (Mena et al. 2019), así como también pueden variar para adaptarse a diversas aplicaciones potenciales, entre las que se encuentran las siguientes:

#### **2.11.2.1. Aplicaciones de los biopolímeros**

Espinoza (2015), describe que en el área de los alimentos lo biopolímeros se aplican en la fabricación de empaques biodegradables (mono y multicapa), empaques activos, Películas Comestibles (PC) y Recubrimientos Comestibles (RC) sobre frutas, carnes, pescados y otros alimentos, como también en el procesado de alimentos para la obtención de estabilizantes y gelificantes. Entre estas aplicaciones se destaca la tecnología de películas comestibles y recubrimientos comestibles ya que cumple con las exigencias de los consumidores actuales: productos saludables, mínimamente procesados, sin agregado de agentes químicos, y de producción sustentable. Siendo por lo tanto una de las alternativas con más futuro en el campo del envasado y conservación de alimentos. Según el tipo de biopolímeros (proteínas, polisacáridos, lípidos) que componga la PC o el RC, sus características y funciones serán diferentes, ya que están ligadas a la composición química y estructural del mencionado biopolímero. Dichas funciones están asociadas a la preservación de la calidad de los alimentos sobre los cuales se aplica y consisten principalmente en servir como barrera en la transferencia de distintas sustancias, desde el alimento hacia el ambiente y viceversa.

#### **2.11.3. Proceso de obtención**

Los polímeros producidos por los microorganismos ofrecen varias ventajas sobre los producidos por plantas, se producen de manera industrial dentro de esquemas de biorrefinerías debido a la sustentabilidad de su producción. Sin embargo, para hacer

procesos de producción rentables, se debe evaluar las condiciones de producción, control y optimización. En este sentido se ha trabajado en la modificación genética de cepas productoras de biopolímeros, bien sea por modificaciones en la ruta metabólica, eliminación de subproductos o coproductos, modificaciones en la morfología, etc. Otra alternativa es el uso de sustratos más económicos, como subproductos de otros procesos, principalmente a lo que se refiere de la fuente de carbono y nitrógeno, (Rodríguez et al. 2020).

### **2.12. Glicerina**

Es un alcohol con tres grupos hidroxilo; estos grupos hidroxilos le permiten ser soluble en agua. Tiene un aspecto líquido incoloro y viscoso. No es tóxico, lo que permite ser un buen plastificante, su fórmula es  $C_3H_8O_3$ . La glicerina vegetal es aquella que proviene de los lípidos vegetales o como comúnmente se le llama de los aceites vegetales. Los aceites de coco y palma destacan por su alto valor de glicerina (70-80%) (Blanco et al. 2017).

Usme (2020), menciona que este compuesto es uno de los más simples de los trioles, el cual se encuentra en la naturaleza, formando parte de aceites y grasas. Este líquido incoloro, de elevada viscosidad, presenta más de 1500 usos finales, entre los que se puede encontrar notablemente como: humectante, plastificante, espesante, disolvente, lubricante, entre otros.

También este componente retarda la degradación de los termoplásticos, es una sustancia que actúa como plastificante y tiene una densidad de  $1,26 \text{ g/cm}^3$  es decir que es mayor a la del agua, dotará a los biofilms de propiedades mecánicas sobre todo de flexibilidad (Espinoza & Oscco, 2021).

### **2.13. Pectina**

Es un polisacárido con compuestos tecno-funcionales, se encuentra en la pared celular de todas las plantas cuya estructura contiene una mezcla de polímeros ácidos y neutros muy ramificados (Sommano et al. 2018).



La pectina tiene una amplia variedad de usos dentro de la industria de los alimentos por sus propiedades espesantes, gelificantes, emulsificantes y estabilizantes, y dentro de la industria farmacéutica son empleadas por ser anti metástasis, inmunoestimulantes y antiulcerosos (Muriillo, 2017).

#### **2.14. Carragenina**

La carragenina o carragenato es un hidrocoloide el cual presenta propiedades gelificantes muy marcadas, la cual se puede obtener de diferentes especies de algas marinas esencialmente de las algas rojas, es un tipo de carbohidrato que tiene la función de gelificas y espesar ciertos alimentos (Juarez & Sanchez, 2022).

Li et al. (2014), mencionan que la carragenina es un polisacárido lineal sulfatado conformado por unidades de D-galactosa y 3,6-anhidro-D-galactosa que se obtiene a nivel comercial a partir de la extracción de ciertas algas rojas de la clase *Rhodophyceae*, este polímero es clasificado dependiendo del grado de sustitución de importancia comercial son 3 tipos: kappa ( $\kappa$ ), iota ( $i$ ) y lambda ( $\lambda$ ), conteniendo en su estructura uno, dos y tres grupos sulfatados, correspondiente al cálculo en porcentaje aproximado de 20, 33 y 41%, respectivamente.

#### **2.15. Ácido acético**

Rosales (2016); Guamán (2019), menciona, que el ácido acético, es un líquido incoloro de olor distintivo que presenta solubilidad en agua. Se denomina también como ácido etanoico, se caracteriza por ser un ácido orgánico que se presencia principalmente en el vinagre el cual le brinda ese sabor avinagrado. Su fórmula molecular es (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O<sub>2</sub>). Se trata de un aditivo sugerido que actúa como modificador químico, debido a que reduce la naturaleza hidrofílica del almidón, otorgándole particularidades hidrofóbicas a dicho material con cual se trabaje.

#### **2.16. Transferencia de calor**

La termodinámica es una ciencia física que se encarga de estudiar los diferentes procesos de transferencia de calor y la relación que tiene estos con la aplicabilidad en

las diferentes magnitudes, criterios y procesos. En este sentido la termotecnia es una derivación de la termodinámica, la misma que se encarga de analizar mediante criterios de ingeniería los conceptos relacionados principalmente con: energía interna, calor y temperatura, principios fundamentales de la transferencia de calor, métodos de transmisión de calor, eficiencia térmica, entre otros. Estos criterios no determinan en esencia la velocidad con la que se transmite el calor, sino más bien determinan la eficiencia de la transmisión (Pita, 2016).

### 2.16.1. Temperatura

Es denominada como una magnitud de tipo escalar y está vinculada principalmente con los diferentes procesos de cambio y transmisión de la energía interna de uno o varios sistemas de intercambio calórico. En este sentido la temperatura de un cuerpo está determinada por el aumento del movimiento cinético de las partículas internas que conforman el sistema, por lo tanto, a medida que aumenta la energía interna de un cuerpo, se observa un incremento en la temperatura externa, es decir existe una elevación del calor con una sensación de ser más cálido (Zandanel, 2016).

**Tabla 6**

*Dimensiones y unidades de transferencia de calor*

<b>Dimensiones</b>	<b>Unidades</b>
Masa	kg
Longitud	m
Tiempo	s
Temperatura	°C - K - °F
Fuerza	N
Energía	J
Calor	Cal
Flujo de calor	W/m <sup>2</sup>
Calor específico	kJ/kg. K

*Nota.* Unidades y dimensiones de la transferencia de calor. Fuente: (Feynman 2018).

## **2.16.2. Mecanismos de transferencia de calor**

Los mecanismos de transferencia de calor pueden darse por tres formas distintas, las cuales son: conducción, convección y radiación.

### **2.16.2.1. Conducción**

Este mecanismo de transferencia de calor se presenta principalmente en cuerpos de naturaleza sólida o líquida. La energía a manera de calor se transmite de la zona de mayor temperatura hacia la zona de menor temperatura, produciéndose un intercambio molecular de energía cinética. La determinación de este tipo de transferencia de calor está dada por los principios matemáticos establecidos en la ley de Fourier (Medina, 2019).

### **2.16.2.2. Convección**

Este mecanismo de transferencia de calor está dado principalmente en cuerpos líquidos contenidos dentro de un recipiente. El incremento de temperatura se origina en la sección que se encuentra en contacto con la fuente de calor, luego ésta debido a la disminución de la densidad sube la parte alta y el líquido contenido en esta sección baja hasta elevarse su temperatura, existiendo ahí un intercambio de calor cada una de las zonas (Medina, 2019).

### **2.16.2.3. Radiación**

Se determina que todo cuerpo que se encuentra a una temperatura superior al cielo soluto emite cierto grado de radiación electromagnética. Esta radiación es transmitida en todas y en diferentes direcciones y puede ser recibida por los cuerpos que se encuentran a su alrededor, con lo cual se produciría un intercambio de energía radiante entre los diferentes materiales que entran en contacto directo. La transmisión de calor por radiación está dada principalmente por la emisión de ondas térmicas, lo cual debido a la longitud de las mismas se puede producir un intercambio o variación de temperatura (Barbosa, Gutiérrez, & Jiménez, 2016).

## CAPITULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Localización de la investigación

La presente investigación se realizó en el laboratorio de Investigación, localizado en el sector Laguacoto II de la Universidad Estatal de Bolívar, A continuación, se detalla la ubicación del presente estudio.

**Tabla 7**

*Ubicación de la investigación*

<b>Ubicación</b>	<b>Localidad</b>
Provincia	Bolívar
Cantón	Guaranda
Parroquia	Veintimilla
Dirección	Laguacoto II km ½ vía Guaranda- San
Establecimiento	simón
Unidad de producción	Universidad Estatal de Bolívar- Laboratorio de Investigación

*Nota.* Ubicación de la investigación. Fuente: Estación Meteorológica, Universidad Estatal de Bolívar, Laguacoto II, (2020).

#### 3.2.Situación geográfica y climática

En la tabla ocho se muestra la situación geográfica y climática del lugar donde se llevará a cabo la presente investigación;

**Tabla 8**

*Situación geográfica y climática*

<b>Parámetro climático</b>	<b>Valor</b>
Altitud	2800 m.s.n.m.
Latitud	01°34'15" sur
Longitud	79°0'02" oeste
Temperatura mínima	8°C
Temperatura media anual	13°C
Temperatura máxima	26,44°C
Humedad	30%

*Nota.* Situación geográfica y climática de la ubicación de la investigación. Fuente: la Estación Meteorológica de la Universidad Estatal de Bolívar. Laguacoto II, 2021

### **3.3.Zona de vida (zonificación ecológica)**

La ubicación del lugar a desarrollar la investigación correspondiente al Departamento de Investigación, corresponde a la zona de vida: Bosque húmedo Montano bajo (BHMB), según el botánico climatólogo Leslie Holdrige (Yazuma & Pilco, 2018).

### **3.4.Materiales**

#### **3.4.1. Material Experimental**

- Lactosuero dulce generado de queso fresco
- Almidón de papa variedad chola (*Solanum tuberosum L.*)
- Glicerina analítica (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>O<sub>3</sub>)
- Carragenina (300.000 Dalton)
- Pectina (C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>7</sub>)

#### **3.4.2. Materiales de campo**

- Recipientes plásticos

- Colador
- Cucharas
- Papel aluminio
- Libretas de apuntes
- Cámara fotográfica
- Calculadora
- Computadora
- Cuadernos
- Flash memory






#### **3.4.3. Materiales de laboratorio**



- Placas de vidrio
- Cajas Petri
- Vasos de precipitación
- Varillas de vidrio
- Probetas
- Erlenmeyer
- Embudo
- Crisoles
- Pinzas
- Bisturí

#### **3.4.4. Reactivos**

- Agua destilada tipo I ( $\text{H}_2\text{O}$ )
- Ácido acético ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ )

### 3.4.5. Equipos

Equipo	Modelo	Función	Imagen
Plancha de calentamiento y agitación	GLASSCO, 150 MM 50-1500 RPM	-Calentar  -Agitar	
Estufa universal	MEMMERT, 120 kg 20-300°C	-Secar  -Deshidratar	
Desecador	DURAN	-Mantener humedad	
Balanza analítica	CITIZEN, 220G * 0.1MG, 115V	-Pesar muestra	
Potenciómetro	HACH HQ, 40D	-Lecturas de PH  -Lecturas de conductividad  -Temperatura	

Dinamómetro	EISCO LAB, 1 N	Medir la tracción	
Tamizador	HUMBOLDT, 120V 60Hz	Tamizar muestras de harinas o almidones	

### 3.5. Métodos

#### 3.5.1. Caracterización de la materia prima (lactosuero y almidón de papa)

##### a. Lactosa

La determinación de la lactosa se fundamentó según la normativa de la AOAC (Asociación de Químicos Analíticos Oficiales) 980.13, 982,14, 977.20, el cual consiste en la calibración del equipo posteriormente se prepara la muestra, luego se introduce 5 ml de la muestra en un tubo de pretratamiento y se agita hasta que la muestra sea homogénea. La muestra en rangos de 0-2 g/l y 0-6 g/l, se mezcla con 1 ml de muestra con 9 ml de solución de medida y se agita hasta que la muestra sea homogénea. Una vez realizado el pretratamiento y dilución, se procede a inyectar la muestra en la cubeta de medida y se introduce el escáner de medición para obtener resultados. El ensayo se realiza por duplicado.

##### b. Potencial de hidrogeno

Para determinar el potencial de hidrógeno (pH), del lactosuero se siguió la metodología de la Norma Técnica Ecuatoriana INEN ISO 1052, la cual consistió en la preparación de la muestra y las soluciones de tampón de calibrado, y se van eligiendo las soluciones



tampón de modo que la medida esperada para la muestra se encuentre entre los valores de pH de las soluciones de tampón, de esta manera se emplea un electrodo de pH sin sensor interno de temperatura, y se prepara el electrodo de vidrio o referencia combinado con el pH, posteriormente se calibra y se ajusta el equipo el cual introduce una sonda de temperatura en la solución de pH 7 para justar el punto cero, seguido se procede a realizar la medida de la muestra, se introduce la el medidor del equipo en la misma botella de la muestra y si se aclara el electrodo de pH y se puede observar el contenido de pH de la lactosa. Finalmente, los resultados obtenidos se expresan en pH con una cifra decimal.

### **c. Proteína**

En base a la Norma Técnica Ecuatoriana INEN-ISO 20483, se determinó el contenido de proteína mediante el método Kjeldahl, para ello, se deben de acondicionar las muestras en recipientes herméticos, limpios y secos, completamente lleno para evitar que se formen espacios de aire. Posteriormente la cantidad de la muestra no debe de exponerse al aire, este será homogenizado en el recipiente que contiene la muestra, se mide y se pasa al matraz Kjeldahl, este se agita cuidadosamente en una hornilla del aparato Kjeldahl y se agita suavemente hasta formar una espuma y luego se aumenta el calentamiento, se agrega aproximadamente 200 cm<sup>3</sup> de agua destilada se deja enfriar la mezcla hasta una temperatura inferior a los 25 °C y se añade parafina, posteriormente se inclina el matraz con el contenido y se verte cuidadosamente por sus paredes, hasta formar capas de 50 cm<sup>3</sup> de la solución concentrada de hidróxido de sodio. Posteriormente se agita el matraz Kjeldahl hasta mezclar completamente su contenido y se calienta, este se destila hasta que todo el amoníaco haya pasado a la solución ácida contenida en el matraz, lo que se logra después es destilar al menos 150 ml, antes de retirar el matraz se lava con agua destilada el extremo del condensador y titular el exceso de ácido contenido en el matraz con la solución 0,1 N de hidróxido de sodio (NaOH), luego se procede a tomar los valores de proteína.

#### **d. Humedad**

El análisis de humedad, fue realizado en el laboratorio de Nutrición y Calidad, del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). El documento consta de los resultados del análisis mencionado y que certifica la realización del mismo, que se encuentra adjuntado a los anexos. El método utilizado por el INIAP se fundamentó en MO-LSAIA-01.01 con el método de referencia U. Florida 1970.

#### **e. Amilosa y amilopectina**

Para la determinación del porcentaje de amilosa, se siguió la metodología de Morrison & Laignelt (1983), el cual consistió en pesar 80 mg de almidón de papa en un tubo, al mismo que se añadió 10 ml de solución urea-dimetilsulfóxido DMSO, y se mantuvo a una agitación constante, como siguiente paso, se secó a 100 °C por 1 hora. Se deja enfriar la muestra y se toma 0.5 ml de la solución y se toma un peso de la misma, adicionando 5 ml de etanol al 99.5%, posteriormente se centrifuga a 2000 rpm por 30 minutos y se descartara el sobrenadante. Al residuo obtenido se le adiciona 1 ml de la solución de urea-DMSO. Los tubos empleados son colocados en una estufa a 100°C entre 15 a 30 minutos, con 25 ml de agua destilada, y 1 ml de I2/IK por 15 minutos; finalmente se realiza la lectura de la absorbancia a 635 nm en un espectrofotómetro UV-1700 Shimadzu, para el cálculo del contenido de amilosa total.

Siguiendo el mismo método, la amilopectina se calcula por diferencia al 100%. Los resultados obtenidos, se comparan con la medición de almidón de calibrado, en cuanto a la concentración y la absorbancia

#### **f. Granulometría**

En base a la metodología de (Dussán, Hurtado & Tamayo 2019), se procede a pesar 203 g de almidón en la balanza, posteriormente se lo vacía en un juego de tamices Humboldt con medidas de maya de 106  $\mu\text{m}$ , 100  $\mu\text{m}$ , 90  $\mu\text{m}$ , 75  $\mu\text{m}$  y 63  $\mu\text{m}$  de apertura, de esta manera los tamices fueron colocados en el tamizador mecánico, y

posteriormente se mantuvo bajo agitación de 5 minutos la primera vez y un segundo tamizado por 3 minutos, finalmente se pesó las fracciones retenidas en cada tamiz.

### **3.5.2. Análisis de características reológicas del biopolímero**

#### **a. Viscosidad**

Para determinar la viscosidad, seguimos el método de (Juan de Dios Alvarado, 2014), con unas modificaciones, ya que el biopolímero pertenece al grupo de productos no alimentarios, para ello, utilizamos 600 ml de la mezcla del biopolímero a una temperatura inicial de 83.3°F, con una 0.5 rpm hasta llegar a una temperatura de 81.32 °F, con 4 rpm, cada revolución nos arroja un valor de viscosidad de la mezcla en cP, de esta manera se realiza una regresión lineal y se determina el tipo de fluido que arroja el valor final de la regresión.

#### **b. Vida útil del producto**

El tiempo de vida útil en este caso se relaciona con biodegradabilidad del biopolímero, para determinar su vida útil se utilizó la metodología propuesta por (Demera & Meza, 2021), la cual se calculó con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ pérdida de peso} = \frac{\text{peso inicial seco} - \text{peso final seco}}{\text{peso inicial seco}} \times 100$$

Donde:

*peso inicial seco*: peso de la muestra (g)

*peso final seco*: peso de la muestra (g)

### 3.6. Análisis estadístico

A continuación, se presenta el análisis estadístico que se consideró para la realización de la presente investigación;

#### 3.6.1. Factores de estudio

Los factores considerados para el estudio, fueron la concentración de lactosuero, el porcentaje de adición del almidón y el tipo de espesante. En la tabla número 9 se dan a conocer los factores de estudio con sus respectivos niveles.

**Tabla 9**

*Factores de estudio*

<b>Factores</b>	<b>Código</b>	<b>Niveles</b>
Lactosuero	A	a1: suero 100% a2: suero 80% + 20 % H <sub>2</sub> O a3: suero 50% + 50% H <sub>2</sub> O
% de almidón	B	b1: 30% b2: 50% b3: 70%
Tipo de espesantes	C	c1: Glicerina c2: Carragenina c3: Pectina

### 3.6.2. Tratamientos

**Tabla 10**

*Tratamientos y descripción de niveles*

Tratamiento	Código	Niveles		
		A	B	C
T1	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub>	suero dulce100%	30%	Glicerina
T2	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub>	suero dulce100%	30%	Carragenina
T3	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>3</sub>	suero dulce100%	30%	Pectina
T4	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub>	suero dulce100%	50%	Glicerina
T5	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub>	suero dulce100%	50%	Carragenina
T6	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>3</sub>	suero dulce100%	50%	Pectina
T7	a <sub>1</sub> b <sub>3</sub> c <sub>1</sub>	suero dulce100%	70%	Glicerina
T8	a <sub>1</sub> b <sub>3</sub> c <sub>2</sub>	suero dulce100%	70%	Carragenina
T9	a <sub>1</sub> b <sub>3</sub> c <sub>3</sub>	suero dulce100%	70%	Pectina
T10	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub>	suero 80% + 20 % H <sub>2</sub> O	30%	Glicerina
T11	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub>	suero 80% + 20 % H <sub>2</sub> O	30%	Carragenina
T12	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>3</sub>	suero 80% + 20 % H <sub>2</sub> O	30%	Pectina
T13	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub>	suero 80% + 20 % H <sub>2</sub> O	50%	Glicerina
T14	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub>	suero 80% + 20 % H <sub>2</sub> O	50%	Carragenina
T15	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>3</sub>	suero 80% + 20 % H <sub>2</sub> O	50%	Pectina
T16	a <sub>2</sub> b <sub>3</sub> c <sub>1</sub>	suero 80% + 20 % H <sub>2</sub> O	70%	Glicerina
T17	a <sub>2</sub> b <sub>3</sub> c <sub>2</sub>	suero 80% + 20 % H <sub>2</sub> O	70%	Carragenina
T18	a <sub>2</sub> b <sub>3</sub> c <sub>3</sub>	suero 80% + 20 % H <sub>2</sub> O	70%	Pectina
T19	a <sub>3</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub>	suero 50% + 50% H <sub>2</sub> O	30%	Glicerina
T20	a <sub>3</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub>	suero 50% + 50% H <sub>2</sub> O	30%	Carragenina
T21	a <sub>3</sub> b <sub>1</sub> c <sub>3</sub>	suero 50% + 50% H <sub>2</sub> O	30%	Pectina
T22	a <sub>3</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub>	suero 50% + 50% H <sub>2</sub> O	50%	Glicerina
T23	a <sub>3</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub>	suero 50% + 50% H <sub>2</sub> O	50%	Carragenina

T24	a <sub>3</sub> b <sub>2</sub> c <sub>3</sub>	suero 50% + 50% H <sub>2</sub> O	50%	Pectina
T25	a <sub>3</sub> b <sub>3</sub> c <sub>1</sub>	suero 50% + 50% H <sub>2</sub> O	70%	Glicerina
T26	a <sub>3</sub> b <sub>3</sub> c <sub>2</sub>	suero 50% + 50% H <sub>2</sub> O	70%	Carragenina
T27	a <sub>3</sub> b <sub>3</sub> c <sub>3</sub>	suero 50% + 50% H <sub>2</sub> O	70%	Pectina

### 3.6.3. Características del experimento

El experimento presenta las diferentes características como se detalla en la tabla 11:

**Tabla 11**

*Características del experimento desarrollado*

<b>Características del experimento</b>	<b>Detalle</b>
Factores de estudio	3
Niveles del factor A	3
Niveles del factor B	3
Niveles del factor C	3
Réplicas	3
Unidades experimentales	81
Tamaño unidad experimental	3 g
Variables de respuesta	6

### 3.6.4. Diseño experimental

En esta investigación se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) en arreglo factorial A x B x C con 3 repeticiones (3x3x3), el mismo que seguirá el siguiente modelo matemático:

Modelo matemático para un diseño factorial A x B x C

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + C_k + AB_{ij} + AC_{ik} + BC_{jk} + ABC_{jk} + \varepsilon_{ijk}$$

**Ecuación 1.** Modelo matemático para un DCA

Donde:

$Y_{ijk}$ = Cualquier variable sujeta a medición

$\mu$ = Efecto de la media general

$A_i$ = Efecto del factor A

$B_j$ = Efecto del factor B

$C_j$ = Efecto del factor C

$AB_{ij}$ =Efecto de la interacción (A×B)

$AC_{ik}$ = Efecto de la interacción (A×C)

$BC_{jk}$ = Efecto de la interacción (B×C)

$ABC_{jk}$ = Efecto de la interacción (A×B×C)

$\varepsilon_{ijk}$ = Efecto del error experimental

### 3.6.5. Análisis de varianza

Para determinar la diferencia entre tratamientos, se aplicó un análisis de varianza para cada una de las variables experimentales.

La tabla 13 indica el análisis de varianza para el diseño factorial  $A \times B \times C$ , donde se da a conocer la fuente de variabilidad de los efectos: A, B, C, AB, AC, BC, y ABC; donde el nivel de desglose o detalle con el que pueden estudiarse depende del número de niveles utilizados en cada factor, así como también el efecto del error experimental.

**Tabla 13**

*Modelo de ANOVA para el diseño factorial  $A \times B \times C$*

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	$F_0$	Valor -p
Efecto A	$SC_A$	$a - 1$	$CM_A$	$CM_A/CM_E$	$P(F > F_0^A)$
Efecto B	$SC_B$	$b - 1$	$CM_B$	$CM_B/CM_E$	$P(F > F_0^B)$
Efecto C	$SC_C$	$c - 1$	$CM_C$	$CM_C/CM_E$	$P(F > F_0^C)$
Efecto AB	$SC_{AB}$	$(a - 1)(b - 1)$	$CM_{AB}$	$CM_{AB}/CM_E$	$P(F > F_0^{AB})$
Efecto AC	$SC_{AC}$	$(a - 1)(c - 1)$	$CM_{AC}$	$CM_{AC}/CM_E$	$P(F > F_0^{AC})$
Efecto BC	$SC_{BC}$	$(b - 1)(c - 1)$	$CM_{BC}$	$CM_{BC}/CM_E$	$P(F > F_0^{BC})$
Efecto ABC	$SC_{ABC}$	$(a - 1)(b - 1)(c - 1)$	$CM_{ABC}$	$CM_{ABC}/CM_E$	$P(F > F_0^{ABC})$
Error	$SC_E$	$abc(n - 1)$	$CM_E$		
Total	$SC_T$	$abcn - 1$			

*Nota. La tabla muestra el Anova para un diseño factorial  $A \times B \times C$  Fuente: Gutiérrez & Salazar (2009).*

Donde:

$SC_A =$  Suma de Cuadrados del Factor A

$SC_B =$  Suma de Cuadrados del Factor B

$SC_C =$  Suma de Cuadrados del Factor C



$SC_{AB}$  = Suma de Cuadrados del Factor A – B

$SC_{AC}$  = Suma de Cuadrados del Factor A – C

$SC_{BC}$  = Suma de Cuadrados del Factor B – C

$SC_{ABC}$  = Suma de Cuadrados del Factor A – B – C

$SC_E$  = Suma de Cuadrados del Error

$CM_A$  = Cuadrados Medios de A

$CM_B$  = Cuadrados Medios de B

$CM_C$  = Cuadrados Medios de C

$CM_{AB}$  = Cuadrados Medios de A – B

$CM_{AC}$  = Cuadrados Medios de A – C

$CM_{BC}$  = Cuadrados Medios de B – C

$CM_{ABC}$  = Cuadrados Medios de A – B – C

$CM_E$  = Cuadrados Medios del Error

### **3.6.6. Prueba de rangos múltiples**

Después de que se rechaza la hipótesis nula en un análisis de varianza, es necesario detallar y ver cuáles tratamientos son diferentes. A continuación, se muestra el modelo matemático:

#### **3.6.6.1. Método LSD (diferencia mínima significativa)**

Una vez que se rechaza la  $H_0$  en el ANOVA, el problema es probar la igualdad de todos los posibles pares de medias con la hipótesis:

$$H_0: \mu_i = \mu_j$$

$$H_A: \mu_i \neq \mu_j$$

Para toda  $i \neq j$ . Para  $k$  tratamientos se tiene un total de  $k(k-1)/2$  pares de medias. Por ejemplo, si,  $k = 4$  existen  $4 \times 3/2 = 6$  posibles pares de media. El estadístico de prueba para cada una de las hipótesis dadas en la diferencia mínima significativa es la correspondiente diferencia en valor absoluto entre sus medias muestrales  $|\bar{Y}_i - \bar{Y}_j|$ . Se rechaza la hipótesis  $H_0: \mu_i = \mu_j$  si ocurre que:

$$|\bar{Y}_i - \bar{Y}_j| > t_{\alpha/2, N-k} \sqrt{CM_E \left( \frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j} \right)} = LSD$$

Donde:

$k$  = número de tratamientos

$|\bar{Y}_i - \bar{Y}_j|$  = Valor absoluto entre las medias muestrales

$t_{\alpha/2, N-k}$  = Tablas de la distribución T student con N-k grados de libertad que corresponden al error

$CM_E$  = Cuadrado medio del error que se obtiene de la tabla ANOVA

$n_i$  y  $n_j$  = Número de observaciones para los tratamientos i y j, respectivamente

Si el diseño es balanceado, es decir, si  $n_1 = n_2 = \dots = n_k = n$ , la diferencia mínima significativa se reduce a:

$$LSD = t_{\alpha/2, N-k} \sqrt{2CM_E/n}$$

## **Ecuación 2.** Modelo matemático para un diseño factorial AxB

Donde:

$LSD$  = Valor de la diferencia mínima significativa

$t_{\alpha/2, N-k}$  = Tablas de la distribución T student con N-k grados de libertad que corresponden al error

$CM_E$ = Cuadrado medio del error que se obtiene de la tabla de ANOVA

En caso de rechazar la  $H_0$  se acepta la hipótesis alternativa  $H_A: \mu_i \neq \mu_j$ , la cual nos dice que las medias de los tratamientos i y j son diferentes.

### 3.6.7. Variables de respuesta

En la tabla 12 se presentan las variables experimentales que se tomaron en cuenta para el presente estudio;

**Tabla 12**

*Variables de respuestas*

N.º	Variable	Método
1.	Espesor medio	Basiak et al. (2017 p. 5).
2.	Tracción	Demera & Meza (2021, p. 49).
3.	Humedad	ME-711.02-023 (2015).
4.	Densidad	Rosales A. (2016 p. 34).
5.	Solubilidad	Palma et al. (2017 p. 28).
6.	Biodegradabilidad	Demera & Meza (2021, p. 49).

A continuación, se describen las metodologías empleadas para el desarrollo de las variables de respuesta.

#### 3.6.7.1. Ensayo de espesor medio

Para determinar la variable espesor medio se empleó la metodología expuesta por (Basiak et al. 2017), el cual consistió en utilizar un micrómetro, con la finalidad de obtener el espesor en mm de las láminas del biopolímero obtenido. Este ensayo se lo realizó por triplicado a cada tratamiento

#### 3.6.7.2. Ensayo de tracción

Para la realización de este ensayo, seguimos la metodología propuesta por (Demera & Meza 2021), la cual consistía en utilizar un dinamómetro de 100 N y un soporte

universal. El procedimiento de medición fue cortar las láminas del biopolímero de 15 cm de largo y 2 cm de ancho, luego las muestras cortadas son colocadas en el gancho del dinamómetro, y este se lo ubica en el soporte universal con la finalidad de no tener alteraciones en los resultados, posteriormente se estiran las muestras hasta alcanzar su punto de ruptura, con el fin de determinar cuanta resistencia posee. Este ensayo se lo realizó por triplicado a cada tratamiento.

### **3.6.7.3. Ensayo de humedad**

Para la determinación de humedad en el biopolímero se empleó la norma ( ME-711.02-023), la cual consistió primeramente en la preparación de las muestras, donde se pesaron aproximadamente 1 g del biopolímero, y se pesó los crisoles con tapa, sin tapa y con el producto dentro de ellos, luego los crisoles con las muestras ingresan en una estufa universal marca MEMMERT durante 1 hora de 100-105°C, una vez transcurrido ese lapso de tiempo los crisoles ingresan en un desecador hasta que se estabilicen, para su posterior pesado y toma de datos, el cálculo se realizó haciendo uso de la siguiente formula:

$$\%humedad = \frac{Ma - Mb}{Ma - M} * 100$$

Donde:

*M*: masa en gramos de la capsula con tapa

*Mb*: masa en gramos de la capsula con tapa y la muestra

*Ma*: masa en gramos de la capsula con tapa y la muestra seca

### **3.6.7.4. Ensayo de densidad**

Para determinar la densidad, se siguió la metodología de (Rosales 2016), se utilizó una balanza gramera, y una probeta de 100 ml, en una balanza analítica se pesan 5 gr de la lámina del biopolímero, posteriormente se toma la probeta de 100 ml y se colocan 50 ml de agua destilada.

Con cautela se introduce la muestra pesada del biopolímero, hasta que este se encuentre completamente en la base de la probeta. La densidad se registra en cuanto sube el nivel del agua en la probeta, este volumen será expresado en  $g/cm^3$ . Finalmente, se procede a realizar los cálculos para determinar la densidad con la siguiente ecuación.

$$d = \frac{m}{v}$$

Donde:

$m$ : masa (g)

$v$ : volumen ( $cm^3$ )

#### 3.6.7.5. Ensayo de solubilidad

Para determinar el porcentaje de solubilidad, se estableció la metodología de (Palma et al.,2017), de esta manera se procede a cortar piezas de cada película con dimensiones de 2 cm por 3 cm y se registra el peso, posteriormente, se coloca en un vaso de precipitación con 80 ml de agua destilada con agitación continua a 125 rpm, a una temperatura de 60°C. terminada la agitación, los restos de la muestra se filtran y se secan en una estufa a 60°C por 2 h después se pesa la muestra seca, para finalmente determinar el porcentaje de materia soluble, el cual se calculó con la siguiente ecuación.

$$\%solubilidad = \frac{\text{peso inicial seco} - \text{peso final seco}}{\text{peso final seco}} * 100$$

Donde:

*peso inicial seco*: peso de la muestra (g)

*peso final seco*: peso de la muestra (g)

### 3.6.7.6. Ensayo de biodegradabilidad

El ensayo de Biodegradabilidad fue realizado siguiendo la metodología de (Demera & Meza, 2021), este consiste en un proceso de composteo en condiciones anaerobias, el cual consiste en cortar láminas de 2.5 x 2.5 cm del biopolímero y registra su peso, estas muestras son colocadas en envases plásticos con tierra seleccionada de los alrededores del laboratorio, posteriormente se registra su peso cada 7 días, misma que será extraída de la tierra cuidadosamente, será limpiada y pesada, con el fin de ir determinando su biodegradabilidad en función a la pérdida de peso, hasta que presenten un peso constante. El ensayo se realizó por triplicado a cada tratamiento, se utilizó la siguiente fórmula;

$$\% \text{ pérdida de peso} = \frac{\text{peso inicial seco} - \text{peso final seco}}{\text{peso inicial seco}} \times 100$$

Donde:

*peso inicial seco*: peso de la muestra (g)

*peso final seco*: peso de la muestra (g)

## 3.7. Metodología experimental

### 3.7.1. Procedimiento específico del biopolímero

#### a. Recepción

Se receptaron las materias primas necesarias para elaborar el biopolímero, en un área limpia libre de contaminación que pueda perjudicar los resultados obtenidos.

#### b. Pesado

Este proceso consistió en pesar los compuestos sólidos en una balanza gramera y el lactosuero en vasos de precipitación, de igual manera con el uso de una pipeta se midió

la cantidad de glicerina líquida, esto con el fin de obtener las cantidades precisas necesarias para el proceso.

#### **c. Mezclado**

Una vez pesada la materia prima se procedió a mezclarlos en los vasos de precipitación con la ayuda de una varilla de vidrio.

#### **d. Calentamiento y Agitación**

La mezcla obtenida se sometió a una temperatura de calentamiento que inició en 22°C y culminó en 65°C, a 600 rpm hasta alcanzar los 800 rpm, este proceso tuvo una duración de 15 minutos aproximadamente con la finalidad de reducir el líquido y obtener una pasta homogénea en estado de gelatinización.

#### **e. Moldeo**

La pasta obtenida en el proceso de calentamiento, se procederá a depositar en recipientes de aluminio con la finalidad de adoptarle una forma lisa y uniforme.

#### **f. Secado**

El proceso de secado se lo realizó a temperatura ambiente durante 72 horas.

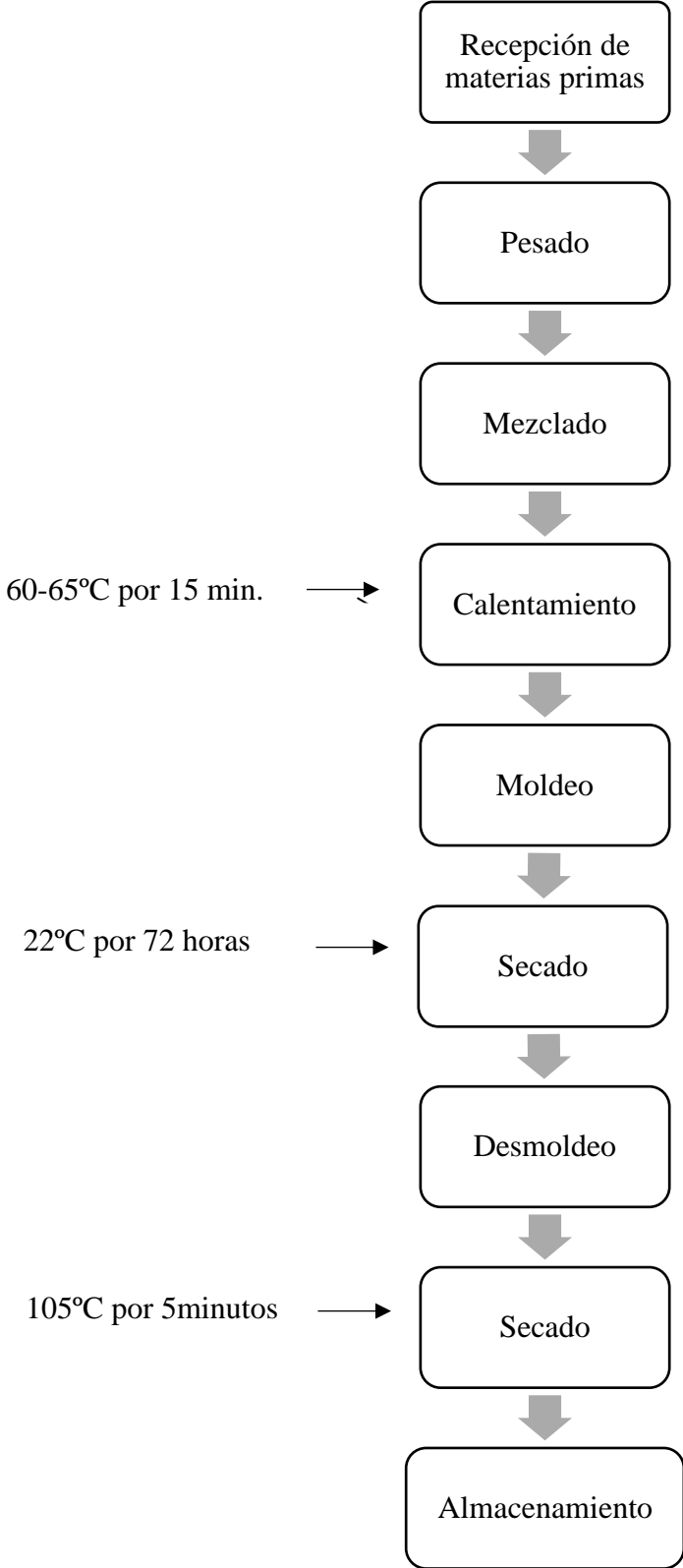
#### **g. Desmoldeo**

Este proceso se lo realiza manualmente retirando las láminas de biopolímero de los moldes de aluminio.

#### **h. Almacenamiento**

Se almacenó en un lugar libre de humedad, hasta su posterior utilización.

**3.7.2. Diagrama de flujo del proceso de obtención del Biopolímero**





## CAPITULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Caracterización fisicoquímica de la materia prima (lactosuero y almidón de papa)

En la tabla 14, se muestran los resultados obtenidos tras haberse realizado la caracterización fisicoquímica del lactosuero

**Tabla 14**

*Caracterización fisicoquímica del lactosuero*

<b>Parámetros</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultados</b>	<b>Incertidumbre</b>	<b>Método de ensayo</b>
Lactosa	%	5,7	± 20,2 %	Pee.Lasa.FQ.57 AOAC 980.13, 982,14, 977.20
pH	Unidades de pH	6,65	± 1,05 %	Pee.Lasa.FQ.11 NTE INEN ISO 10523
Proteína	%	0,9	± 7,7 %	Pee.Lasa.FQ.11 AOAC 991.20, 981.10, 928.08, NTE INEN ISO 20483

En el contenido de lactosa se obtuvo una cantidad del 5,7% cuyo valor se asemeja a los reportados por (Molero et al. 2017), con 5,75%, así mismo (Montesdeoca & Piloso

2020), reportaron un valor inferior de contenido de lactosa con 3,71% cuyo valor se encuentra dentro del rango establecido en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2594.

En cuanto al pH se aprecia un valor de 6,65, el cual está dentro del rango establecido en la NTE INEN 2594, se asemeja a los valores obtenidos por (Molero, Castro & Briñez 2017), que reportó un valor de 6,5 y (Montesdeoca & Piloso 2020), cuyo resultado reportó 6,66 respectivamente.

La proteína arrojó un valor de 0,9% encontrándose dentro del rango establecido en la NTE INEN 2594 para suero dulce, cuyo valor se asemeja a los reportados por (Rojas et al. 2015) y (Miranda et al. 2019), con 0,85% y 0,9% respectivamente.

Las diferencias de valores reportados en esta investigación con los reportados por los autores citados anteriormente van a depender de la procedencia de la leche, la utilización en sus diferentes procesos, el ordeño, así mismo como también las condiciones ambientales ya que son factores que intervienen en las características y la composición físico-química de la leche.

En la tabla 15 se muestran los resultados obtenidos tras los análisis realizados al almidón de papa, los cuales presenta los porcentajes obtenidos de humedad, amilosa y amilopectina.

**Tabla 15**

*Análisis físicoquímicos del almidón de papa*

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultados</b>	<b>Método de ensayo</b>	<b>Método Ref.</b>
Humedad	%	15,90	MO-LSAIA-01.01	U. Florida 1970
Amilosa	%	58,39	MO-LSAIA-04	Morrison y Laignelet 1983
Amilopectina	%	60,51		
Granulometría	Mm	0,77	Dussán et al., (2019)	

El contenido de humedad en el almidón de papa fue de 15,90%, otras investigaciones como la de (Canales 2021), obtuvo una humedad de 18,13%, y (Bravo & Chavarría 2020), reportaron un valor con una diferencia de  $\pm 3$  con un contenido del 12,66%, además mencionan que valores que se encuentren dentro de este rango están dentro de un rango normal para asegurar un almacenamiento seguro.

La amilosa y amilopectina presente en el almidón de papa se obtuvieron valores de 58,39% y 60,51% respectivamente, sin embargo (Brito et al. 2021), obtuvo un valor inferior de amilosa de 25,98% y en amilopectina una mayor proporción del 74,02%, de igual manera (Vélez et al. 2021), en amilosa obtuvieron el 23,39% que resulta estar en menor proporción y en amilopectina una cantidad del 66,61%, esto quiere decir que cuando el contenido de amilosa se encuentra en gran proporción los gránulos de almidón se gelatinizarán a una menor temperatura de calentamiento. Los valores van a variar según la variedad de papa y las condiciones a las que se les sometió durante su desarrollo.

En la tabla de 16 se puede observar la granulometría realizada a los gránulos de almidón de papa:

**Tabla 16**

*Granulometría del almidón de papa*

<b>Tamiz</b>	<b>Apertura (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>Almidón retenido (%)</b>
1	106	1,58
2	100	1,91
3	90	2,33
4	75	3,56
5	63	5,13

Se puede observar que el mayor porcentaje de almidón retenido fue en el tamiz con

apertura de 63  $\mu\text{m}$  con un 5,13 % y el tamiz de 75  $\mu\text{m}$  con un 3,56 %, estos valores se encuentra dentro del rango de los datos obtenidos por (Atencio & Ramírez 2020), que arrojó un valor máximo de 5 % y un mínimo de 4,32% de retención del almidón en los tamices. Así mismo (Maliza 2021), determinó que la mayor cantidad de los gránulos de almidón quedaron en los tamices de 53  $\mu\text{m}$ , 38  $\mu\text{m}$  y fondo, en conjunto representan una fracción del 87% y 93,13% respectivamente. Ambos mencionan que el 99% de los gránulos de almidón deben pasar a través de un tamiz de malla con apertura de 106  $\mu\text{m}$ .

## 4.2. Obtener la mejor combinación en la elaboración del biopolímero

### 4.2.1. Análisis de varianza para la variable espesor medio

Para interpretar de mejor manera el análisis de varianza de la variable espesor medio, se establecieron hipótesis estadísticas las cuales no dicen;

$$H_o = t_1 = t_2 = t_3 = t_4$$

$$H_i = t_i \neq t_n$$

**Tabla 17**

*ANOVA para el ensayo de espesor medio*

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A: suero	4.80767	2	2.40384	125.73	0.0000
B: almidón	3.88074	2	1.94037	101.49	0.0000
C: espesante	1.96632	2	0.983159	51.42	0.0000
Interacciones					
AB	1.49576	4	0.373941	19.56	0.0000
AC	0.840607	4	0.210152	10.99	0.0000
BC	0.0344296	4	0.00860741	0.45	0.7718
ABC	2.53329	8	0.316661	16.56	0.0000
Residuos	1.0324	4	0.0191185		
Total (corregido)	16.5912	8			

La tabla 17 de análisis de varianza de la variable espesor medio, descompone la variabilidad en contribución debido a los factores: concentración de lactosuero, porcentaje de almidón y tipo de espesante, los valores de probabilidad prueban la significancia estadística de cada uno de los factores, para el análisis del efecto que tiene cada factor sobre la variable espesor medio, se toma en consideración la interacción  $A \times B \times C$ , cuyo resultado es altamente significativo, denotando el efecto de los tres factores en conjunto sobre la variable espesor medio.

Además, existe evidencia estadísticamente significativa para rechazar la hipótesis nula, es decir que si existe interacción entre los factores de estudio dado que el valor  $p$  es  $< 0.05$ .

#### 4.2.1.1 Pruebas de rangos múltiples

Debido a que presenta significancia estadística los factores en estudio, se realiza la prueba de rangos múltiples o prueba de medias, la cual se da a conocer a continuación.

**Tabla 18**

*Prueba de rangos múltiples del espesor medio para el factor A*

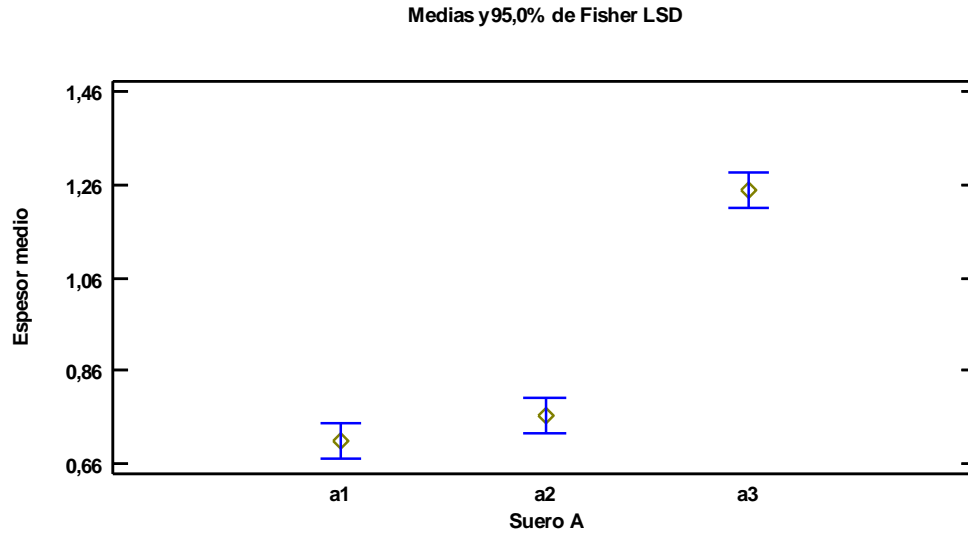
Suero A	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
a1	27	0.0704	0.02661	A
a2	27	0.7618	0.02661	A
a3	27	1.2477	0.02661	B

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- limites
a1-a2		-0.057037	0.0754483
a1-a3	*	-0.542963	0.0754483
a2-a3	*	-0.485926	0.0754483

\* indica una diferencia significativa

**Figura 4**

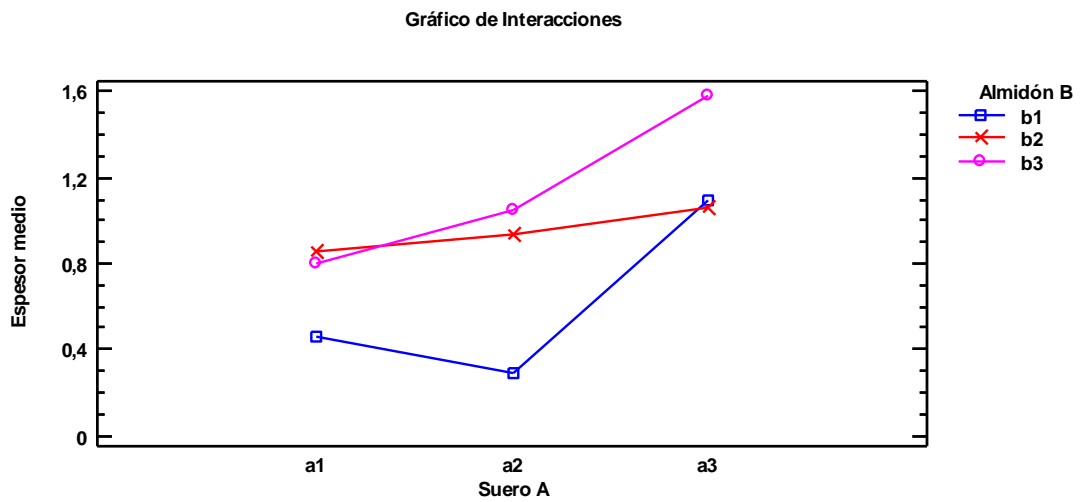
*Medias del factor A*



La figura 4 muestra el gráfico de medias de la variable espesor medio, la cual indica la interacción de los niveles del factor A.

**Figura 5**

*Interacciones del factor A y del factor B por espesor medio*



Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias de los niveles del Factor A, son significativamente diferentes de otras. En la parte superior de la página, se han identificado 2 grupos homogéneos según la alineación de las A en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de A. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. De acuerdo a los datos obtenidos se puede evidenciar que el nivel a1, es el que presenta menor valor con respecto a su media, y es diferente a los otros niveles, tal como se muestra en la figura 4.

**Tabla 19**

*Prueba de rangos múltiples del espesor medio para el factor B*

<b>Almidón B</b>	<b>Casos</b>	<b>Media LS</b>	<b>Sigma LS</b>	<b>Grupos Homogéneos</b>
b1	27	0.6159	0.02661	A
b2	27	0.9529	0.02661	B
b3	27	1.1455	0.02661	B

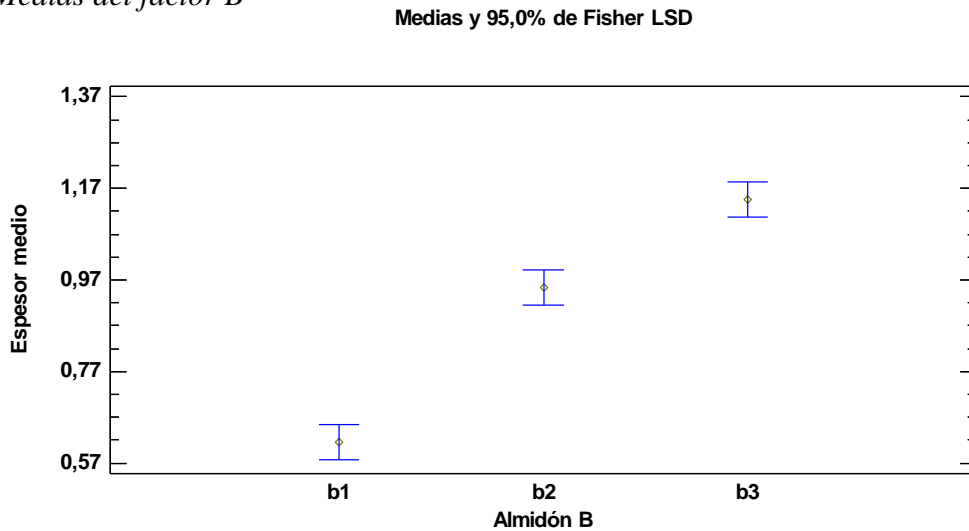
  

<b><i>Contraste</i></b>	<b><i>Sig.</i></b>	<b><i>Diferencia</i></b>	<b><i>+/- limites</i></b>
b1-b2	*	-0.337037	0.0754483
b1-b3	*	-0.52963	0.0754483
b2-b3	*	-0.192593	0.0754483

\* indica una diferencia significativa

**Figura 6**

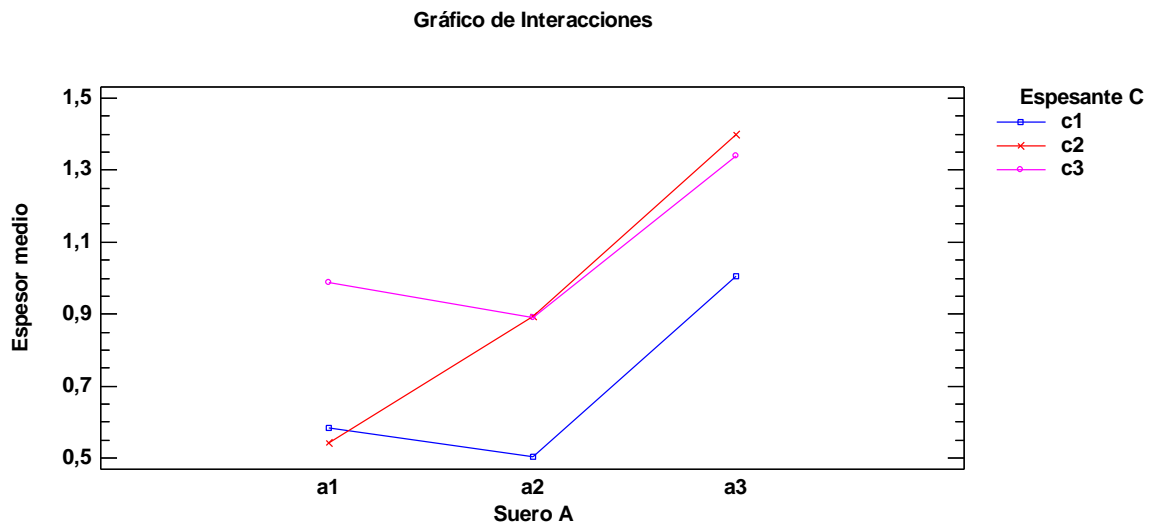
*Medias del factor B*



La figura 6 muestra el gráfico de medias de la variable espesor medio, indica la interacción de los niveles del factor B.

**Figura 7**

*Interacción del factor A y el factor C por espesor medio*



Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias de los niveles del Factor B, son significativamente diferentes de otras. La mitad



inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. En la parte superior de la página, se ha identificado que no existen grupos homogéneos según la alineación de la A y B. en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de B. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. De acuerdo a los datos obtenidos que se puede evidenciar, que el nivel b1, es el que presenta menor valor con respecto a su medida, y es diferente a los otros niveles, tal como se muestra en la figura 6.

**Tabla 20**

*Prueba de rangos múltiples del espesor medio para el factor C*

<b>Espesante C</b>	<b>Casos</b>	<b>Media LS</b>	<b>Sigma LS</b>	<b>Grupos Homogéneos</b>
c1	27	0.6970	0.02661	A
c2	27	0.9451	0.02661	B
c3	27	1.0722	0.02661	C

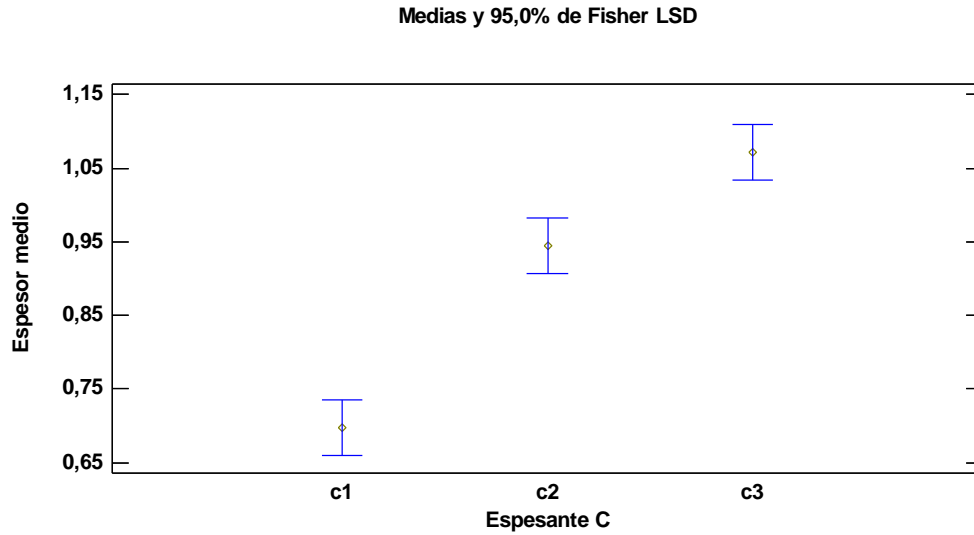
  

<b>Contraste</b>	<b>Sig.</b>	<b>Diferencia</b>	<b>+/- limites</b>
c1-c2	*	-0.248148	0.0754483
c1-c3	*	-0.375185	0.0754483
c2-c3	*	-0.127037	0.0754483

\* indica una diferencia significativa

**Figura 8**

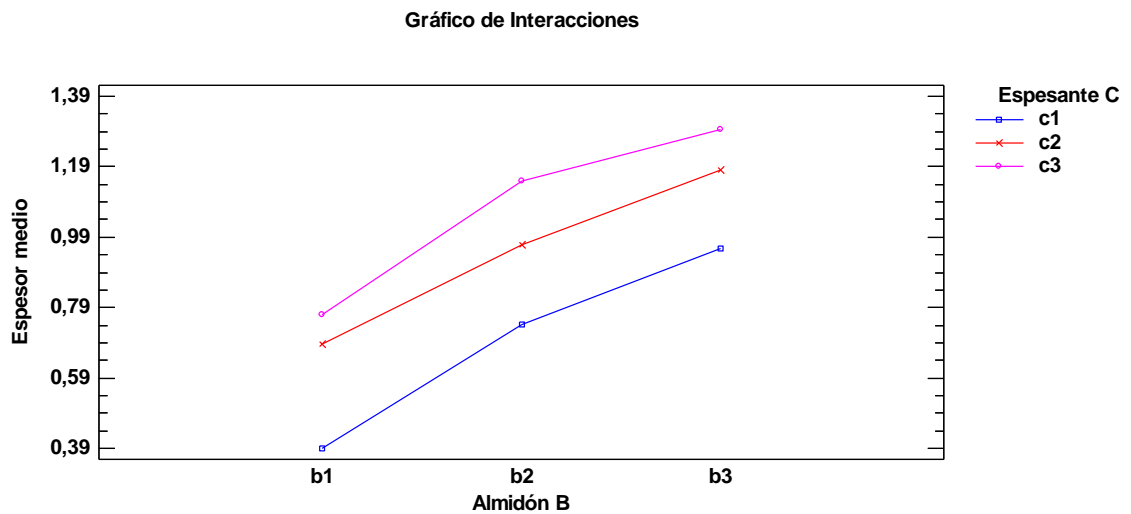
*Medias del factor C*



La figura 8 muestra el gráfico de medias de la variable espesor medio, indica la interacción de los niveles del factor C.

**Figura 9**

*Interacciones del factor B y el factor C por espesor medio*



Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias de los niveles del Factor C, son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. En la

parte superior de la página, se ha identificado que no existen grupos homogéneos según la alineación de la C. en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de C. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. De acuerdo a los datos obtenidos que se puede evidenciar, que el nivel c1, es el que presenta menor valor con respecto a su medida, y es diferente a los otros niveles, tal como se muestra en la figura 8.

De esta manera, para la obtención de la mejor combinación en la elaboración del biopolímero según la variable espesor medio, se aplicó el tratamiento 1 con la codificación a<sub>1</sub>b<sub>1</sub>c<sub>1</sub>, que corresponde a: 100% de suero láctico + 30 % de almidón + glicerina. Este tratamiento obtuvo un espesor medio de 0,27 mm.

Los valores promedio del espesor medio fueron comparados con los datos obtenidos por (Herrera2021), que obtuvo un espesor medio mínimo de 0,17 mm y un máximo de 0,19 mm en sus biopelículas. De igual manera (Guadarrama 2020), en su proyecto de investigación obtuvo un espesor de 0.05 mm, también mencionan que el espesor de los biopolímeros está directamente relacionado con la permeabilidad que este tendrá, es decir con la transpiración de la misma, ya que, el espesor va a determinar el paso de humedad, vapor o cualquier otro agente extraño hacia el interior del producto que se encuentre embalado o encapsulado con el biopolímero y lo que se pretende es que permanezca en lo mayor posible alargando su vida útil y calidad, además la NTE INEN 3124, 2017 establece que debe tener un espesor máximo de 0,20 mm, es decir que el T1 supera el rango establecido por la normativa.

#### 4.2.2. Análisis de varianza para la variable tracción

Para interpretar de mejor manera el análisis de varianza de la variable tracción, se establecieron hipótesis estadísticas las cuales no dicen;

$$H_o = t_1 = t_2 = t_3 = t_4$$

$$H_i = t_i \neq t_n$$

**Tabla 21**

*ANOVA para el ensayo de tracción*

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A: suero	0.0166988	2	0.00834938	34.16	0.0000
B: almidón	0.106106	2	0.0530531	217.04	0.0000
C: espesante	0.323573	2	0.161786	661.85	0.0000
Interacciones					
AB	0.104516	4	0.026129	106.86	0.0000
AC	0.0138938	4	0.00347346	14.21	0.0000
BC	0.119842	4	0.0299605	122.57	0.0000
ABC	0.153491	8	0.0191864	78.49	0.0000
Residuos	0.0132	54	0.000244444		
Total	0.851321	80			
(corregido)					

La tabla de análisis de varianza de la variable tracción, descompone la variabilidad en contribución debido a los factores: porcentajes de suero, porcentaje de almidón y tipo de espesante, los factores P prueban la significancia estadística de cada uno de los factores, para el análisis del efecto que tiene cada factor sobre la variable tracción, se toma en consideración la interacción AxBxC, cuyo resultado es altamente significativo.

Además, existe evidencia estadísticamente significativa para rechazar la hipótesis nula, es decir que si existe interacción entre los factores de estudio dado que el valor p es < 0.05.

#### 4.2.2.1. Prueba de rangos múltiples

**Tabla 22**

*Prueba de rangos múltiples de la tracción para el factor A*

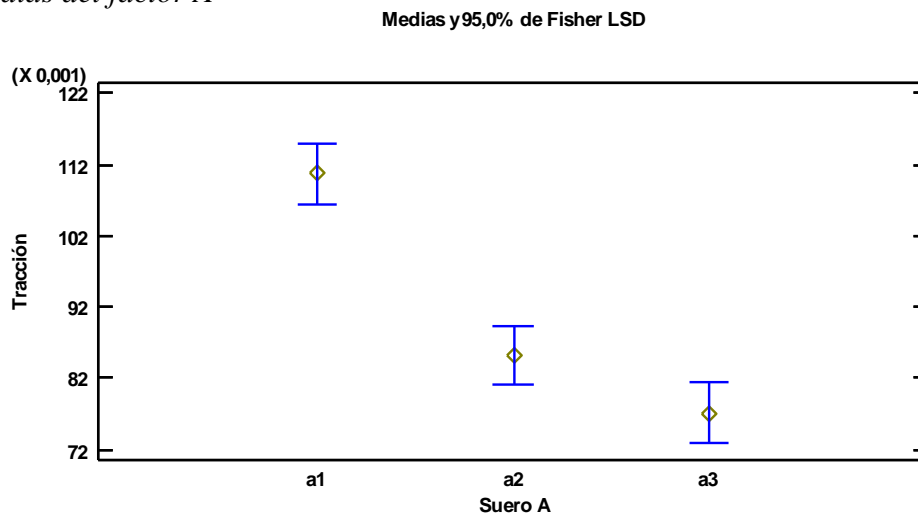
Suero A	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
a3	27	0.0851	0.0030089	A
a2	27	0.0770	0.0030089	A
a1	27	0.1107	0.0030089	B

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- limites
a1-a2	*	0.0255556	0.00853124
a1-a3	*	0.0337037	0.00853124
a2-a3		0.00814815	0.00853124

\* indica una diferencia significativa

**Figura 10**

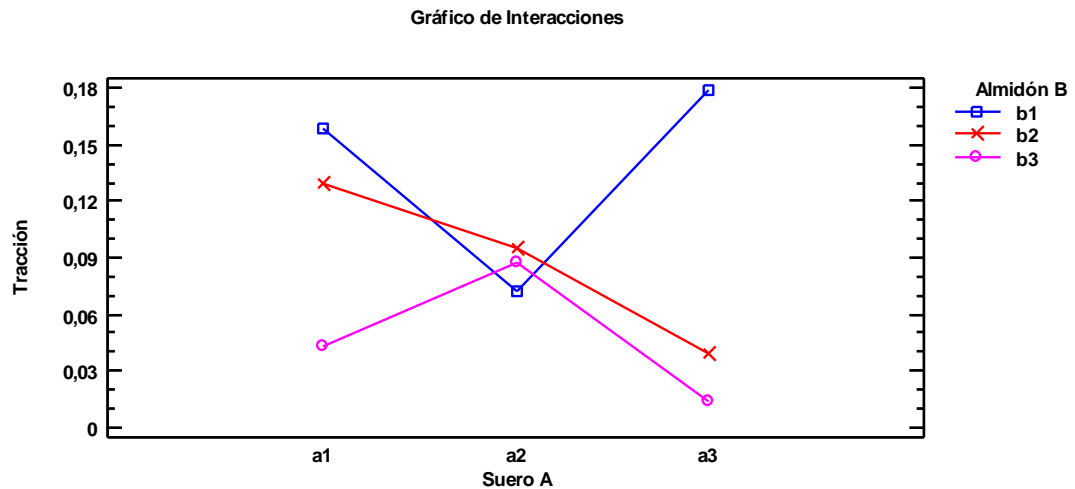
*Medias del factor A*



La figura 10 muestra el gráfico de medias de la variable tracción, indica la interacción de los niveles del factor A.

### Figura 11

*Interacción del factor A y el factor B*



Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias de los niveles del Factor A, son significativamente diferentes de otras. En la parte superior de la página, se han identificado 2 grupos homogéneos según la alineación de las A en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de A. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. De acuerdo a los datos obtenidos se puede evidenciar que el nivel a1, es el que presenta mayor valor con respecto a su media, y es diferente a los otros niveles, tal como se muestra en la figura 10.

**Tabla 23**

*Prueba de rangos múltiples de la tracción para el factor B*

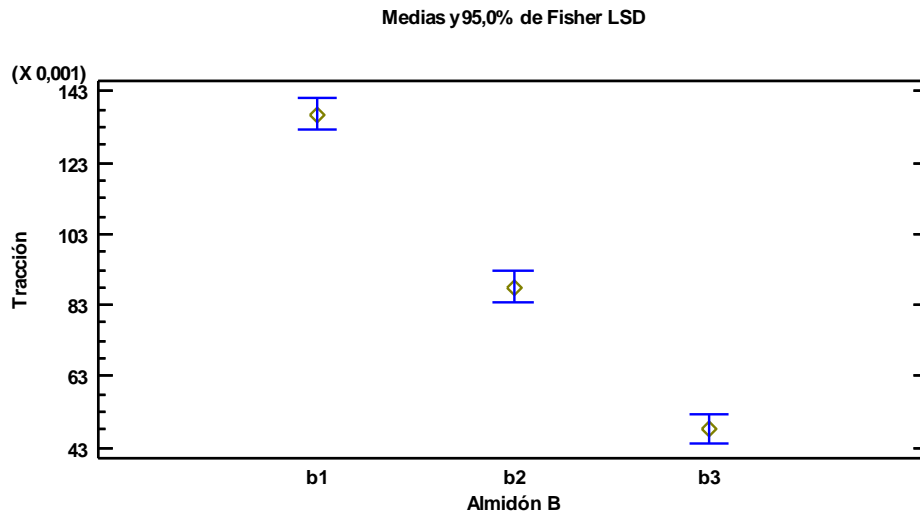
Almidón B	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
b3	27	0.0481	0.0030089	A
b2	27	0.0881	0.0030089	B
b1	27	0.1366	0.0030089	B

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- limites
b1-b2	*	0.0485185	0.00853124
b1-b3	*	0.0885185	0.00853124
b2-b3	*	0.04	0.00853124

\* indica una diferencia significativa

**Figura 12**

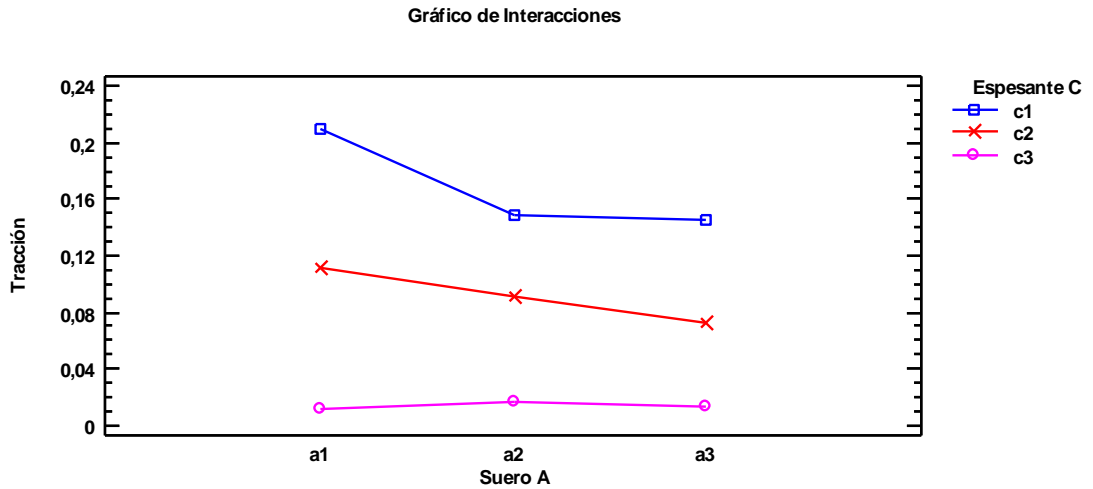
*Medias del factor B*



La figura 12 muestra el gráfico de medias de la variable tracción, indica la interacción de los niveles del factor B.

**Figura 13**

*Interacciones del factor A y el factor C*



Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias de los niveles del Factor B, son significativamente diferentes de otras. En la parte superior de la página, se han identificado que no existen grupos homogéneos según la alineación de las A y B en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de A y B. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. De acuerdo a los datos obtenidos se puede evidenciar que el nivel b1, es el que presenta mayor valor con respecto a su media, y es diferente a los otros niveles, tal como se muestra en la figura 12.



**Tabla 24**

*Prueba de rangos múltiples de la tracción para el factor C*

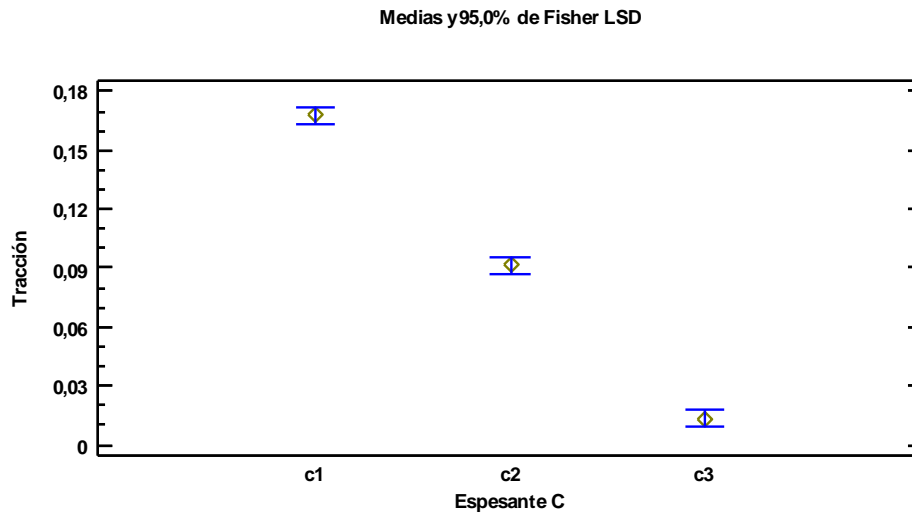
Espesante C	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
c3	27	0.0133	0.0030089	A
c2	27	0.0914	0.0030089	B
c1	27	0.1681	0.0030089	B

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- limites
c1-c2	*	0.0766667	0.00853124
c1-c3	*	0.154815	0.00853124
c2-c3	*	0.0781481	0.00853124

**Figura 14**

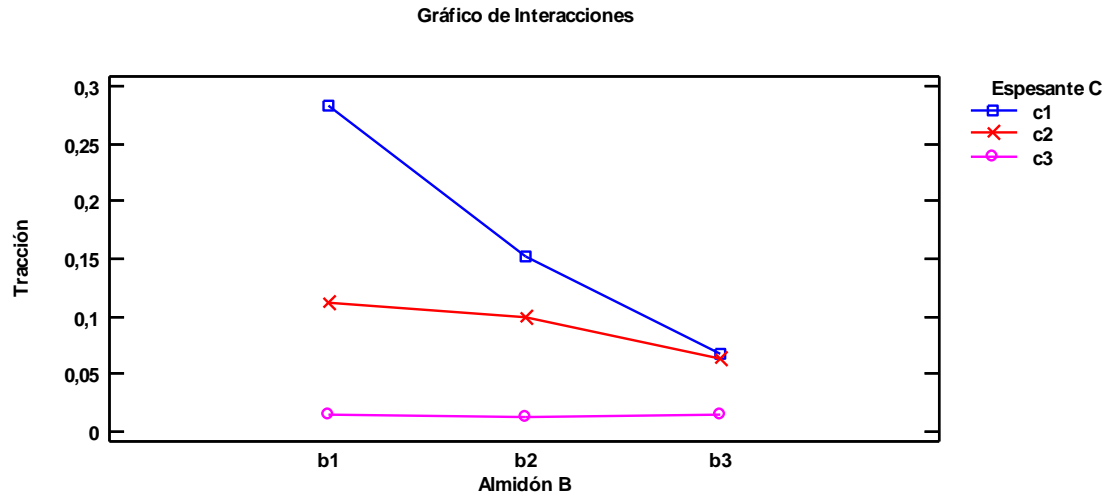
*Medias del factor C*



La figura 14 muestra el gráfico de medias de la variable tracción, indica la interacción de los niveles del factor C.

**Figura 15**

*Interacción del factor B y el factor C por tracción*



Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias de los niveles del Factor C, son significativamente diferentes de otras. En la parte superior de la página, se han identificado que no existen grupos homogéneos según la alineación de las A y B en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de A y B. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. De acuerdo a los datos obtenidos se puede evidenciar que el nivel c1, es el que presenta mayor valor con respecto a su media, y es diferente a los otros niveles, tal como se muestra en la figura 14.

De esta manera, para la obtención de un biopolímero con buenas características de tracción, la combinación ideal es el tratamiento 19 con la codificación a3b1c1, que corresponde a: 50% lactosuero + 50% agua destilada + 30% de almidón + glicerina. Este tratamiento obtuvo un punto de ruptura o tracción de 0,43 N.

Los valores promedio de tracción fueron comparados con los datos obtenidos por (Narváez 2016), con un valor de 106.05 MPa y el valor de (Charro 2015), que obtuvo un valor de tracción con un mínimo 5,8 N y un máximo de 45,17 N, además mencionan que la tracción de los biopolímeros está directamente relacionada con el

proceso que ejerce presión destructiva que proporciona una mejor resistencia, con el fin de conocer la capacidad de soportar una carga u estiramiento a corto y largo plazo, de lo que pretende permanecer obtener una calidad de resistencia adecuada para el producto.

#### 4.2.3. Análisis de varianza para la variable densidad

Para interpretar de mejor manera el análisis de varianza de la variable densidad, se establecieron hipótesis estadísticas las cuales no dicen;

$$H_o = t_1 = t_2 = t_3 = t_4$$

$$H_i = t_i \neq t_n$$

**Tabla 25**

*ANOVA para el ensayo de Densidad*

<b>Fuente</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Gl</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
<b>Efectos principales</b>					
A: suero	0.0297035	2	0.0148517	2.93	0.0622
B: almidón	0.0430963	2	0.0215481	4.25	0.0194
C: espesante	1.59944	2	0.79972	157.56	0.0000
<b>Interacciones</b>					
AB	0.0884671	4	0.0221168	4.36	0.0040
AC	0.14924	4	0.0373101	7.35	0.0001
BC	0.148206	4	0.0370515	7.30	0.0001
ABC	0.126708	8	0.0158385	3.12	0.0057
Residuos	0.274082	54	0.00507559		
Total (corregido)	2.45894	80			

La tabla de análisis de varianza de la variable densidad, descompone la variabilidad en contribución debido a los factores: concentración de lactosuero, porcentaje de almidón y tipo de espesante, los factores P prueban la significancia estadística de cada uno de

los factores, para el análisis del efecto que tiene cada factor sobre la variable densidad, se toma en consideración la interacción  $A \times B \times C$ , cuyo resultado es altamente significativo.

Además, existe evidencia estadísticamente significativa para aceptar la hipótesis alterna, es decir que existe interacción entre los factores de estudio dado que la mayoría de los valores  $p$  son  $< 0.05$  de nivel de significancia.

**Tabla 26**

*Pruebas de rangos múltiples de la densidad para el factor A*

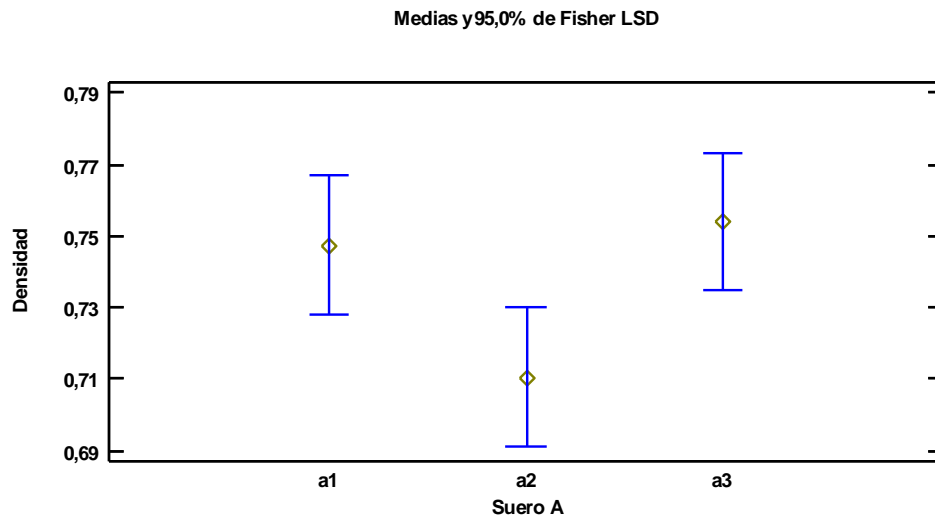
Suero A	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
a2	27	0.7104	0.0137107	A
a1	27	0.7473	0.0137107	AB
a3	27	0.7540	0.0137107	B

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- limites
a1-a2		0.0368259	0.0388745
a1-a3		-0.00674815	0.0388745
a2-a3	*	-0.0435741	0.0388745

\* indica una diferencia significativa

**Figura 16**

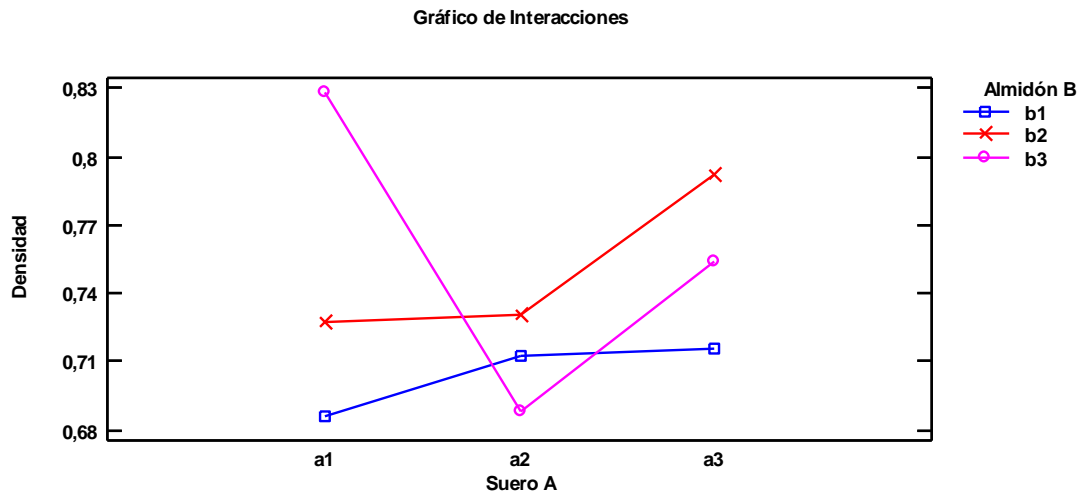
*Medias del factor A*



La figura 16 muestra el gráfico de medias de la variable densidad, indica la interacción de los niveles del factor A.

**Figura 17**

*Interacciones del factor A y el factor B por densidad*



Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias de los niveles del Factor A, son significativamente diferentes de otras. En la parte superior de la página, se han identificado 2 grupos homogéneos según la alineación de las A en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de A. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. De acuerdo a los datos obtenidos se puede evidenciar que el nivel a3, es el que presenta mayor valor con respecto a su media, y es diferente a los otros niveles, tal como se muestra en la figura 16.

**Tabla 27**

*Prueba de rangos múltiples de la densidad para el factor B*

Almidón B	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
b1	27	0.7049	0.0137107	A
b2	27	0.7500	0.0137107	B
b3	27	0.7569	0.0137107	B

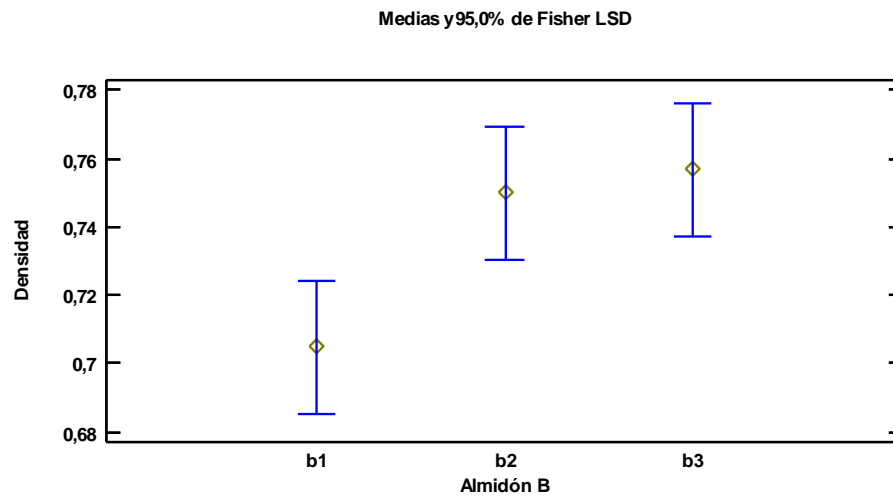
  

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- limites
b1-b2	*	-0.0451259	0.0388745
b1-b3	*	-0.0520074	0.0388745
b2-b3		-0.00688148	0.0388745

\* indica una diferencia significativa

**Figura 18**

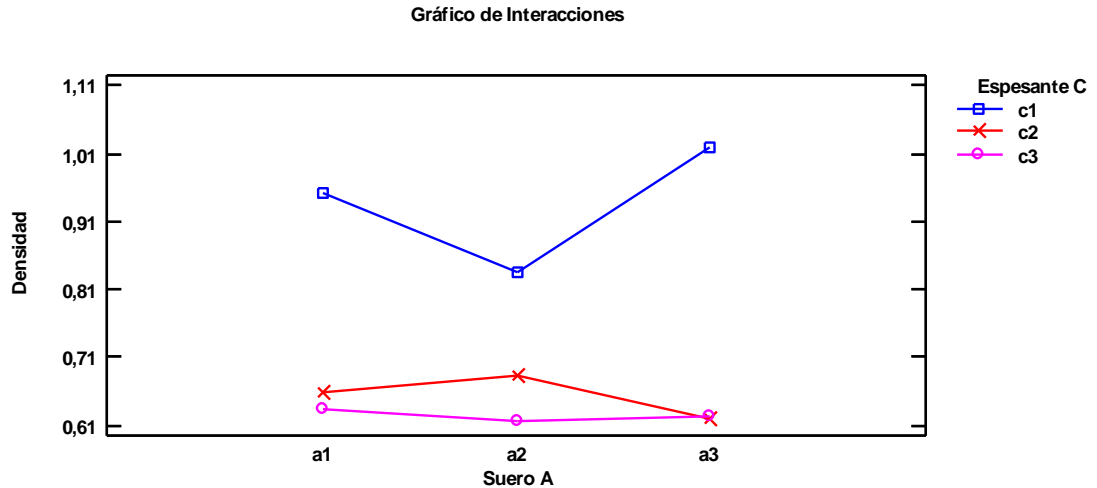
*Medias del factor B*



La figura 18 muestra el gráfico de medias de la variable densidad, indica la interacción de los niveles del factor B.

**Figura 19**

*Interacciones del factor A y el factor C por densidad*



Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias de los niveles del Factor B, son significativamente diferentes de otras. En la parte superior de la página, se han identificado 2 grupos homogéneos según la alineación de las B en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de B. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. De acuerdo a los datos obtenidos se puede evidenciar que el nivel b3, es el que presenta mayor valor con respecto a su media, y es diferente a los otros niveles, tal como se muestra en la figura 18.

**Tabla 28**

*Prueba de rangos múltiples de la densidad para el factor C*

<b>Espesante C</b>	<b>Casos</b>	<b>Media LS</b>	<b>Sigma LS</b>	<b>Grupos Homogéneos</b>
c3	27	0.6230	0.0137107	A
c2	27	0.6536	0.0137107	A
c1	27	0.9352	0.0137107	B

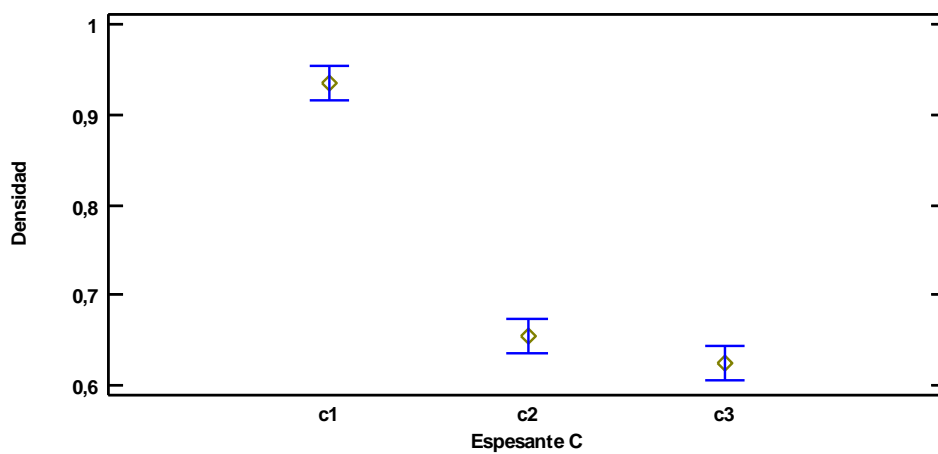
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- limites
c1-c2	*	0.281619	0.0388745
c1-c3	*	0.312204	0.0388745
c2-c3		0.0305852	0.0388745

\* indica una diferencia significativa

**Figura 20**

*Medias del factor C*

Medias y 95,0% de Fisher LSD

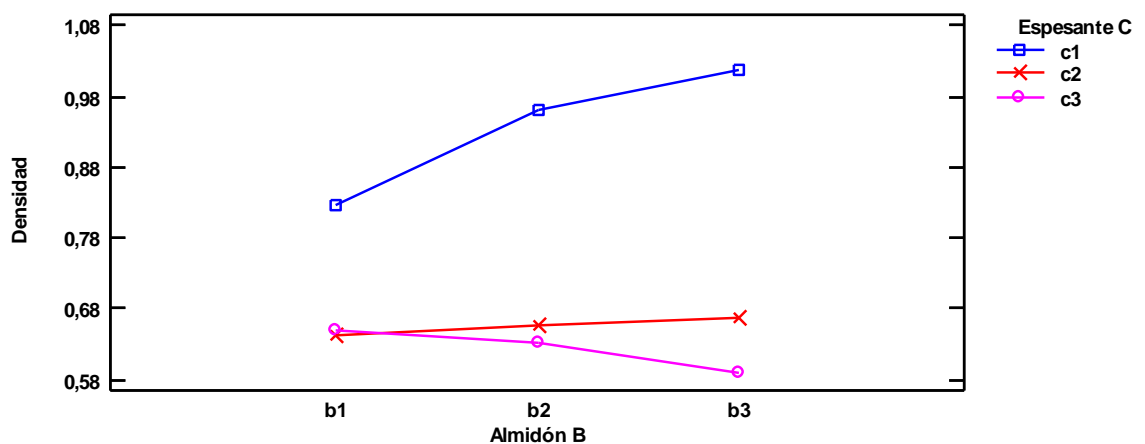


La figura 20 muestra el gráfico de medias de la variable densidad, indica la interacción de los niveles del factor C.

**Figura 21**

*Interacciones del factor B y el factor C por densidad*

Gráfico de Interacciones





Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias de los niveles del Factor C, son significativamente diferentes de otras. En la parte superior de la página, se han identificado 2 grupos homogéneos según la alineación de las A en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de A. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. De acuerdo a los datos obtenidos se puede evidenciar que el nivel c1, es el que presenta mayor valor con respecto a su media, y es diferente a los otros niveles, tal como se muestra en la figura 20.

De esta manera, para la obtención de la mejor combinación en la elaboración del biopolímero según la variable densidad, se aplicó al tratamiento 25 con la codificación a<sub>3</sub>b<sub>3</sub>c<sub>1</sub> el cual corresponde a: 50% suero láctico + 50% agua destilada + 70% de almidón + glicerina, este tratamiento tuvo una densidad de 1,25 g/cm<sup>3</sup>.

Los valores promedio de la densidad fueron comparados con los datos obtenidos por (Demera & Meza 2021), donde la densidad de su biopolímero fue de 1,22 g/cm<sup>3</sup> y menciona que debido a su densidad este biopolímero tiene la capacidad de ser competente en el mercado para reemplazar materiales a base petróleo.

Monar (2017), obtuvo un valor máximo de densidad de 1,26 g/cm<sup>3</sup> que además resalta que la densidad de los biopolímeros está directamente relacionado con el proceso de solubilidad y biodegradabilidad del bioplástico el cual ejerce una degradación es una sustancia líquida o al ambiente, da corto o a largo plazo, de tal manera que la variable densidad influye en la calidad del producto con el fin de que sea correctamente denso para su solubilización y degradación.

#### 4.2.4. Análisis de varianza para la variable solubilidad

Para interpretar de mejor manera el análisis de varianza de la variable solubilidad, se establecieron hipótesis estadísticas las cuales no dicen;

$$H_o = t_1 = t_2 = t_3 = t_4$$

$$H_i = t_i \neq t_n$$

**Tabla 29**

*ANOVA para el ensayo de solubilidad*

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A: Suero A	721,622	2	360,811	267,97	0,0000
B: Almidón B	2665,02	2	1332,51	989,64	0,0000
C: Espesante C	11779,9	2	5889,95	4374,41	0,0000
Interacciones					
AB	1344,89	4	336,222	249,71	0,0000
AC	258,092	4	64,523	47,92	0,0000
BC	1808,34	4	452,086	335,76	0,0000
ABC	2985,06	8	373,132	277,12	0,0000
Residuos	72,7086	54	1,34646		
Total (corregido)	21635,6	80			

La tabla de análisis de varianza de la variable solubilidad, descompone la variabilidad en contribución debido a los factores: concentración de lactosuero, porcentaje de almidón y tipo de espesante, los factores P prueban la significancia estadística de cada uno de los factores, para el análisis del efecto que tiene cada factor sobre la variable solubilidad, se toma en consideración la interacción A×B×C, cuyo resultado es altamente significativo.

Además, existe evidencia estadísticamente significativa para rechazar la hipótesis nula, es decir que si existe interacción entre los factores de estudio dado el valor  $p$  es  $< 0.05$ , es decir hay significancia.

**Tabla 30**

*Prueba de rangos múltiples de solubilidad para el factor A*

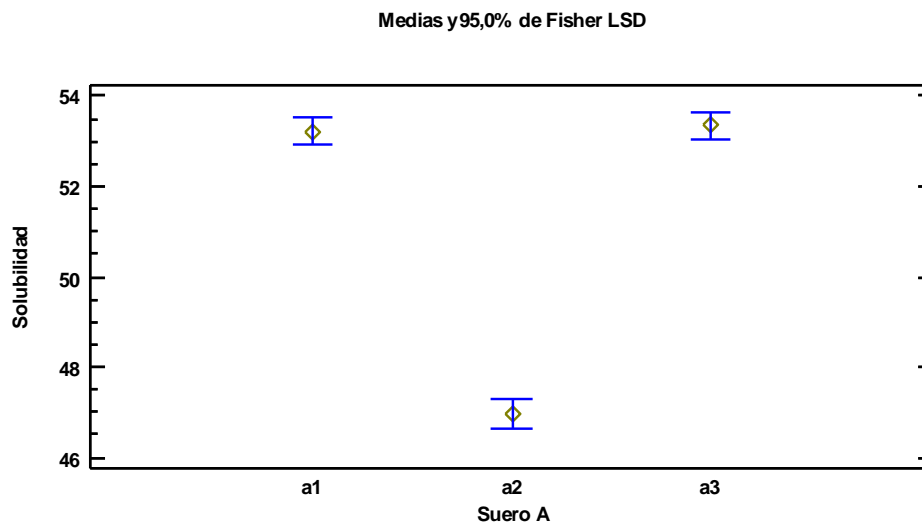
Suero A	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
a2	27	46,95	0,223313	A
a1	27	53,22	0,223313	B
a3	27	53,34	0,223313	B

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- limites
a1 - a2	*	6,26831	0,633167
a1 - a3		-0,12487	0,633167
a2 - a3	*	-6,39319	0,633167

\* indica una diferencia significativa

**Figura 21**

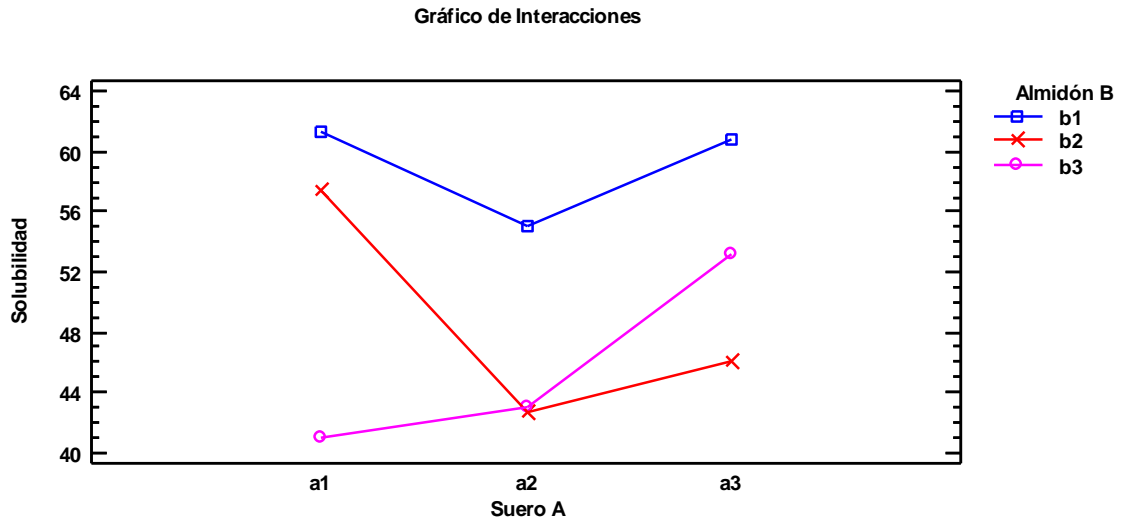
*Medias del factor A*



La figura 21 muestra el gráfico de medias de la variable solubilidad, indica la interacción de los niveles del factor A.

**Figura 22**

*Interacciones del factor A y el factor B por solubilidad*



Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias de los niveles del Factor A, son significativamente diferentes de otras. En la parte superior de la página, no se han identificado grupos homogéneos según la alineación de las A en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de A. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. De acuerdo a los datos obtenidos se puede evidenciar que el nivel a3, es el que presenta mayor valor con respecto a su media, y es similar al nivel a1, tal como se muestra en la figura 21.

**Tabla 31**

*Prueba de rangos múltiples de solubilidad para el factor B*

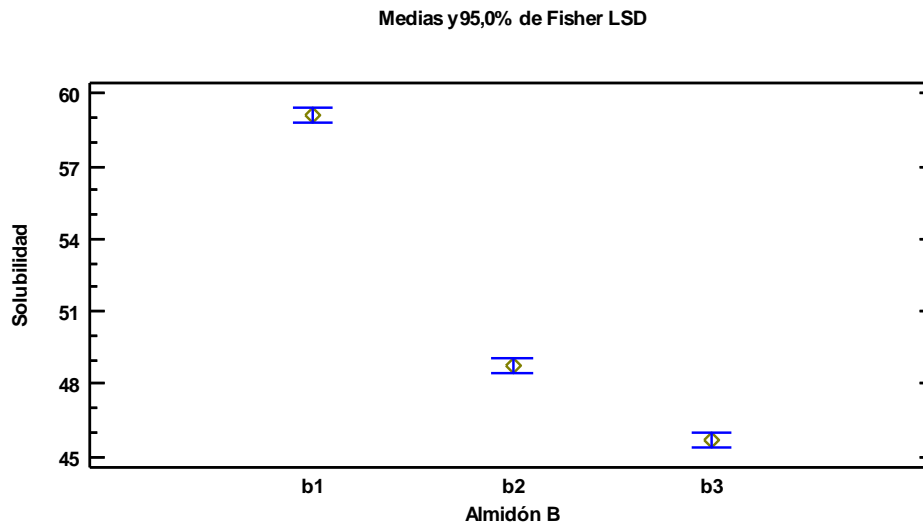
Almidón B	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
b3	27	45,70	0,223313	A
b2	27	48,71	0,223313	B
b1	27	59,09	0,223313	C

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- limites
b1 - b2	*	10,3815	0,633167
b1 - b3	*	13,3898	0,633167
b2 - b3	*	3,00826	0,633167

\* indica una diferencia significativa.

**Figura 23**

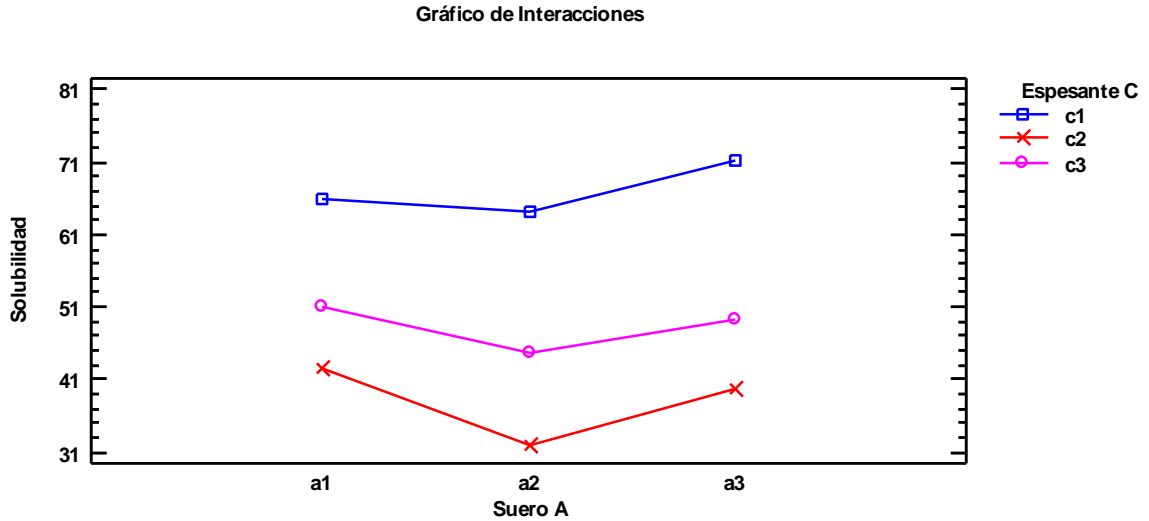
*Medias del factor B*



La figura 23 muestra el gráfico de medias de la variable solubilidad, indica la interacción de los niveles del factor B.

**Figura 24**

*Interacciones del factor A y el factor B por solubilidad*



Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias de los niveles del Factor B, son significativamente diferentes de otras. En la parte superior de la página, no se han identificado grupos homogéneos según la alineación de las B en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de B. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. De acuerdo a los datos obtenidos se puede evidenciar que el nivel b1, es el que presenta mayor valor con respecto a su media, y es diferente a los otros niveles, tal como se muestra en la figura 23.

**Tabla 32**

*Prueba de rangos múltiples de solubilidad para el factor C*

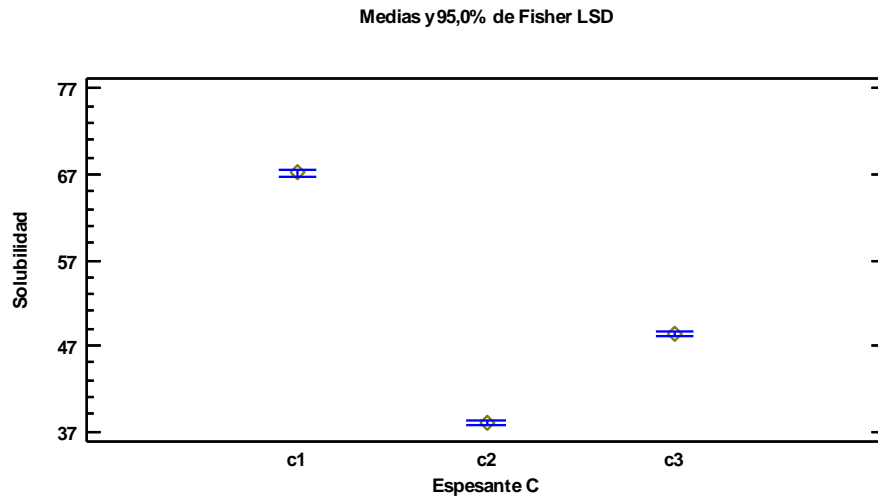
Espesante C	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
c2	27	38,03	0,223313	A
c3	27	48,32	0,223313	B
c1	27	67,15	0,223313	C

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- límites
c1 - c2	*	29,124	0,633167
c1 - c3	*	18,8379	0,633167
c2 - c3	*	-10,2861	0,633167

\* indica una diferencia significativa.

**Figura 25**

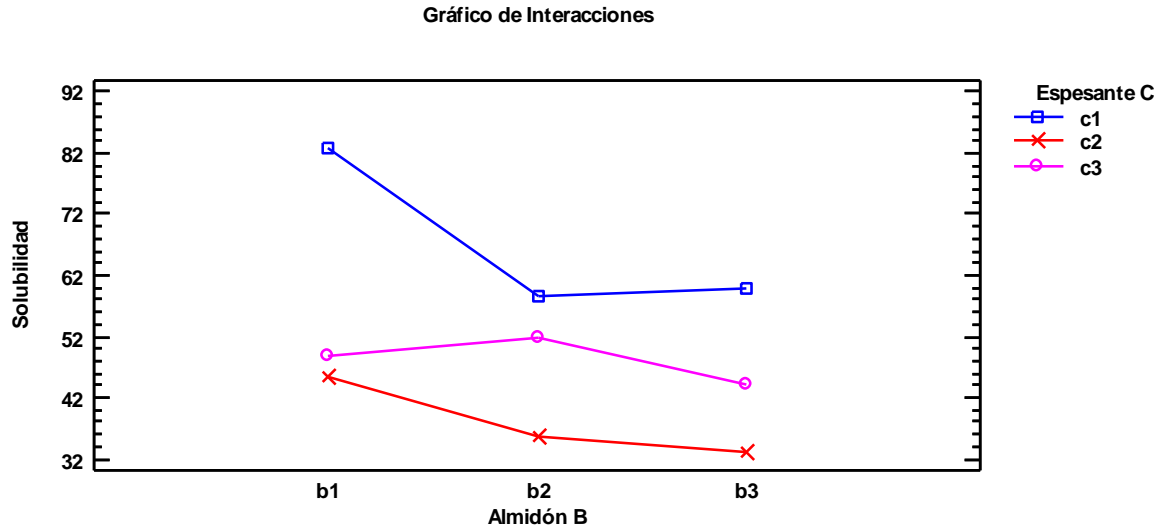
*Medias del factor C*



La figura 25 muestra el gráfico de medias de la variable solubilidad, indica la interacción de los niveles del factor C.

**Figura 26**

*Interacciones del factor B y el factor C por solubilidad*



Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias de los niveles del Factor C, son significativamente diferentes de otras. En la parte superior de la página, no se han identificado grupos homogéneos según la alineación de las C en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de C. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. De acuerdo a los datos obtenidos se puede evidenciar que el nivel c1, es el que presenta mayor valor con respecto a su media, y es diferente a los otros niveles, tal como se muestra en la figura 25.

De esta manera, para la obtención de la mejor combinación en la elaboración del biopolímero según la variable solubilidad se obtuvo como mejor el tratamiento 19 con la codificación  $a_3b_1c_1$ , que corresponde a: 50% suero + 50% agua destilada + 30% almidón + glicerina, que obtuvo un porcentaje de solubilidad del 96,99%.

Sin embargo (Gallegos 2021), en su estudio reporta un porcentaje de solubilidad de 58,42% de solubilidad en agua, también menciona que valores inferiores al 70% de solubilidad son utilizados en recubrimientos para alimentos, y porcentajes superiores son utilizados como recubrimientos solubles para la encapsulación.



Por otro lado (Huacho et al. 2021), obtiene un valor del 70,71% de solubilidad en agua, indicando que se encuentra dentro de los rangos establecidos para la obtención de biofilms que se destinan para los diferentes usos, además que la característica de ser soluble o no es indispensable ya que ello va a determinar la biodegradabilidad en el medio ambiente de manera natural en un lapso de tiempo determinado. Entonces se puede decir que el porcentaje de solubilidad depende de la concentración de almidón de papa que sean adicionados en la elaboración del biopolímero, es decir que valores que rondan el 30% obtendrán una mayor solubilidad ya que son hidrofílicas.

### 2.5. Análisis de varianza para la variable humedad

Para interpretar de mejor manera el análisis de varianza de la variable humedad, se establecieron hipótesis estadísticas las cuales no dicen;

$$H_o = t_1 = t_2 = t_3 = t_4$$

$$H_i = t_i \neq t_n$$

**Tabla 33**

*ANOVA para el ensayo de humedad*

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A: Suero A	1393,06	2	696,532	1342,43	0,0000
B: Almidón B	657,706	2	328,853	633,80	0,0000
C: Espesante C	0	2	0	0,00	1,0000
Interacciones					
AB	1305,01	4	326,253	628,79	0,0000
AC	0	4	0	0,00	1,0000
BC	0	4	0	0,00	1,0000
ABC	0	8	0	0,00	1,0000
Residuos	28,0185	54	0,518861		
Total (corregido)	3383,8	80			

La tabla de análisis de varianza de la variable humedad, descompone la variabilidad en contribución debido a los factores: concentración de lactosuero, porcentaje de almidón y tipo de espesante, los factores P prueban la significancia estadística de cada uno de los factores, para el análisis del efecto que tiene cada factor sobre la variable humedad, se toma en consideración la interacción  $A \times B \times C$ , cuyo resultado es altamente significativo.

Además, existe evidencia estadísticamente significativa para aceptar la hipótesis nula, es decir que no existe interacción entre los factores de estudio dado el valor  $p$  es  $> 0.05$ , es decir no hay significancia.

**Tabla 34**

*Prueba de rangos múltiples de humedad para el factor A*

<b>Suero A</b>	<b>Casos</b>	<b>Media LS</b>	<b>Sigma LS</b>	<b>Grupos Homogéneos</b>
a1	27	17,56	0,138626	A
a2	27	25,16	0,138626	B
a3	27	27,20	0,138626	C

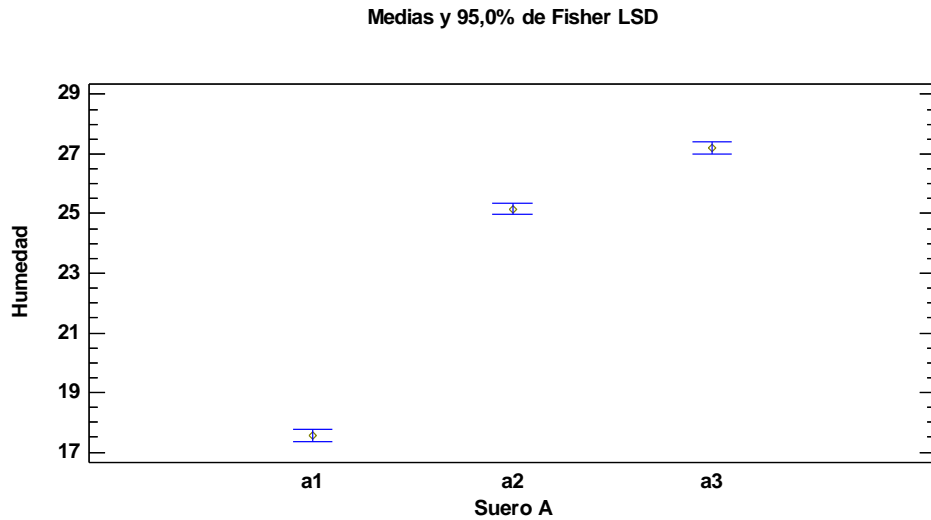
  

<b>Contraste</b>	<b>Sig.</b>	<b>Diferencia</b>	<b>+/- limites</b>
a1 - a2	*	-7,59329	0,39305
a1 - a3	*	-9,64036	0,39305
a2 - a3	*	-2,04707	0,39305

\* indica una diferencia significativa

**Figura 27**

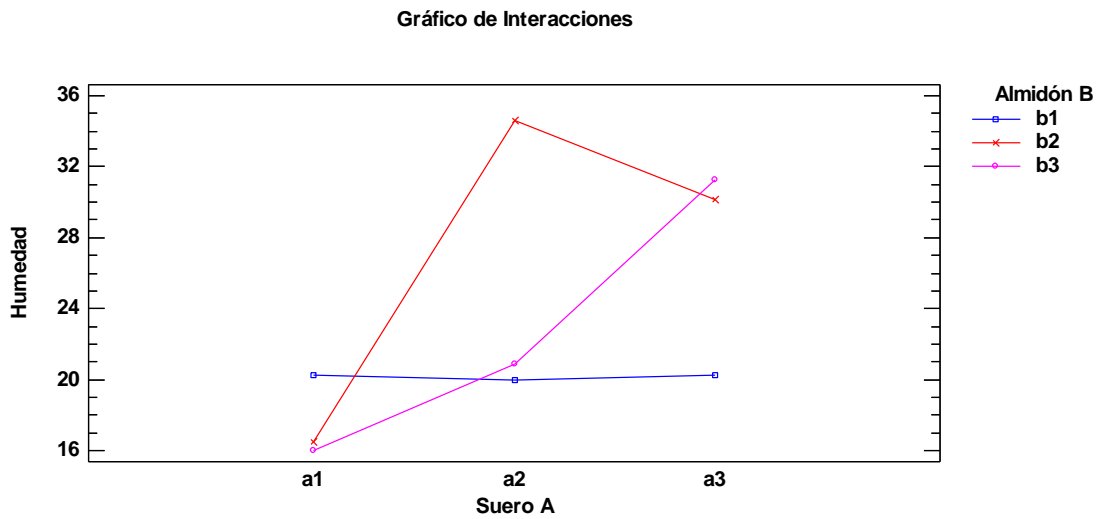
*Medias del factor A respecto a humedad*



La figura 27 muestra el gráfico de medias de la variable humedad, indica la interacción de los niveles del factor A.

**Figura 28**

*Interacciones del factor A y factor B respecto a humedad*



Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias de los niveles del Factor A, son significativamente diferentes de otras. En la parte superior de la página, no se han identificado grupos homogéneos según la

alineación de las A en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de A. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. De acuerdo a los datos obtenidos se puede evidenciar que el nivel a1, es el que presenta mayor valor con respecto a su media, y es diferente a los otros niveles, tal como se muestra en la figura 27.

**Tabla 35**

*Prueba de rangos múltiples de humedad para el factor B*

Almidón B	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
b1	27	20,1601	0,138626	A
b3	27	22,7100	0,138626	B
b2	27	27,0632	0,138626	C

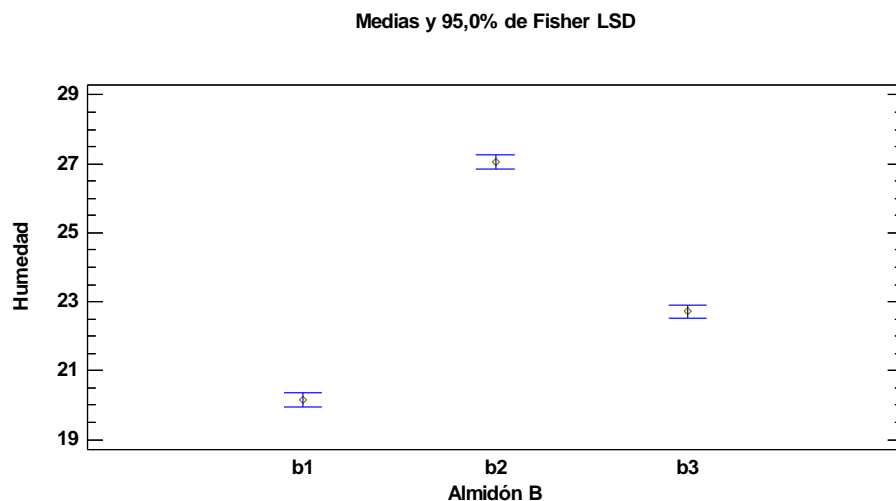
  

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- limites
b1 - b2	*	-6,90324	0,39305
b1 - b3	*	-2,55823	0,39305
b2 - b3	*	4,34501	0,39305

\* indica una diferencia significativa.

**Figura 29**

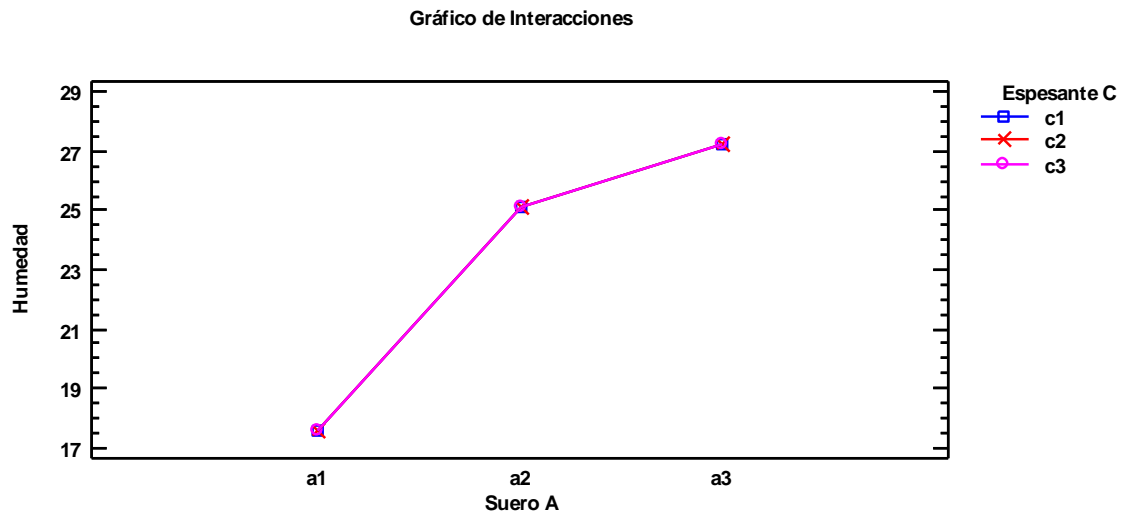
*Medias del factor B respecto a humedad*



La figura 29 muestra el gráfico de medias de la variable humedad, indica la interacción de los niveles del factor B.

### Figura 30

*Interacciones del factor A y el factor C respecto a humedad*



Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias de los niveles del Factor B, son significativamente diferentes de otras. En la parte superior de la página, no se han identificado grupos homogéneos según la alineación de las B en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de B. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. De acuerdo a los datos obtenidos se puede evidenciar que el nivel b1, es el que presenta menor valor con respecto a su media, y es diferente a los otros niveles, tal como se muestra en la figura 29.

**Tabla 36**

*Prueba de rangos múltiples de humedad para el factor C*

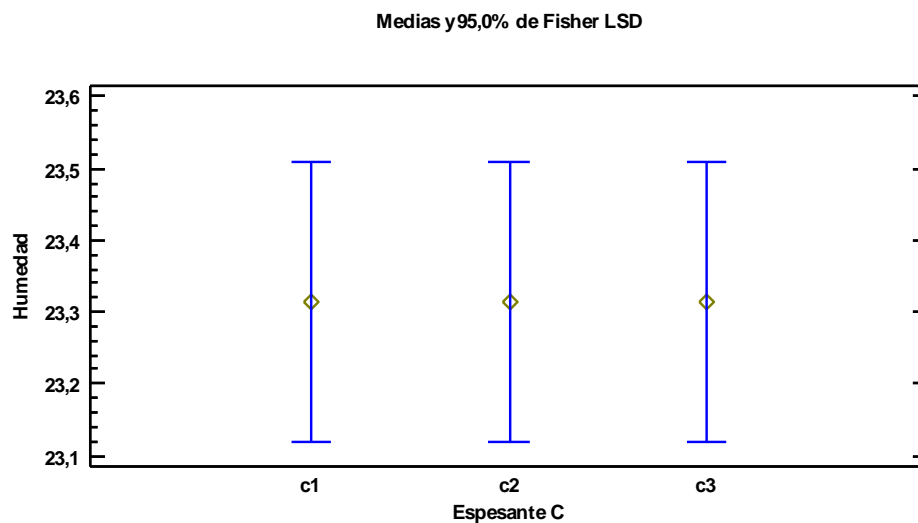
Espesante C	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
c2	27	23,3100	0,138626	A
c3	27	23,3100	0,138626	A
c1	27	23,3100	0,138626	A

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- limites
c1 - c2		0	0,39305
c1 - c3		0	0,39305
c2 - c3		0	0,39305

\* indica una diferencia significativa

**Figura 31**

*Medias del factor C respecto a humedad*



La figura 31 muestra el gráfico de medias de la variable humedad, indica la interacción de los niveles del factor C.

**Figura 32**

*Interacciones del factor B y el factor C respecto a humedad*



Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias de los niveles del Factor C, son significativamente diferentes de otras. En la parte superior de la página, se han identificado 3 grupos homogéneos según la alineación de las A en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de C. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. De acuerdo a los datos obtenidos se estableció el nivel c1 como el menor valor respecto a su media, de igual manera los tres niveles son iguales, tal como se muestra en la figura 31.

De esta manera, para la obtención de la mejor combinación en la elaboración del biopolímero según la variable humedad se aplicó el tratamiento 1 con la codificación  $a_1b_1c_1$ , que corresponde a: suero 100% + 30% almidón + glicerina, el cual presentó menor porcentaje de humedad con un 20,20%.

Sin embargo (Gómez 2021), en la investigación que realizó reporta una humedad con un valor de 14,58%, obteniendo películas biodegradables con características similares a las de los polímeros convencionales. Así mismo (Bartra & Vela 2020), en el estudio que realizaron, obtuvieron un porcentaje de humedad menor con un valor de 18,38% y

(Ledesma 2021), reportó una humedad superior con un valor de 28,77% en donde mencionan que el porcentaje de humedad presente en los biopolímeros es de suma importancia debido al efecto anti-plastificante de los polímeros que influye en las interacciones polímero-polímero y razonablemente en las propiedades fisicoquímicas y funcionales de las películas durante el procesamiento y almacenamiento

De igual manera (Gavilánez 2021), en su estudio reportó un porcentaje de humedad muy similar con un valor de 23,74% destacando que las biopelículas con un alto contenido de humedad se vuelven frágiles o débiles a la ruptura y en la manipulación, además que son más propensas a la proliferación de hongos.

#### **4.2.6. Ensayo de biodegradabilidad**

El ensayo de biodegradabilidad se realizó a los mejores tratamientos resultantes del análisis de varianza a las variables espesor medio, tracción, densidad, solubilidad y humedad, los cuales corresponden al T1, T19 y T25.

El porcentaje de biodegradabilidad se calculó en base al siguiente modelo matemático:

$$\% \text{ pérdida de peso} = \frac{\text{peso inicial seco} - \text{peso final seco}}{\text{peso inicial seco}} \times 100$$

**Ecuación 3.** *Fórmula para calcular la pérdida de peso*

La tabla a continuación presenta el porcentaje de biodegradabilidad de las muestras de los mejor mejores tratamientos del biopolímero



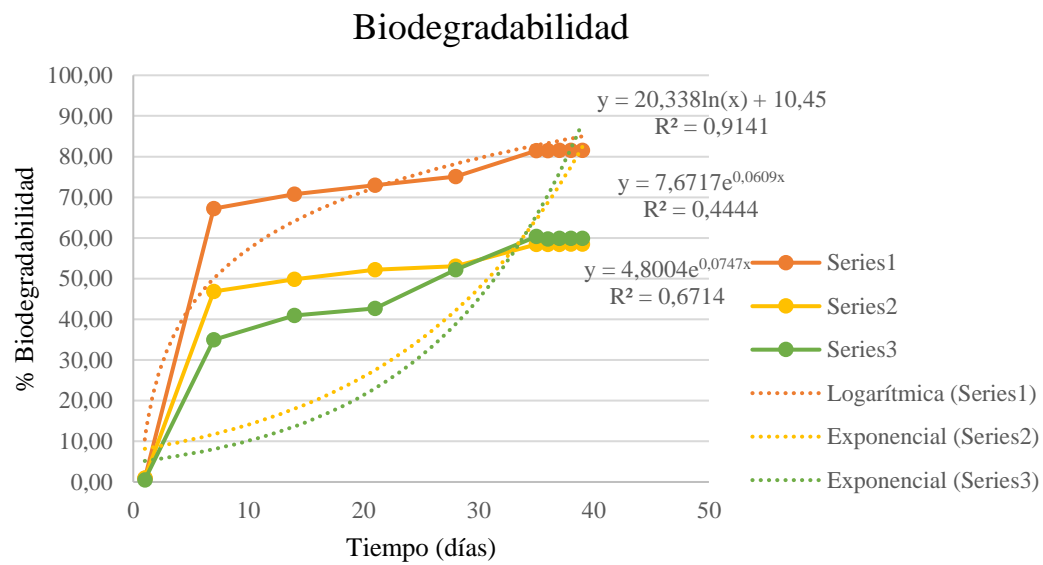
**Tabla 37**

*Porcentaje de biodegradabilidad del biopolímero*

Días	% Pérdida de peso		
	T1	T19	T25
Peso inicial	0,85	0,94	0,52
7	67,22	46,86	34,95
14	70,73	49,82	40,97
21	72,95	52,19	42,69
28	75,12	53,07	52,23
35	81,50	58,38	60,34
36	81,50	58,38	59,78
37	81,55	58,44	59,88
38	81,57	58,47	59,92
39	81,57	58,47	59,92

**Figura 33**

*Biodegradabilidad de los biopolímeros*



En la figura se puede apreciar el porcentaje de biodegradabilidad de los mejores tratamientos, los cuales corresponden al T1 con un porcentaje de biodegradabilidad de 81,57%, el T19 que obtuvo un 58,57% en biodegradación y el T25 con un valor de 59,92%.

Estos valores fueron comparados con los obtenidos por (Herrera 2021, en donde alcanzó un porcentaje de biodegradabilidad de 45,85%, además menciona que las biopelículas obtenidas en su investigación son absolutamente favorables desde el punto de vista ambiental ya que al cabo de 15 días en condiciones aerobias lograron obtener una buena degradación.

De igual manera (Guamán 2019), demostró que las láminas de bioplástico alcanzaron un 92.05% de degradación total al cabo de 30 días en condiciones aerobias, además recalca que este tipo de biopolímeros contribuyen a la disminución de la contaminación ambiental, considerando una alternativa sustentable ante el plástico tradicional que tarde entre 100 y 1000 años en descomponerse.

Entonces se pudo comprobar que la biodegradabilidad depende 100% de la proporción de cada componente necesario para la obtención de los biopolímeros, así como también de las condiciones a las cual se les someta para su posterior degradación.

#### **4.2.7. Ensayo de solubilidad**

El ensayo de solubilidad se realizó a los mejores tratamientos resultantes del análisis de varianza a las variables espesor medio, tracción, densidad, solubilidad y humedad, los cuales corresponden al T1, T19 y T25.

El porcentaje de solubilidad se calculó en base al siguiente modelo matemático:

$$\% \text{ Solubilidad} = \frac{\text{peso inicial seco} - \text{peso final seco}}{\text{peso inicial seco}} \times 100$$

**Ecuación 3.** *Fórmula para calcular la solubilidad*

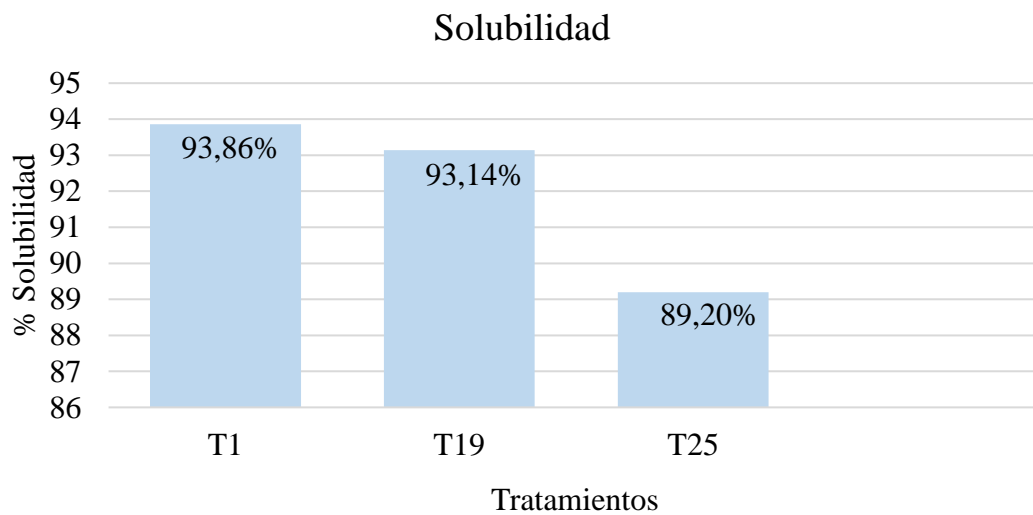
**Tabla 38**

*Solubilidad de los mejores tratamientos*

<b>Tratamiento</b>	<b>Replica</b>	<b>% Solubilidad</b>	<b>Promedio</b>
T1	1	94,10	93,86
	2	94,06	
	3	93,42	
T19	1	93,68	93,14
	2	92,74	
	3	93,00	
T25	1	89,62	89,20
	2	89,05	
	3	88,93	

**Figura 34**

*Solubilidad de los mejores tratamientos*



En la figura se puede apreciar el porcentaje de solubilidad de los mejores tratamientos, los cuales corresponden al T1 con un porcentaje de biodegradabilidad de 93,86%, el T19 que obtuvo un 93,14% en solubilidad y el T25 con un valor de 89,20%.

Los valores obtenidos se compararon con los de (Gallegos 2021), obtuvo un 80,85% de solubilidad en agua en el mejor tratamiento de biopolímero, y menciona que la solubilidad permite identificar de mejor manera la aplicabilidad que se le otorgará a las biopelículas, es decir que en este caso se disuelven con facilidad por lo que es ideal para cubiertas que al lavar se elimine con el agua.

Así mismo (Guadarrama 2020), obtuvo una solubilidad de 61,44% y menciona que las biopelículas son hidrofílicas lo que provoca su fácil dilución en agua, por lo que estas biopelículas no podrían aplicarse en alimentos con alto contenido de humedad, sin embargo, son compatibles para usarse en recubrimientos o encapsulación. Además, dice que el porcentaje de almidón influye en la solubilidad debido al contenido de amilosa que es insoluble en agua.

Gómez (2021), donde reporta un 28,89% de solubilidad en sus biopelícula, de igual manera menciona que la solubilidad en agua puede deberse a las interacciones de la proteína y la glicerina, las cuales estabilizan las interacciones entre las moléculas de almidón, esto puede estar interactuado directamente con los grupos hidroxilos del almidón y debilitar completamente sus enlaces, reduciendo la integridad de red en la matriz de almidón y, en consecuencia, la solubilidad en las películas.

Entonces se puede decir en este ensayo las muestras de biopolímeros obtuvieron mejores resultados de solubilidad, esto pudo deberse al estar en contacto directo con el detergente que ocasiona una elevación de pH ayudando a romper los componentes en este caso del biopolímero, es decir que un pH elevado es capaz de romper los tejidos o los enlaces.

### 4.3. Analizar el producto desarrollado en base a características reológicas

Las propiedades reológicas que se analizaron en el biopolímero obtenido fue el esfuerzo aplicado al punto de ruptura, también llamado tracción y la viscosidad de la mezcla en estado líquido.

En la tabla 21 y 22 que están a continuación se muestran los resultados obtenidos tras haberse realizado estos análisis.

#### 4.3.1. Ensayo de Tracción

El ensayo de tracción fue realizado al mejor tratamiento, la tabla a continuación muestra el resultado obtenido.

**Tabla 39**

*Resultados de ensayo de tracción*

<b>Identidad</b>	<b>Tracción (N)</b>	<b>Tracción (Mpa)</b>
T19(a <sub>3</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub> )	0,46 N	30x10 <sup>-7</sup>

La tabla muestra el resultado obtenido tras haberse realizado el ensayo de tracción al mejor tratamiento resultante de las variables experimentales, el cual obtuvo 0,30 Newton de tracción que es equivalente a 30x10<sup>-7</sup> Mpa.

Este valor fue comparado con los obtenidos por (Archila & Figueroa 2017), donde menciona que los plásticos reciclables, también se deforman, de manera que no logra alargarse notoriamente y al llegar al límite de su elasticidad el tiempo de rotura y se fractura, el valor más alto de un plástico reciclable fue de 60.5 Mpa mientras que el plástico obtenido convirtiéndolo a Mpa da un resultado de 4.09x10<sup>-7</sup>.

Así mismo (Narvárez 2016), con un valor de 106.05 MPa y el valor de (Charro 2015), que obtuvo u de tracción con un mínimo 5,8 N y un máximo de 45,17 N, además mencionan que la tracción de los biopolímeros está directamente relacionado con el proceso que ejerce presión destructiva que proporciona una mejor resistencia, con el fin de conocer la capacidad de soportar una carga u estiramiento a corto y largo plazo,

de lo que pretende permanecer obtener una calidad de resistencia adecuada para el producto.

#### 4.3.2. Ensayo de viscosidad

La viscosidad del biopolímero se realizó en estado líquido, es decir a la mezcla que se obtiene mezclando todos los componentes para obtener el polímero, esto se llevó a cabo con el uso de un viscosímetro.

En la tabla a continuación se presentan los datos obtenidos luego de desarrollar este ensayo.

**Tabla 40**

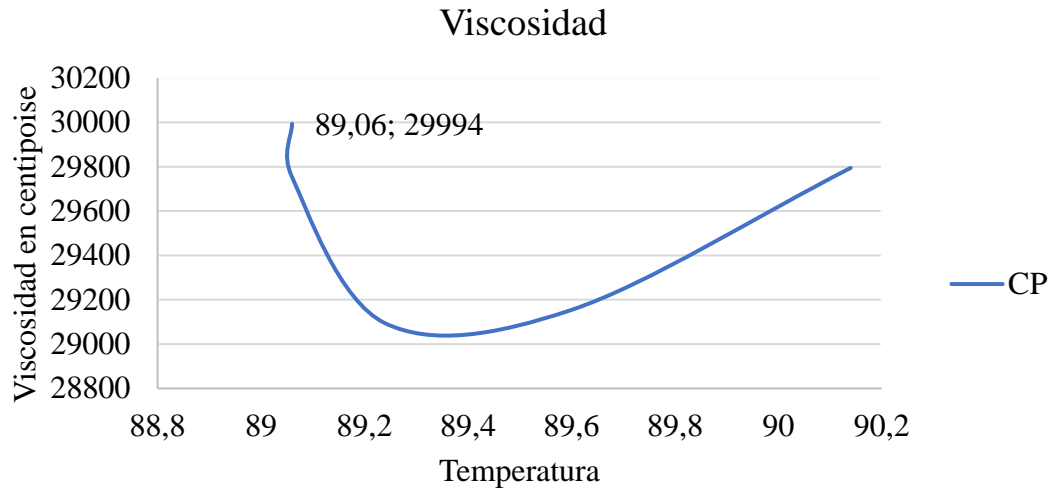
*Viscosidad de la mezcla del biopolímero a 28.5 °C.*

<b>Tratamiento</b>	<b>Temperatura °F</b>	<b>RPM</b>	<b>cP</b>
T1	83.3°	0.5	14937
	82.94°	1	9018
	82.76°	2	6044
	81.50°	2.5	5363
	81.32°	4	3060

En la tabla 33 se puede apreciar la viscosidad de la mezcla indicada en centipoise, en función de la temperatura que se expresa en °F, la viscosidad más alta fue cuando la mezcla se sometió a 83,3°F a 0,5 rpm con un resultante de 14937 centipoise, y al colocar la mezcla a 81.32°F en 4 rpm se obtuvo la viscosidad más baja de 3060 centipoise, según aumentaban las rpm la viscosidad de la mezcla iba disminuyendo, al igual que su temperatura, esto podría relacionarse con el porcentaje de almidón que contenía la mezcla, ya que a mayor concentración de amilopectina se refuerzan las redes de la estructura lineal de la amilosa haciendo que la mezcla se vuelva más densa.

**Figura 35**

*Viscosidad (cP) del biopolímero en estado líquido*



El grafico de viscosidad nos muestra una curva que tiene un comportamiento de un fluido no newtoniano, el cual nos dice que cuya viscosidad va a aumentar cuando la velocidad de deformación aumente dentro del viscosímetro, se puede observar que se obtiene una viscosidad de 89.06 cP, es decir que la mezcla de los almidones van a resultar más viscosas, esto lo puede afirmar (Aguilar, et al. 2020), el cual en su trabajo nos demuestra que los almidones de papa desarrollan un comportamiento no newtoniano o pseudoplástico arrojando un valor máximo de 115.46 cP. De igual manera (Chércoles 2016), menciona que por encima del valor de 50 cP las propiedades mecánicas de los polímeros mejoran notablemente, puesto a que a medida que aumenta el tamaño del polímero aumenta también la viscosidad de este.

De esta manera se puede fundamentar, que la mezcla y el resultado obtenido se encuentra dentro de los estándares para un fluido no newtoniano o un fluido dilatante, además nos da una mayor viscosidad dentro de la elaboración del biopolímero, para obtener una buena resistencia en el producto final.

#### 4.4. Estudiar el tiempo de vida útil del biopolímero desarrollado

En la tabla a continuación se presentan los resultados obtenidos tras haberse realizado el estudio del tiempo de vida útil del biopolímero

**Tabla 41**

*Resultados del tiempo de vida útil del biopolímero*

<b>Días</b>	<b>T1-R1</b>	<b>T1-R2</b>	<b>T1-R3</b>
Peso inicial	0,2794	0,2690	0,3044
7	0,0896	0,0944	0,0949
14	0,0805	0,0849	0,0835
21	0,0779	0,0723	0,0803
28	0,0701	0,0654	0,0768
35	0,0523	0,0475	0,0580
42	0,0523	0,0475	0,0580
49	0,0522	0,0473	0,0578
56	0,0522	0,0472	0,0578
63	0,0522	0,0472	0,0578
Tiempo de vida útil	63días		

Se puede apreciar los datos que se obtuvieron tras haberse realizado el estudio del tiempo de vida útil del biopolímero obtenido tomando en consideración la biodegradación del mismo, en donde se reporta que al día 28 presentó características físicas que evidenciaron su degradación que evitan darle alguna aplicabilidad, es decir que su tiempo de vida útil culminó, para ese día se obtuvo un porcentaje de pérdida de peso del 75,12% a más de presentar características físicas que evidenciaron su degradación. Continuando con el ensayo se determinó que el biopolímero se degradó en su totalidad a los 58 días con una pérdida de peso del 81,56%.



Comparando con los datos obtenidos por (Espinosa 2015), en su ensayo de biodegradabilidad en condiciones aerobias obtiene una pérdida de peso del 69,19% a los 20 días, esto quiere decir que para el día 39 su porcentaje de pérdida de peso aumentaría, sin embargo, no registra datos para dicho día. De igual manera (Gallegos 2021), en el ensayo de biodegradabilidad en condiciones aerobias en el suelo, reporta un porcentaje de pérdida de peso del 93,41% para el día 27, además menciona que la biodegradabilidad de los biopolímeros puede estar relacionada con el tipo de suelo que se utilice, es decir a la cantidad de microorganismos que descomponen la materia orgánica.

El siguiente modelo matemático muestra cómo se debe calcular el porcentaje de pérdida de peso.

#### **Cálculo de pérdida de peso**

$$\%pérdida\ de\ peso = \frac{\textit{peso inicial seco} - \textit{peso final seco}}{\textit{peso inicial seco}} \times 100$$

**Ecuación 4.** *Modelo matemático para calcular el tiempo de vida en función a la pérdida de peso*

Tratamiento 1 (Repetición 1)

$$\%pérdida\ de\ peso = \frac{0,2794 - 0,0701}{0,2794} \times 100$$

$$\%pérdida\ de\ peso = 74,91\%$$

(Repetición 2)

$$\%pérdida\ de\ peso = \frac{0,2694 - 0,0472}{0,2694} \times 100$$

$$\%pérdida\ de\ peso = 82,45\%$$

(Repetición 3)

$$\%p\acute{e}rdida\ de\ peso = \frac{0,3044 - 0,1572}{0,3044} \times 100$$

$$\%p\acute{e}rdida\ de\ peso = 81,01\%$$

#### **4.5. Aplicar agroindustrialmente el biopolímero desarrollado**

Dando cumplimiento al objetivo general específico se realizó la encapsulación de detergente líquido utilizando láminas del biopolímero obtenido en una medida de 4x4 cm.

A continuación, se presenta los parámetros que se establecieron luego de realizar varias prácticas de encapsulación.

**Tabla 42**

*Parámetros de encapsulación*

<b>Herramienta</b>	<b>Tiempo de sellado</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Peso</b>
Selladora de fundas	7 segundos	4 x 4 cm	3 g

La tabla 41 descompone los parámetros que fueron necesarios para la encapsulación del detergente líquido. Todos los valores antes mencionados se establecieron luego de haber realizado varias pruebas con la finalidad de obtener el mejor resultado.

#### **4.6. Comprobación de hipótesis**

Para el desarrollo de la investigación se plantearon las siguientes hipótesis:

##### **4.6.1. Hipótesis nula**

*H*<sub>0</sub>: La combinación de lactosuero y almidón de papa más la adición de espesantes, bajo condiciones controladas, no permitirá obtener un biopolímero con características reológicas adecuadas.

##### **4.6.2. Hipótesis alternativa**

*H*<sub>i</sub>: La combinación de suero de leche y almidón de papa más la adición de espesantes, bajo condiciones controladas, si permitirá obtener un biopolímero con características reológicas adecuadas.

En función a la investigación realizada, y a los resultados obtenidos en cuanto a las propiedades reológica del biopolímero, existe evidencia en el estudio y en la bibliografía antes citada para rechazar la hipótesis nula, es decir que la combinación de suero de leche y almidón de papa más la adición de espesantes, bajo condiciones controladas, si permite obtener un biopolímero con características reológicas adecuadas.

## 4.7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.7.1. Conclusiones

- Los valores obtenidos en los análisis desarrollados se encuentran dentro de los rangos establecidos para lactosuero según la NTE INEN 2594:2011, y para el almidón de papa los valores se encuentran dentro de los rangos establecidos por la NTE INEN 524:2013.
- Los mejores tratamientos fueron; ( $a_1b_1b_1$ ) que corresponde a 100% lactosuero + 30% de almidón + 5 ml de glicerina en relación a las variables de espesor medio y tracción, el siguiente tratamiento para la variable humedad fue ( $a_1b_3c_1$ ) que corresponde a 100% lactosuero + 70% de almidón + 5 ml glicerina, para la variable solubilidad el mejor tratamiento resultó ser ( $a_3b_1c_1$ ) correspondiente a 50% lactosuero + 50% agua destilada + 30% de almidón + 5ml glicerina, para la variable densidad el mejor tratamiento fue ( $a_3b_3c_1$ ) que corresponde a 50% lactosuero + 50% agua destilada + 70% de almidón + 5 ml glicerina. En cuanto a la variable biodegradabilidad se realizó a los mejores tratamientos resultantes del análisis de varianza, en donde el T1 ( $a_1b_1b_1$ ) presentó mejores características físicas que degradación a más de presentar el porcentaje más alto de pérdida de peso con un 75,12%.
- Las características reológicas analizadas en el biopolímero, nos dan como resultado un fluido no newtoniano o fluido dilatante, el cual demuestra una mayor viscosidad en cuanto al aumento de la velocidad, de esta manera podemos concluir que cuando la mezcla es más viscosa el biopolímero es más resistente.
- El tiempo de vida útil en el biopolímero desarrollado se relaciona con la biodegradabilidad del mismo, el cual presentó un tiempo de vida útil de 28 días.
- La aplicación agroindustrial que se realizó con las láminas del biopolímero desarrollado fue la de encapsular detergente líquido, sin embargo, la durabilidad de este producto es muy corta debido a que no se utilizó permeabilizantes en la formulación del biopolímero.

#### 4.7.2. Recomendaciones

- Para la obtención de biopolímeros es preferible utilizar materias primas en su estado puro, es decir en el caso del lactosuero que sea dulce sin adición de sal ya que esto afecta al pH de la mezcla y se pueden obtener resultados desfavorables, en el caso del almidón trabajar siempre con el mismo, es decir que provenga del mismo tubérculo que en este caso se utilizó de la variedad papa chola, esto debido a que los niveles de amilosa y amilopectina no van a variar significativamente.
- Estudiar otros factores de como: la permeabilidad en los polímeros, su grado de toxicidad con la finalidad de ser utilizado como empaques de alimentos y realizar un estudio mas detallado sobre la reología.
- Analizar la acción que tiene la glicerina, en la formación de los biopolímeros.
- Verificar los materiales y equipos necesarios, para realizar los análisis con mayor exactitud.
- Se recomienda darle otra aplicabilidad a este biopolímero, preferiblemente destinado a productos secos como por ejemplo envolturas de alimentos sólidos o encapsular detergente en polvo para evitar el uso de fundas plásticas derivadas del petróleo que generan contaminación ambiental.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acuña, N. (2017). *Revisión bibliográfica sobre los microorganismos biodegradadores de polietileno de baja densidad y sus efectos en el material*. Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, Bogotá d.c.
- Akyol, H., Riciputi, Y., Capanoglu, E., Caboni, M. F., & Verardo, V. (2016). Compuestos fenólicos en la papa y sus derivados: una visión general. *International Journal of Molecular Sciences*, 17(6), 1-19.
- <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4926369/>
- Albarrán, R. (2019). *Análisis experimental de fluidos no newtonianos sometidos a impactos*. [Títulos de Grado. Universidad Nacional Autónoma de México, Cd. Mexico] Archivo digital.
- <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/16977/Tesis.pdf?sequence=3>
- Alendy, C. (2018). *Desarrollo, caracterización y validación de un bioplástico reforzado con prégano con acción antifúngica contra alternaria (Alternaria alterna)*. [Titulo de Grado. Universidad de Zamorano, Zamorano]. Archivo digital.
- <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6228/1/AGI-2018-T016.pdf>
- Alimentologia. (2019). *Alimentologia*. <https://alimentologia.com/el-lactosuero-de-la-leche-es-contaminante-lo-sabias/>
- Altemimi, A. B. (2018). Extracción de la fécula de patata y su aplicación como estabilizador en la fabricación de yogur. *foods*, 7(2), 1-11. doi:
- <https://doi.org/10.3390/foods7020014>
- Andrade, E. E. (2021). Elaboración de bioplástico a partir del almidón de la cáscara de la papa (*Solanum Tuberosum*) y la cáscara de la papaya hawaiana (*Carica Papaya L.*) como alternativa para uso en envolturas biodegradables de alimentos. [Trabajo de

- titulación*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba]. Archivo digital.  
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/14978/1/96T00632.pdf>
- Angueta, M., & Giraldo, L. (2019). Ingeniería Industrial. *elaboración de envases bioplásticos mediante el aprovechamiento de materias primas vegetales con fines industriales*. [Título de Grado. Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo]. Archivo digital.  
<https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/4177/1/T-UTEQ%200071.pdf>
- Archila, D., & Figueroa, G. (2017). ingeniera civil. *Análisis de la resistencia al corte, tracción, flexión y compresión en probetas de plástico reciclado*. [Tesis de Grado. Universidad la Gran Colombia, Bogota d.c.]. Archivo digital.  
<https://repository.ugc.edu.co/bitstream/handle/11396/5517/1.%20trabajo%20de%20grado.pdf?sequence=1&isallowed=y>
- Arias, W., Aguilar, M., Ramírez, M., & Quintana, D. (2020). El papel de la reología en la caracterización de fluidos: Análisis reológico de dispersores de almidón de distintas fuentes. *Edvcatio physicorum quo non ascendam*, 14(4), 4310-1- 4310-6. Recuperado de.  
[http://www.lajpe.org/dec20/14\\_4\\_10.pdf](http://www.lajpe.org/dec20/14_4_10.pdf)
- Arozarena , I. (2021). *Alimentos sin desperdicio*. Obtenido de.  
<https://alimentosindesperdicio.blog/2021/10/28/valorizacion-de-lactosuero-en-pequena-queseria/>
- Arteaga, J., Zambarano, M., Loor, L., Zambrano, J., & Rivera, R. (2017). Características sensoriales de un helado artesanal con suero de leche. *Espamciencia*, 8(2), 69-73.  
[http://revistasespam.esPAM.edu.ec/index.php/Revista\\_ESPAMCIENCIA/article/view/145/127](http://revistasespam.esPAM.edu.ec/index.php/Revista_ESPAMCIENCIA/article/view/145/127)
- Atencio, P., & Ramirez, D. (2020). Evaluación de antioxidantes y características físicas de almidón de cuatro variedades de papa (*Solanum tuberosum*) con pulpas de color

- cultivadas en la región huánuco. [Tesis de grado. Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Huánuco]. Archivo adjunto.
- <https://repositorio.unheval.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13080/5965/TAI00166A86.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Barbosa, S. J., Gutiérrez, T. ., & Jiménez, B. . (2016). *Termodinámica para ingenieros*. Madrid: Grupo editorial Patria.
- Barreto, F. F., & Velezmoro, C. (2018). Propiedades reológicas y viscoelásticas de almidones de tubérculos andinos. *Scientia Agropecuaria*, 9(2), 189 – 197. doi: <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.02.03>
- Bartra, C. C., & Vela, J. N. (2020). Elaboración de bioplásticos con almidón de *Canna indica* y *Dioscorea trifida*, reforzado con pectina de *Citrus × latifolia*. [Tesis de grado. Universidad César Vallejo, Tarapotó]. Archivo digital.
- [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/65041/Bartra\\_ACC-Vela\\_VJN-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/65041/Bartra_ACC-Vela_VJN-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Basantes Vizcaíno , T., Aragón Suárez, J., Albuja Illescas , L. M., & Vásquez Hernández, L. (2020). Diagnóstico de los costos, rendimientos de producción y comercialización de papa (*Solanum tuberosum* L.) en la Zona 1 del Ecuador, año 2019. *Agronegocios*, 6(2), 103-120. doi: <https://doi.org/10.18845/ea.v6i2.5103>
- Basiak , E., Lenart, A., & Debeaufort , F. (2017). Efecto del tipo de almidón sobre las propiedades fisicoquímicas de películas comestibles. *Revista internacional de macromoléculas biológicas*, 98(1), 348-356. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.01.122>
- Bergesse, A. E., Boiocchi , P. N., Calandri, E. L., Cervilla , N. S., Gianna, V., Guzmán, C. A., . . . Mufari , J. R. (2015). *Aprovechamiento integral del grano de quinoa: aspectos*



*tecnológicos, fisicoquímicos, nutricionales y sensoriales.* (F. V. Grasso, Ed.) Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba.

Blanco , J. C., Caicedo, M. L., Caro, M. P., Centeno, J. M., & Rodríguez , M. (2017). Elaboración de una película plástica biodegradable a partir del almidón de yuca y pectina. *CLIC*, 1-6. Recuperado de

<http://www.fitecvirtual.org/ojs-3.0.1/index.php/clic/article/view/252/220>

Bravo, A. F., & Chavarría, M. A. (2020). Extracción y caracterización del almidón de papa (*Solanum tuberosum*) variedad leona blanca. *Revista de Ciencia y Tecnología El Higo*, 10(2), 26-34. doi:

<https://doi.org/10.5377/elhigo.v10i2.10550>

Briones Muñoz, S., & Riera, M. A. (2020). Residuos de las cáscaras de yuca y cera de abejas como potenciales materiales de partida para la producción de bioplásticos. *Avances en química*, 15(1), 3-11.

[https://www.researchgate.net/publication/342107218\\_Residuos\\_de\\_la\\_cascara\\_de\\_yuca\\_y\\_cera\\_de\\_abeja\\_como\\_potenciales\\_materiales\\_de\\_partida\\_para\\_la\\_produccion\\_de\\_bioplasticos](https://www.researchgate.net/publication/342107218_Residuos_de_la_cascara_de_yuca_y_cera_de_abeja_como_potenciales_materiales_de_partida_para_la_produccion_de_bioplasticos)

Brito, Moína , H. L., Heredia, Aguirre , S. I., & Rodríguez Basantes , A. I. (2021). Recuperación de las macromoléculas de almidón de la cáscara de papa Súper Chola (*Solanum tuberosum*). *Ciencia Latina*, 5(5), 83-48. doi:

[https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v5i5.922](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i5.922)

Burgos, G., & de Hann, S. (08 de 2019). *Centyro Internacional de la Papa*. Recuperado de CIP:

<https://cipotato.org/wp-content/uploads/2019/08/CIP-PANAMERICANOS-LIMA-2019.pdf>

Bustamante, E. R., & Peralta, B. M. (2018). *Caracterización de Biopolímero obtenido a partir de leche de vaca y almidón de yuca*. [Tesis de Grado. Universidad de Guayaquil]. Repositorio Institucional de la Universidad de Guayaquil.

<http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/28021>

Bustamante, R., & Peralta, M. (2018). "*Caracterización de biopolímero obtenido a partir de leche de vaca y almidón de yuca*". [Tesis de Grado. Universidad de Guayaquil. , Guayaquil]. Repositorio Institucional de la Universidad de Guayaquil.

<http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/28021>

Cámara de Comercio de Guayaquil. (09 de 2019). *Prohibición al suero de leche: desperdicio, informalidad y daño ambiental*. Guayaquil: Departamento de investigación y proyectos. Recuperado de.

<https://www.lacamara.org/website/wp-content/uploads/2017/03/IPE-321-Comercio-de-Suero-de-leche.pdf>

Canales, A. C. (2021). Caracterización fisicoquímica y funcional de almidones de papa y tunta de tres variedades nativas amargas procedentes de Ilave-Puno. [Tesis de grado. Universidad Nacional Agraria, Lima]. Archivo digital.

<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4607/cuba-canales-alejandra.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Cardona, J. S. (2019). *Obtención de un bioplástico a partir de almidón de papa* [tesis de grado, Fundación Universidad de América Facultad de Ingenierías programa de ingeniería química, Bogotá]. Archivo digital.

<https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7388/1/6132181-2019-1-IQ.pdf>

Cardona, J. S. (2019). *Obtención de un bioplástico a partir de almidón de papa*. [Tesis de grado, Fundación Universidad de América Facultad de Ingenierías Programa de Ingeniería Química, Bogotá.]. Archivo digital.

<https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7388/1/6132181-2019-1-IQ.pdf>

Castro , C. (2015). *Aprovechamiento industrial del lactosuero*. [Tesis de Grado. Universidad de Córdoba, Córdoba]. Archivo digital.

<https://es.scribd.com/document/462481230/Aprovechamiento-industrial-del-lactosuero-pdf>

Cerón , M., Alzate, A., Rojano, B., & Ñuztez, C. (2018). Composición Físicoquímica y Propiedades Antioxidantes de Genotipos Nativos de Papa Criolla (*Solanum tuberosum* Grupo Phureja). *Información Tecnológica*, 29(3), 205-216. doi:

<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642018000300205>

Chacón Gurrola, L. R., Chávez Martínez , A., Rentería Monterrubio , A. L., & Rodríguez Figueroa , J. C. (2017). Proteínas del lactosuero: usos, relación con la salud y bioactividades. *Interciencia*, 42(11), 712-718. Recuperado de.

<https://www.redalyc.org/pdf/339/33953499002.pdf>

Charro, M. (2015). *Obtención de plástico biodegradable a partir de almidón de patata*. [Tesis de Grado. Universidad Central del Ecuador, Quito] Archivo digital.

<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/3788/1/T-UCE-0017-97.pdf>

Chércoles, R. (2016). *Estudio del comportamiento físico-químico de materiales poliméricos utilizados en conversión y restauración de bienes culturales*. [Grado de Doctorado. Universidad Complutense De Madrid, Madrid]. Archivo digital.

<https://eprints.ucm.es/id/eprint/39013/1/T37743.pdf>

Cerón , M., Alzate, A., Rojano, B., & Ñuztez, C. (2018). Composición Físicoquímica y Propiedades Antioxidantes de Genotipos Nativos de Papa Criolla (*Solanum tuberosum* Grupo Phureja). *Información Tecnológica*, 29(3), 205-216. doi:

<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642018000300205>

Contreras Pérez, R. K., De la Torre Gutiérrez , L., González Cortés, N., & Jiménez Vera, R. (2018). Caracterización funcional de almidones de plátano cuadrado (*Musa balbisiana* Colla). *European Scientific Journal*, 14(30), 82-97. doi:

<http://dx.doi.org/10.19044/esj.2018.v14n30p82>

Correa, R. S. (2020). Elaboración de un bioplástico a partir de la palta (*Persea americana*) con cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*) y almidón de papa (*Solanum tuberosum*), con su efecto de elasticidad. [*Tesis de Grado*. Universidad Nacional de Piura, Piura]. Archivo digital.

<https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12676/2451/IAIA-GAR-COR-2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Cuesta, X., & Rivadeneira , J. (2021). *Estado actual de la investigación de la papa en el Ecuador*. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5746/1/iniapsc407.pdf>

Demera, V. ., & Meza, A. K. (2021). Tesis de grado. *Obtención de biopolímero evaluando el almidón de dos variedades de malanga, blanca (*Colocasia esculenta* (L.) Schoot) y morada (*Xanthosoma sagittifolium* (L) Schoot & Endl) dos espesantes y relación agua almidón para la producción de empaques biodegradables*. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Santo Domingo-Ecuador.

ESPAC . (2020). *INEC*.

Espinosa, M. M. (2015). Obtención de plástico biodegradable de almidón de patata. [*Trabajo de grado*. Universidad Central del Ecuador, Quito]. Archivo digital.

<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/3788/1/T-UCE-0017-97.pdf>

Espinoza, M. M. (2015). Obtención de plástico biodegradable a partir de almidón de papa. [*Tesis de grado*. Universidad Central del Ecuador, Quito]. Repositorio Digital Universidad Central del Ecuador.

<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/3788>

- Fernández , C., Matinez, E., Morán , A., & Gómez, X. (2016). Procesos biológicos para el tratamiento de lactosuero con producción de biogás e hidrógeno. Revisión bibliográfica. *ION*, 29(1), 47-62. doi:  
<http://dx.doi.org/10.18273/revion.v29n1-2016004>
- Feynman, R., Leighton, R., Sands, M. L., & Oelker, L. E. (2018). *Lecciones de física de Feynman I: mecánica, radiación y calor*. México: Fondo de cultura económica.
- Flores, R. . (2021). Una revisión de métodos para elaborar alcohol a partir de suero de leche. [*Tesis de grado*. Universidad San Francisco de Quito, Quito]. Archivo digital.  
<https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/10054/1/122849-135750.pdf>
- Freire Santos, L., Cibely , M. G., Lumi Ishii, P., & Hiroshi Suguimoto, H. (2017). Deproteinization: an integrated-solution approach to increase efficiency in  $\beta$ -galactosidase production using cheese whey powder (CWP) solution. *Ambiente & Água*, 12(4), 643-651. doi:  
<https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1936>
- Gallegos, J. L. (2021). Elaboración de un biopolímero a partir del almidón de la cáscara de trigo (*Triticum aestivum* L.). [*Trabajo de titulación*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba] Archivo digital.  
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/14793/1/156T0026.pdf>
- Gavilanez, R. . (2021). Elaboración de un bioplástico a partir del almidón de arroz (*Oryza sativa*) y arroz integral para uso como envolturas biodegradables de alimentos. [*Tesis de grado*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba]. Archivo digital.  
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/14971/1/96T00627.pdf>
- Gómez, D. N. (2021). Elaboración de películas biodegradables utilizando escamas de pescado, concentrado de proteína de soya y almidón de papa. [*Tesis de grado*. Universidad Veracruzana, Veracruz]. Archivo digital.

<https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/1944/50807/MarquezGomezDiana.pdf?sequence=1>

Granda, J., & Ramos, Y. (2019). *"Estudio de la resistencia a la tracción y deformación de bioplásticos obtenidos a partir de almidón de solanum tuberosum a diferentes porcentajes de plastificante"*. [Tesis de Grado. Universidad nacional de trujillo, trujillo]. Archivo digital.

<https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/13393/GRANDA%20S%20c%2081NCHEZ%20Jorge%20Jeyson%20RAMOS%20CONTRERAS%20Ye%20Merly.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Guadarrama, J. A. (2020). Elaboración y caracterización de biopelículas elaboradas con quitosano y adicionadas con partículas de almidón. [Tesis de grado. Universidad Autónoma del estado de México, Toluca]. Archivo digital.

<https://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/109321/TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Guamán , J. (2019). *"Obtención de plásticos biodegradables a partir de almidón de cascara de papa para su aplicación industrial"*. [Tesis de Grado. Escuela Superior de Chimborazo, Riobamba] Archivo digital.

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/11069/1/96T00540.pdf>

Guevara , L., & León , R. (2019). *Aprovechamiento del lactosuero dulce en la elaboración de un alimento enriquecido con Hordeum vulgare y Passiflora edulis*. [Tesis de Grado. Universidad de Guayaquil, Guayaquil]. Archivo digital.

<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/46769/1/BINGQ-GS-19P78.pdf>

Gutiérrez, P. H., & Salazar, R. d. (2009). *Análisis y diseño de experimentos*. Ricardo a. del Bosque Alayon. Editorial Mc Graw Hill.

Gutierrez, R. (2016). "*Caracterización morfológica y biometría de hojas y flores de papas nativas (Solanum sp.) cultivadas en la región pasco*". [Tesis de Grado. Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima]. Archivo digital.

<https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/2620/F01-C3744-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Herrera, Z. (2021). Ingeniería química. "*Formulación y caracterización de una biopelícula a partir de almidón de papa "santa isabel"(solanum tuberosum) para el uso de alimentos*". [Tesis de Grado. Escuela superior de chimborazo, Riobamba]. Archivo digital.

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/14988/1/96T00638.pdf>

Hidalgo, AL. (2021). "*Análisis de la producción de bioplástico a partir de almidón de papa solanum tuberosum l. Con antocianinas de repollo morado brassica oleracea, como potencial indicador de senescencia de productos acuícolas, con enfoque en seguridad alimentaria-gad ibarr*". [Tesis de Grado. Universidad Técnica del Norte, Ibarra]. Repositorio Digital Técnica del Norte.

<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/11524/2/03%20eia%20532%20trabajo%20grado.pdf>

Higuera, C., Rodriguez, N., & Zuluaga, K. (2021). "*Bioplásticos a partir de la semilla de aguacate*". Universidad ean, bogotá.

<https://repository.ean.edu.co/bitstream/handle/10882/10904/HigueraCamilo2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Holguin, J. S. (2019). Obtención de un bioplástico a partir de almidón de papa. [*Proyecto integral de grado*. Fundación Universidad de América, Bogotá]. Archivo digital.

<http://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7388/1/6132181-2019-1-IQ.pdf>

Huacho Chávez , I. F., Rodríguez Basantes, A., & Brito Moína , H. L. (2021). Síntesis de un biopolímero biodegradable a base de la yuca (*Manihot esculenta crantz*). *Dominio de las ciencias*, 216-232. doi:

<http://dx.doi.org/10.23857/dc.v7i1.1701>

Humpiri , Y. (2018). "*Reutilización de residuos de la cáscara de banano (*musa cavendish*) y plátano (*musa paradisiáca*) para la obtención de bioplásticos*". [Tesis Dde Grado. Universidad Nacional del Antiplano de Puno, Puno]. Archivo digital.

[http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/14887/Humpiri\\_Mamani\\_Yulay\\_Naisa.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/14887/Humpiri_Mamani_Yulay_Naisa.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

INEC . (2020). *INEC*. Recuperado de

[https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/webinec/Estadisticas\\_agropecuarias/espac/espac-2020/Presentacion%20ESPAC%202020.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/webinec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2020/Presentacion%20ESPAC%202020.pdf)

INEC. (2020). *Encuesta y superficie y producción agropecuaria*. Instituto. Obtenido de: [ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/)

INEC. (04 de 2021). *INEC*. Recuperado de

[https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/webinec/Estadisticas\\_agropecuarias/espac/espac-2020/Presentacion%20ESPAC%202020.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/webinec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2020/Presentacion%20ESPAC%202020.pdf)

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2011,08 de noviembre). *Suero de leche líquido. Requisitos*. Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN. Recuperado de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2594.pdf>

Ipial , A. (2020). "*Produccion y comercializacion de papas y su incidencia en el desarrollo socioeconómico de la parroquia Tufiño, Cantón Tulcán*". [Título de Grado. Universidad Estatal del Sur de Manabi "UNESUM", Jipijapa]. Archivo digital.

<http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2619/1/TESIS%20FINAL%20IPIA L.pdf>



Isique , M., & Sing , J. (2017). Profesional de Ingeniero Agroindustrial. *Influencia de la hidrólisis química en las características fisicoquímicas y funcionales de los residuos industriales de papa, camote y yuca*. [Título de Grado. Universidad Nacional del Santa, Nuevo Chimbote, Perú] Repositorio de la Universidad Nacional del Santa.

<http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/3053/47038.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Jácome, S. (2015). *Comparación de las variedades chola y capiro (Solanum tuberosum L.) en la textura de una papa pre frita congelada*". [Titulo de Grado. Universidad técnica de Ambato, Ambato]. Archivo digital.

<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/12381/1/AL%20580.pdf>

Jiang, J., Zeng, J., Gao, H., Zhang, L., Wang, F., Su, T., . . . Li, G. (2020). Efecto de la baja temperatura sobre las características de envejecimiento de un gel de almidón de patata. *International Journal of Biological Macromolecules*, 519-527. doi:

<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.02.077>

Juarez, Y. P., & Sanchez, M. L. (2022). Efecto de un pan suplementado con carragenina sobre el índice glucémica y su nivel de aceptación. [Titulo de Grado. Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo-Perú]. Archivo digital.

<https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/18737/Garcia%20Juarez%2c%20Yesenia%20Pamela%20y%20Moreno%20Sanchez%2c%20Marjorie%20Laleshka.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ladesma, A. (2021). "*Obtención de bioplástico a partir del míz (zea mays L.) y quinua (Chenodium quinoa) para envolturas alimenticias biodegradables*". [Titulo de Grado. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, riobamba]. Archivo digital.

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/14974/1/96T00630.pdf>

Li, L., Ni, R., Shao, Y., & Mao, S. (2014). Carragenina y sus aplicaciones en la administración de fármacos. *Pilímero de carbohidratos*, 1-11. doi:

<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.12.008>

López, J. F., Pomaquero, J. C., & López, J. L. (2020). Análisis de la contaminación ambiental por plástico en la ciudad de Riobamba. *Polo del conocimiento*, 725-742. doi:

<https://doi.org/10.23857/pc.v5i12.2139>

Maliza, V. (2021). *Síntesis de bioplástico a partir de la pulpa de plátano de seda (musa paradisiaca) y plátano rojo (musa acuminata) para uso como envolturas en productos alimenticios*. [Título de Grado. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba]. Archivo digital.

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/14960/1/96T00619.pdf>

Márquez, D. (2021). *Elaboración de películas biodegradables utilizando escamas de pescado, concentrado de proteína de soya y almidón de papa*. [Título de Maestría. Universidad Veracruzana, Veracruz]. Repositorio Institucional de la Universidad Veracruzana.

<https://cdigital.uv.mx/handle/1944/50807?show=full>

Márquez Vasallo, Y., Salomón Díaz, J. L., & Acosta Roca, R. (2020). Análisis de la interacción genotipo ambiente en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.). *Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas*, 1-14. Obtenido de

<http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v41n1/1819-4087-ctr-41-01-e10.pdf>

Martín, R., & Jerez, E. (2017). Efecto de las temperaturas en el rendimiento de la papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad romano. *Cultivos tropicales*, 38(1), 75-80. Obtenido de

<https://www.redalyc.org/pdf/1932/193250540009.pdf>

Mazorra, M., & Moreno, J. (2019). Propiedades y opciones para valorizar el lactosuero de la quesería artesanal. *Bioteología y Ciencias Agropecuarias*, 133-144. doi:

<https://doi.org/10.29059/cienciauat.v14i1.1134>

- ME-711.02-023. (2015,04 de mayo). *Determinación de humedad en alimentos, método de estufa universal y/o estufa de vacío*. Instituto de salud pública, Gobierno de Chile. Obtenido de [https://nanopdf.com/download/me-711-02-023-v3-determinacion-de-humedad-en-alimentos\\_pdf](https://nanopdf.com/download/me-711-02-023-v3-determinacion-de-humedad-en-alimentos_pdf)
- Meaño Correa, N., Ciarfella Pérez, A. T., & Dorta Villegas, A. M. (2014). Evaluación de las propiedades químicas y funcionales del almidón nativo de ñame congo (*Dioscorea bulbifera* L.) para predecir sus posibles usos tecnológicos. *Saber*, 26(2), 182-187. Obtenido de- <http://ve.scielo.org/pdf/saber/v26n2/art11.pdf>
- Medina, Y. C. (2019). *Transferencia de calor por conducción*. Cuba: Editorial Universitaria.
- Mena Martínez , M. E., Hernández Jabalera , A., León Espinosa, E., Cruz Monterrosa , R. G., Rayas, A. A., Díaz Ramírez , M., . . . López Jiménez , C. (2019). Biopolímeros de celulosa en empaque alimenticios: retos y aplicaciones. *Agroproductividad*, 83-88. Obtenido de. <https://revistaagroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/1499/1232>
- Miranda, Miranda , O., Fonseca, Palma , P. L., Ponce, Palma, I., Cedeño, Agramonte , C., Sam, Rivero, L., & Martí, Vázquez, L. (2019). Una bebida probiótica con posibles aplicaciones terapéuticas elaborada a escala industrial a partir del suero de leche. *Revista Cubana de Alimentación y Nutrición*, 29(2), 347-358. Obtenido de. <https://www.medigraphic.com/pdfs/revcubalnut/can-2019/can192g.pdf>
- Mohan, S., Oluwafem, O. S., Kalarikkal, N., Thomas, S., & Songca, S. P. (2016). Biopolymers – Application in Nanoscience and Nanotechnology. *Avances recientes en biopolímeros*, 47-72. doi:

<https://doi.org/10.5772/62225>

Molero, M., Castro, G., & Briñez, W. (2017). Evaluación fisicoquímica de lactosuero obtenido de la producción de queso blanco aplicando un método artesanal. *Revista Científica, FCV*, 27(3), 149-153. Obtenido de.

<https://www.redalyc.org/journal/959/95952010003/html/>

Molina, A., & Flórez, J. (2020). Biopolímeros como sistemas de bioencapsulación. *Researchgate*. doi:

<https://10.13140/RG.2.2.19521.17767/1>

Monar, J. L. (2017). "*formular un bioplástico basado en quitosano con actividad antioxidante*". [Título de Grado. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba]. Archivo digital.

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/8512/1/56T00754.pdf>

Montesdeoca, P. ., & Piloso, C. . (2020). Evaluación fisicoquímica del lactosuero obtenido del queso fresco pasteurizado producido en el taller de procesos lácteos en la ESPAM ``MLF``. *El Higo*, 02-10. doi:

<https://doi.org/10.5377/elhigo.v10i1.9921>

Narváez, M. (2016). *Optimización de las propiedades mecánicas de bioplásticos sintetizados a partir de almidón*. [Título de Grado. Universidad San Francisco de Quito usfq, Quito]. Archivo digital.

<https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/6299/1/129278.pdf>

Neeraj, Nidhi, D., Vinita, B., & Uma, D. (2020). Fécula de patata: ingrediente novedoso para la industria alimentaria. *Internacional Revista de microbiología actual y ciencias aplicadas*, 9(1), 1718-1724. doi:

<https://10.20546/ijcmas.2020.901.190>

- Osorio González, C., Sandoval Salas, F., Hernández Rosas , F., Hidalgo Contreras, J., Gómez Merino, F., & Ávalos de la Cruz, D. (2018). Potencial de aprovechamiento del suero de queso en México. *Agro.productividad*, 11(7), 101-106. <https://mail.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/922/783>
- Pais, J., Núñez , J., Lara, M., Rivera, L., Trujillo, L., & Cuaran , M. (2017). Valorización del suero de leche: Una visión desde la biotecnología. *Bionatura*, 468-476. doi <http://dx.doi.org/10.21931/RB/2017.02.04.11>
- Palma Rodríguez , H., Salgado Delgado , R., Páramo Calderón , D., Vargas Torres , A., & Meza Nieto, M. (2017). Caracterización parcial de películas biodegradables elaboradas con almidón de plátano y proteínas séricas de la leche. *Acta Universitaria Multidisciplinary Scientific Journal*, 27(1), 26-33. doi: <https://doi.org/10.15174/au.2017.1215>
- Parra, R. A. (2009). Lactosuero: importancia en la industria de alimentos. *Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 62(1), 4967- 4982. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v62n1/a21v62n1.pdf>
- Paspuel, A. (2016). *Caracterización de un bioplástico de almidones de maíz y yuca con antitoxinas de repollo morado (Brassica oleracea) como potencial indicador de pH*. [Título de Grado. Universidad de Zamorano, Zamorano]. Archivo digital. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5838/1/AGI-2016-T034.pdf>
- Pérez Navarro, O., Ley Chong, N., González Suárez, E., Ferráz Negrín, Y., & Toledo Martínez , L. (2018). Determinación de condiciones de reacción y cinética en la acetilación de almidón de yuca. *Revista centro azúcar*, 45 (3), 8-100. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/caz/v45n2/caz09218.pdf>
- Pérez, J. B. (2019). Obtención de biofilm a partir del almidón de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) y de camote (*Ipomoea batatas*) como alternativa al uso de

material plástico derivado de petróleo. [*Trabajo de titulación* . Escuela Superior Politécnica de Chimborazo,]. Archivo digital.

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/13808/1/96T00573.pdf>

Pertuz, A. (2021). Ingeniero en alimentos. *Biopolímeros a base de papa (Solanum tuberosum), para el uso de la industria alimentaria en Colombia*. [Título de Grado. Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Bogotá]. Archivo digital.

<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/41710/adpertuzo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Pilco Carrera , C., & Yazuma Fogacho , N. (2018). *Efecto del nivel de procesamiento en el contenido de polifenoles y capacidad antioxidante de cinco tubérculos de la Provincia Bolívar*. [Título de Grado. Universidad Estatal de Bolívar, Guaranda-Ecuador]. Archivo digital.

<https://dspace.ueb.edu.ec/bitstream/123456789/2816/1/TESIS%20FINAL%20%28Biblioteca%29.pdf>

Pita, M. J. (2016). *Teoría y problemas de transmisión de calor*. Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia.

Posada, L. R. (2016). Nanofiltración en el manejo del lactosuero. *Engineering and Technology*, 10-25. doi:

<https://doi.org/10.22507/jet.v5n2a4>

Quezada Correa, L., Martínez Mora, E., Matute Castro, L., Bravo Bravo , V., & Ramírez Moreno , E. (2017).  $\beta$  – Glucanos en almidón nativo de fruta pan y su potencial uso en alimentos funcionales. *Revista Ciencia UNEMI*, 10(24), 82-87. Obtenido de

<http://ojs.unemi.edu.ec/index.php/cienciaunemi/article/view/561/428>

Ramos, H. (2018). *Evaluación de las respuestas fisiológicas y rendimiento dura de estrés de calor en veinticuatro genotipos de papa (Solanum tuberosum)*. [Título de Grado. Universidad San Francisco de Quito USFQ, Quito]. Archivo digital.

<https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/8002/1/141279.pdf>

Rigey, L. (2016). Nanofiltración en el manejo del lactosuero. *Engineering and Technology*, 10-25. doi:10.22507/jet.v5n2a4

Rincón García , D. J., Sepúlveda Valencia , J. U., & Ciro Velásquez , H. J. (2020). Evaluation of diafiltration process for concentration of the protein in the sweet whey from cheese factory. *DYNA*, 239-247.

doi: <http://doi.org/10.15446/dyna.v87n214.82795>

Rodolfo, E. (2015). Mar de plástico: una revisión del plástico en el mar. *Investigación Desarrollo*, 27, 83-105. Obtenido de

[https://aquadocs.org/bitstream/handle/1834/10964/RevINIDEP27\\_83.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://aquadocs.org/bitstream/handle/1834/10964/RevINIDEP27_83.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Rodríguez Gómez, D., López Ramírez, V., Alpizar Negrete, A., & Calixto Olalde, M. E. (2020). *Biopolímeros de principio a fin*. Querétaro: Instituto Tecnológico Superior de Irapuato. doi:

<https://doi:10.35429/H.2020.9.107.129>

Rodríguez, M. E., & Avila, L. A. (2020). *Evaluación de la resistencia tensil de un plástico biodegradable a partir de almidón de papa (Solanum tuberosum)*. [Título de Grado. Universidad Nacional del Centro de Perú, Huancayo]. Repositorio de la Universidad Nacional del Centro del Perú.

<https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/6327>

Rojas, A. M., Montaña, L. L., & Bastidas, M. J. (2015). Producción de ácido láctico a partir del lactosuero utilizando *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* y. *Colombiana de Química*, 5-10. Obtenido de

<http://www.scielo.org.co/pdf/rcq/v44n3/v44n3a01.pdf>

Rosales , A. (2016 ). Obtención de biopolímero plástico a partir del almidón de malanga (Colocasia esculenta), por el método de polimerización por condensación en el laboratorio 110 de la UNAN-Managua. [*Tesis de grado*. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua, Managua]. Repositorio Centroamericano SIIDCA-CSUCA.

<https://repositoriosiidca.csuca.org/Record/RepoUNANM2687/Details>

Ruiz , F., Cabrera, F., Pérez, R., & Rodríguez, G. (2018). Formulación de una bebida a base de lactosuero con sabor a maracuyá (*Passiflora edulis Sims.*). *Ciencia Norandina*,1(2), 88-93. doi:

<https://doi.org/10.37518/2663-6360X2020v1n2p88>

Salazar , A., Rojas, E., & Oblitas , J. (2016). Reutilización del lactosuero ácido y dulce de las queserías de cajamarca en la elaboración de una bebida con sabor a poroporo (*Passiflora Mollissima*) y sauco (*Sambucus Peruviana*). *Agroindustrial Science*, 6(1), 45-51. doi:

<https://doi.org/10.17268/agroind.science.2016.01.05>

Salehi, F. (2019). Improvement of gluten-free bread and cake properties using natural hydrocolloids: A review. *Food Science and Nutrition*,7(1), 3391–3402. doi:

<https://doi.org/10.1002/fsn3.1245>

Santamaría Arnal, M., Molina Rossel, C., Garzón Lloria, R., & Martínez López, A. (2019). Aditivos y enzimas sobre la funcionalidad del almidón sometido a tratamientos térmicos. [*Título de máster*. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia]. Archivo digital.

[https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/128011/Santamar%  
c3%ada%20-%20Aditivos%20y%20enzimas%20sobre%20la%20funcionalidad%20del%20almid%  
c3%b3n%20sometido%20a%20tratamientos%20t%  
c3%a9rmic....pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/128011/Santamar%c3%ada%20-%20Aditivos%20y%20enzimas%20sobre%20la%20funcionalidad%20del%20almid%c3%b3n%20sometido%20a%20tratamientos%20t%c3%a9rmic....pdf?sequence=1&isAllowed=y)



- Sarria Dussán , S., Hurtado Hurtado , D. L., & Camacho Tamayo , J. H. (2019). Granulometría, propiedades funcionales y propiedades de color de las harinas de quinua y chontaduro. *Información tecnológica*, 30(5), 3-10. doi.  
<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000500003>
- Solarte Montúfar, J. G., Díaz Muranga , A. E., Osorio Mora, O., & Mejía España, D. F. (2019). Propiedades reológicas y funcionales del almidón procedente de tres variedades de papa criolla. *Información Tecnológica*, 30(6), 35-44. doi:  
<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000600035>
- Sommano, S., Ounamornmas, P., Nisoa , M., & Sriwattana, S. (2018). Funcionalidad bioactiva de pectina de cáscara de siete cultivares de mango tailandés. *Acta Hortica*, 423-428. doi:  
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2018.1213.62>
- Torres, E. (2021). "Elaboración de bioplástico a partir del almidón de la cáscara de la papa (*solanum tuberosum*)y la cáscara de la papaya hawaina (*carica papaya l.*) como alternativa para el uso de envolturas biodegradables de alimentos". [Título de Grado. Escuela Superior de Chimborazo, Riobamba]. Archivo digital.  
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/14978/1/96T00632.pdf>
- Trejo Trejo , E., Trejo Trejo, N., & Zuñiga Morales , J. (2015). Propuesta para el aprovechamiento de lactosuero en el Valle del Mezquital. *Tecnología e Innovación*, 2(3), 581-594. Obtenido de  
[https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Tecnologia\\_e\\_innovacion/vol2num3/Revista-de-Tecnologia-e-Innovacion-vol-3-249-262.pdf](https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Tecnologia_e_innovacion/vol2num3/Revista-de-Tecnologia-e-Innovacion-vol-3-249-262.pdf)
- Vargas, G., Martínez, P., & Velezmoro, C. (2016). Propiedades funcionales de almidón de papa (*Solanum tuberosum*) y sus modificación química por acetilación. *Scientia Agropecuaria*, 7(3), 223-230. doi:  
<http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2016.03.09>

Vélez, Martínez , C. V., Zambrano, Murillo , X. S., Delgado, Demera, M. H., Burgos, Briones , G. A., & Cedeño, Palacios , C. A. (2021). Almidones de cáscara de yuca (manihot esculenta) y papa (Solanum tuberosum L.) para producción de bioplásticos: propiedades mecánicas y efecto gelatinizante. *Revista Bases de Ciencia*, 6(2), 137-152. doi:

<https://190.15.136.223/index.php/Basedelaciencia/article/view/3293/3817>

Vera, A., & Chavarría , M. (2020). Extracción y caracterización del almidón de papa (Solanum tuberosum) Variedad Leona Blanca. *Ciencia y tecnología El higo*, 10(2), 26-34. doi:

<https://doi.org/10.5377/elhigo.v10i2.10550>

Villacaqui, M. (2018). *"Efecto de dos sistemas de cultivo con la aplicación de biol (enriquecidos con microorganismos eficaces) de aroma agradables, sobre el rendimiento del cultivo de papa (Solanum tuberosum var. Yungay), a 33150 m.s.n.m., en antaoco, independencia, Huaraz"*. [Título de Grado. Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo", Huaraz]. Archivo digital.

[http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/2773/T033\\_70921407\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/2773/T033_70921407_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Villaroel , P., Gómez , C., Vera, C., & Torres , J. (2018). Almidón resistente: Características tecnológicas e intereses fisiológicos. *Revista Chilena de Nutrición*, 45(3), 271-278. doi:

<http://dx.doi.org/10.4067/s0717-75182018000400271>

Williams, Z. ., & Dueñas, R. ., (2021). Alternativas para el aprovechamiento del lactosuero: Antecedentes investigativos y usos tradicionales. *La técnica revista de las agrociencias*, 26, 39-50. doi:

<https://doi.org/10.33936/lat%C3%A9cnica.v0i0.3490>

Yazuma, F. ., & Pilco, C. . (2018). *Efecto del nivel de procesamiento en el contenido de polifenoles y capacidad antioxidante de cinco tubérculos de la provincia Bolívar*. [Título de Grado. Universidad Estatal de Bolívar, Guaranda]. Archivo digital.

<https://dspace.ueb.edu.ec/bitstream/123456789/2816/1/TESIS%20FINAL%20%28Biblioteca%29.pdf>

Zaheer, K., & Ajtar, H. M. (2016). Producción, uso y nutrición de la papa: una revisión. *Food Sci Nutr*, 56(5), 711-721. doi:

<https://doi.org/10.1080/10408398.2012.724479>

Zandanel, A. E. (2016). *Introducción a la Física, la energía: transformaciones, transferencias y su aprovechamiento*. Buenos Aires : Maipue.

Zárate Polanco, L. M., Ramírez Suárez, L. M., Otálora Santamaría , N. A., Prieto, L., Garnica Holguín, A. M., Cerón Lasso, M. S., & Argüelles, J. H. (2014). Extracción y Caracterización de almidón nativo de clones promisorios de papa criolla (*Solanum tuberosum*). *Revista Latinoamericana de la papa*, 18(1), 1-24.

doi:<https://doi.org/10.37066/ralap.v18i1.206>

# **ANEXOS**


## Anexo 1

### *Ubicación de la investigación*



## Anexo 2

### Caracterización fisicoquímica del lactosuero



---

### INFORME DE RESULTADOS

INF LASA-02-12-21-5814  
ORDEN DE TRABAJO No. 21-5961

INFORMACIÓN DEL CLIENTE			
SOLICITADO POR: GALO ADRIAN MEJIA CACAY		DIRECCIÓN: GUAJALO - LUCHA DE LOS POBRES, CALLE 10B	
TELÉFONO/FAX: 0958806100	TIPO DE MUESTRA: ALIMENTO	PROCEDENCIA: PLANTA	
IDENTIFICACIÓN: SUERO DE LECHE		CÓDIGO INICIAL: M1	


*Información suministrada por el cliente*

INFORMACIÓN DEL LABORATORIO			
MUESTRO POR: SOLICITANTE	FECHA DE MUESTRO: --	INGRESO AL LABORATORIO: 24/11/2021	
FECHA DE ANÁLISIS: 24/11/02/2021	FECHA DE ENTREGA: 02/11/2021	NÚMERO DE MUESTRAS: Una (1)	
CÓDIGO DE MUESTRA: 21-16501		REALIZACIÓN DE ENSAYOS: LABORATORIO	

### ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO

ITEM	PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	INCERTIDUMBRE U (k=2)	MÉTODO DE ENSAYO
1	LACTOSA	%	5,7	± 20,2%	<sup>a</sup> PEELASA.PQ.57 ADAC 980.13, 982.14, 977.20
2	pH	Unidades de pH	6,65	± 1,05%	<sup>b</sup> PEELASA.PQ.03a NTE INEN ISO 10525
3	PROTEÍNA (E 6.38)	%	0,9	± 7,7%	<sup>c</sup> PEELASA.PQ.11 ADAC 991.20, 981.10, 928.08, NTE INEN ISO 20483 <sup>a</sup>

Los ensayos marcados con <sup>a</sup> NO están incluidos en el alcance de acreditación del SAE.  
 Los ensayos marcados con <sup>b</sup> NO están incluidos en el alcance de acreditación de AZLA.  
 Los ensayos marcados con <sup>c</sup> ESTÁN incluidos en el alcance de acreditación de AZLA.



**Q.A. VANESSA RENTERÍA**  
JEFE DE DEPARTAMENTO

Facilitada la reproducción parcial por cualquier medio sin permiso por escrito del laboratorio.  
 LASA se responsabiliza exclusivamente del resultado correspondiente a los ensayos en la muestra recibida en el laboratorio, por el contrario no es responsable de la información proporcionada por el cliente asociada a la muestra así como sus datos descriptivos.  
 Los certificados de conformidad serán emitidos solamente si el cliente ha solicitado por escrito.  
 El laboratorio se compromete con la Imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (la aceptación de este informe implica la aceptación de la política relativa al tema y declarada en www.laboratoriolasa.com)

Pág. 1 de 1

---

Juan Ignacio Pareja De5-97 y Simón Cárdenas |clientes@laboratoriolasa.com  
(02) 2269012 | (02) 2468659 | 0995707705

# Anexo 3

## Caracterización fisicoquímica del almidón de papa



**INiAP**

**INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS**  
**ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA**  
**DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y CALIDAD**  
**LABORATORIO DE SERVICIO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN EN ALIMENTOS**

Panamericana Sur Km. 1, C. Otaguajaitía, 2690891-3007134, Fax 3007134  
 Casilla postal 17-01-340



**LSAINDNCIEESC**

**INFORME DE ENSAYO No: 21-0208**

**\*\*NOMBRE PETICIONARIO:** Galo Adrian Mejia  
**\*\*DIRECCIÓN:** Guajaló Lucha de los Pobres  
**FECHA DE EMISIÓN:** 08/12/2021  
**FECHA DE ANÁLISIS:** Del 22 de noviembre al 8 de diciembre del 2021

**\*\*INSTITUCIÓN:** Universidad Estatal de Bolívar  
**\*\*ATENCIÓN:** Galo Adrian Mejia  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 22/11/2021  
**HORA DE RECEPCIÓN:** 1h00  
**ANÁLISIS SOLICITADO:** Amilosa y Amilopectina

ANÁLISIS	HUMEDAD	AMILOSA <sup>Ω</sup>	AMILOPECTINA Ω	**IDENTIFICACIÓN
MÉTODO	MO-LSAIA-01.01	MO-LSAIA-04		
METODO REF.	U. FLORIDA 1970	Morrison y Laignelet 1983		
UNIDAD	%	%		
21-1255	15,90	58,39	60,51	Almidón de papa

Los ensayos marcados con Ω se reportan en base seca.

OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente

\*AMILOPECTINA Ω calculado por diferencia



**TALY ROBERTO SAMANIEGO MALOJA**

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



**BLADIMIR ESPAIN ORTIZ RAMOS**

**Ing. Bladimir Ortiz RESPONSABLE CALIDAD**

**RESPONSABLES DEL INFORME**

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

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

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

#### Anexo 4

##### *Resultado de ensayo de espesor medio*

<b>Identidad</b>	<b>Espesor</b>
T1	0,33
T2	0,42
T3	0,67
T4	0,71
T5	0,71
T6	0,85
T7	0,46
T8	0,61
T9	1,26
T10	0,20
T11	0,32
T12	0,33
T13	0,41
T14	0,77
T15	1,37
T16	0,87
T17	1,44
T18	1,04
T19	0,57
T20	1,56
T21	1,35
T22	0,88
T23	1,25
T24	1,17
T25	1,49
T26	1,67
T27	1,21



## Anexo 5

### *Resultados del ensayo de tracción*

<b>Identidad</b>	<b>Valor De Tracción</b>
T1	<b>0,33</b>
T2	0,13
T3	0,01
T4	0,27
T5	0,11
T6	0,01
T7	0,03
T8	0,09
T9	0,01
T10	0,11
T11	0,09
T12	0,02
T13	0,17
T14	0,10
T15	0,01
T16	0,19
T17	0,09
T18	0,02
T19	0,41
T20	0,11
T21	0,02
T22	0,02
T23	0,09
T24	0,01
T25	0,01
T26	0,02
T27	0,01

## Anexo 6

### *Resultados del ensayo de densidad*

<b>Identidad</b>	<b>Peso muestra seca</b>	<b>Densidad</b>	<b>Densidad calculada</b>
T1	5,01	6,33	0,80
T2	5,01	7,67	0,80
T3	5,05	7,67	0,61
T4	5,01	6,67	0,77
T5	5,00	8,33	0,60
T6	5,01	8,00	0,63
T7	5,01	7,67	0,66
T8	5,02	7,33	0,69
T9	5,02	7,67	0,66
T10	5,02	7,33	0,70
T11	5,01	6,67	0,77
T12	5,01	6,33	0,79
T13	5,00	6,67	0,75
T14	5,00	7,00	0,71
T15	5,00	7,33	0,68
T16	5,01	8,00	0,63
T17	5,01	8,33	0,60
T18	5,01	8,00	0,63
T19	5,01	7,00	0,73
T20	5,01	6,33	0,80
T21	5,01	6,67	0,77
T22	5,01	7,00	0,73
T23	5,02	7,33	0,69
T24	5,01	7,00	0,72
T25	5,01	7,33	0,69
T26	5,01	7,67	0,66
T27	5,05	8,00	0,63

## Anexo 7

### *Resultados del ensayo de solubilidad*

<b>Identidad</b>	<b>Peso inicial</b>	<b>Peso del filtro</b>	<b>Peso final 105°C</b>	<b>Peso Final 150°C-Hoja</b>	<b>%Solubilidad</b>
T1	1,00	0,86	1,11	0,25	75,43
T2	1,02	0,86	1,24	0,38	65,49
T3	1,04	0,82	1,31	0,50	57,06
T4	1,07	0,82	1,45	0,63	47,63
T5	1,07	0,82	1,40	0,58	52,59
T6	1,08	0,82	1,36	0,54	57,15
T7	1,08	0,83	1,33	0,50	61,12
T8	1,07	0,83	1,31	0,49	62,23
T9	1,08	0,83	1,31	0,48	62,71
T10	1,08	0,82	1,29	0,47	64,12
T11	1,07	0,82	1,34	0,52	57,80
T12	1,06	0,81	1,37	0,56	52,61
T13	1,04	0,81	1,41	0,61	46,45
T14	1,05	0,81	1,37	0,55	51,98
T15	1,05	0,82	1,34	0,52	55,59
T16	1,05	0,82	1,28	0,46	61,64
T17	1,06	0,83	1,32	0,49	60,06
T18	1,07	0,82	1,34	0,51	59,61
T19	1,08	0,82	1,36	0,54	58,48
T20	1,08	0,81	1,42	0,62	51,05
T21	1,08	0,81	1,51	0,70	42,92
T22	1,07	0,81	1,60	0,79	33,93

---

T23	1,07	0,82	1,62	0,80	32,35
T24	1,07	0,82	1,63	0,81	30,63
T25	1,07	0,82	1,63	0,81	30,20
T26	1,04	0,83	1,45	0,62	45,41
T27	1,04	0,83	1,27	0,45	61,11

---

## Anexo 8

*Resultado de solubilidad de las cápsulas a los mejores tratamientos*

<b>Tratamientos</b>	<b>Peso Inicial</b>	<b>Peso del filtro</b>	<b>Peso final 105°C</b>	<b>Peso final - Filtro</b>	<b>% Solubilidad</b>	<b>Promedio</b>
	3,1053	0,8181	1,0012	0,1831	94,10362928	
T1	3,1080	0,8208	1,0054	0,1846	94,06048906	93,861413
	3,1034	0,8060	1,0102	0,2042	93,42011987	
	3,1580	0,8029	1,0024	0,1995	93,68271058	
T19	3,1682	0,8193	1,0493	0,2300	92,7403573	93,144181
	3,1557	0,8071	1,0277	0,2206	93,00947492	
	3,0005	0,8011	1,1123	0,3112	89,62839527	
T25	3,0022	0,8226	1,1512	0,3286	89,05469322	89,205092
	3,0024	0,8264	1,1587	0,3323	88,93218758	

## Anexo 9

### *Resultados del ensayo de humedad*

<b>Identidad</b>	<b>Crisol</b>	<b>Peso muestra</b>	<b>Crisol+muestra</b>	<b>Peso seco 105°C</b>	<b>%Humedad</b>
T1	29,57	1,43	31,00	30,70	20,93
T19	30,00	1,44	31,44	31,12	21,97
T27	30,36	1,43	31,79	31,45	23,93

## Anexo 10

### *Resultados de biodegradabilidad*

Días	Biodegradabilidad %		
	T1	T19	T25
1	0,85	0,94	0,52
7	67,22	46,86	34,95
14	70,73	49,82	40,97
21	72,95	52,19	42,69
28	75,12	53,07	52,23
35	81,50	58,38	60,34
36	81,50	58,38	59,78
37	81,55	58,44	59,88
38	81,57	58,47	59,92
39	81,57	58,47	59,92

## Anexo 11

### Tabulación completa de las variables de respuesta

Tratamientos	Réplica	Código	Factores			Variables Experimentales					
			Suero	Almidón	Espesante	Densidad	Tracción	Solubilidad	Espesor	Humedad	Biodegradabilidad
			A	B	C						
1		<i>alb1c1</i>	a1	b1	c1	0,8345	0,30	76,1719	0,27	20,2084	0,0879
2		<i>alb1c2</i>	a1	b1	c2	0,7158	0,15	46,3562	0,27	20,2084	0,0879
3		<i>alb1c3</i>	a1	b1	c3	0,5610	0,01	61,2516	0,80	20,2084	0,0879
4		<i>alb2c1</i>	a1	b2	c1	1,0024	0,25	64,5790	0,70	17,0789	0,0514
5		<i>alb2c2</i>	a1	b2	c2	0,6254	0,10	45,6267	0,78	17,0789	0,0514
6		<i>alb2c3</i>	a1	b2	c3	0,7162	0,01	62,2317	0,95	17,0789	0,0514
7		<i>alb3c1</i>	a1	b3	c1	1,2518	0,03	57,5041	0,56	15,6595	0,1395
8		<i>alb3c2</i>	a1	b3	c2	0,7147	0,09	35,2305	0,47	15,6595	0,1395
9		<i>alb3c3</i>	a1	b3	c3	0,6256	0,01	30,4860	1,36	15,6595	0,1395
10		<i>a2b1c1</i>	a2	b1	c1	0,7167	0,13	76,1171	0,20	20,8129	0,0528
11	R1	<i>a2b1c2</i>	a2	b1	c2	0,6271	0,08	40,7310	0,34	20,8129	0,0528
12		<i>a2b1c3</i>	a2	b1	c3	0,7164	0,01	48,6063	0,35	20,8129	0,0528
13		<i>a2b2c1</i>	a2	b2	c1	1,0263	0,18	60,6355	0,80	34,5157	0,0802
14		<i>a2b2c2</i>	a2	b2	c2	0,7380	0,08	20,2684	0,96	34,5157	0,0802
15		<i>a2b2c3</i>	a2	b2	c3	0,6254	0,01	44,6657	1,34	34,5157	0,0802



16	a2b3c1	a2	b3	c1	0,7146	0,19	54,1318	0,87	21,8552	0,0692
17	a2b3c2	a2	b3	c2	0,6255	0,08	32,9834	1,45	21,8552	0,0692
18	a2b3c3	a2	b3	c3	0,6292	0,02	40,1571	1,03	21,8552	0,0692
19	a3b1c1	a3	b1	c1	0,8030	0,43	96,9917	0,59	20,2720	0,0977
20	a3b1c2	a3	b1	c2	0,6253	0,10	46,3874	1,42	20,2720	0,0977
21	a3b1c3	a3	b1	c3	0,7397	0,02	36,7833	1,35	20,2720	0,0977
22	a3b2c1	a3	b2	c1	1,2519	0,01	50,6159	0,72	30,9639	0,0689
23	a3b2c2	a3	b2	c2	0,6260	0,09	38,2961	1,25	30,9639	0,0689
24	a3b2c3	a3	b2	c3	0,6308	0,01	50,2949	1,20	30,9639	0,0689
25	a3b3c1	a3	b3	c1	1,2525	0,01	66,5419	1,48	31,4074	0,1146
26	a3b3c2	a3	b3	c2	0,6443	0,01	32,7203	1,67	31,4074	0,1146
27	a3b3c3	a3	b3	c3	0,6259	0,01	62,4566	1,58	31,4074	0,1146
28	a1b1c1	a1	b1	c1	0,7165	0,35	74,5864	0,36	21,2773	0,0823
29	a1b1c2	a1	b1	c2	0,6264	0,15	49,3103	0,38	21,2773	0,0823
30	a1b1c3	a1	b1	c3	0,6307	0,01	62,9925	0,65	21,2773	0,0823
31	a1b2c1	a1	b2	c1	0,8354	0,30	64,4364	1,02	16,1246	0,0598
32	a1b2c2	a1	b2	c2	0,6253	0,12	48,8466	0,70	16,1246	0,0598
33	a1b2c3	a1	b2	c3	0,7162	0,01	59,6683	0,85	16,1246	0,0598
34	a1b3c1	a1	b3	c1	1,2518	0,03	58,3146	0,46	16,1246	0,1432
35	a1b3c2	a1	b3	c2	0,7146	0,08	33,9251	0,60	16,1246	0,1432
36	a1b3c3	a1	b3	c3	0,5568	0,01	28,7802	1,27	16,1246	0,1432

37		a2b1c1	a2	b1	c1	0,8344	0,12	75,9034	0,25	19,0438	0,0586
38		a2b1c2	a2	b1	c2	0,7162	0,08	42,4086	0,29	19,0438	0,0586
39		a2b1c3	a2	b1	c3	0,6262	0,02	46,3168	0,25	19,0438	0,0586
40	R2	a2b2c1	a2	b2	c1	0,8554	0,17	61,5472	0,41	34,2803	0,0797
41		a2b2c2	a2	b2	c2	0,6455	0,11	22,0868	1,06	34,2803	0,0797
42		a2b2c3	a2	b2	c3	0,6255	0,01	46,2042	1,26	34,2803	0,0797
43		a2b3c1	a2	b3	c1	0,8339	0,11	56,5483	0,55	20,7601	0,0783
44		a2b3c2	a2	b3	c2	0,7155	0,08	33,1363	1,43	20,7601	0,0783
45		a2b3c3	a2	b3	c3	0,5660	0,02	42,2755	1,06	20,7601	0,0783
46		a3b1c1	a3	b1	c1	0,9333	0,39	97,6024	0,57	20,7303	0,1043
47		a3b1c2	a3	b1	c2	0,5559	0,12	48,1325	1,56	20,7303	0,1043
48		a3b1c3	a3	b1	c3	0,6474	0,02	38,6481	1,39	20,7303	0,1043
49		a3b2c1	a3	b2	c1	1,0013	0,03	49,6350	0,88	30,0257	0,0693
50		a3b2c2	a3	b2	c2	0,7153	0,09	40,5017	1,13	30,0257	0,0693
51		a3b2c3	a3	b2	c3	0,6312	0,01	47,2881	1,16	30,0257	0,0693
52		a3b3c1	a3	b3	c1	1,0027	0,01	67,4697	1,79	30,4987	0,1059
53		a3b3c2	a3	b3	c2	0,5715	0,02	31,7053	1,18	30,4987	0,1059
54		a3b3c3	a3	b3	c3	0,5565	0,01	60,1637	1,63	30,4987	0,1059
55		a1b1c1	a1	b1	c1	0,8349	0,35	75,5193	0,33	19,1884	0,0803
56		a1b1c2	a1	b1	c2	0,6264	0,10	47,2182	0,42	19,1884	0,0803
57		a1b1c3	a1	b1	c3	0,6309	0,01	59,1154	0,69	19,1884	0,0803

58		a1b2c1	a1	b2	c1	0,8355	0,25	63,3457	1,09	16,2310	0,0686
59		a1b2c2	a1	b2	c2	0,5564	0,12	44,8718	0,74	16,2310	0,0686
60		a1b2c3	a1	b2	c3	0,6299	0,01	63,0223	0,84	16,2310	0,0686
61		a1b3c1	a1	b3	c1	1,0020	0,03	59,6072	0,45	16,2310	0,1310
62		a1b3c2	a1	b3	c2	0,7147	0,09	32,6316	0,53	16,2310	0,1310
63		a1b3c3	a1	b3	c3	0,6259	0,02	31,3220	1,49	16,2310	0,1310
64		a2b1c1	a2	b1	c1	0,8348	0,09	76,3810	0,35	20,1763	0,0500
65		a2b1c2	a2	b1	c2	0,7165	0,10	41,7499	0,30	20,1763	0,0500
66	R3	a2b1c3	a2	b1	c3	0,6268	0,02	47,5365	0,30	20,1763	0,0500
67		a2b2c1	a2	b2	c1	0,8558	0,17	61,8978	0,51	35,0012	0,0810
68		a2b2c2	a2	b2	c2	0,6467	0,11	21,7722	0,76	35,0012	0,0810
69		a2b2c3	a2	b2	c3	0,5558	0,02	45,3977	1,37	35,0012	0,0810
70		a2b3c1	a2	b3	c1	0,8337	0,18	55,3715	0,60	20,0178	0,0786
71		a2b3c2	a2	b3	c2	0,7150	0,10	31,5873	1,44	20,0178	0,0786
72		a2b3c3	a2	b3	c3	0,5605	0,01	41,2898	1,04	20,0178	0,0786
73		a3b1c1	a3	b1	c1	0,9316	0,40	97,9530	0,60	19,7308	0,0968
74		a3b1c2	a3	b1	c2	0,5558	0,12	47,4126	1,20	19,7308	0,0968
75		a3b1c3	a3	b1	c3	0,6486	0,01	37,4194	1,15	19,7308	0,0968
76		a3b2c1	a3	b2	c1	1,0018	0,01	49,4463	0,54	29,3481	0,0679
77		a3b2c2	a3	b2	c2	0,7154	0,08	39,0241	1,32	29,3481	0,0679
78		a3b2c3	a3	b2	c3	0,5604	0,02	49,0949	1,39	29,3481	0,0679

---

79	a3b3c1	a3	b3	c1	1,0029	0,02	64,4636	1,87	31,9100	0,0963
80	a3b3c2	a3	b3	c2	0,5725	0,02	32,0486	1,87	31,9100	0,0963
81	a3b3c3	a3	b3	c3	0,5564	0,01	61,2260	1,20	31,9100	0,0963

---

## Anexo 12

### Fotografías de la fase experimental



**Concentración de componentes necesarios para obtención del biopolímero**



**Tiempo y temperatura de la mezcla**



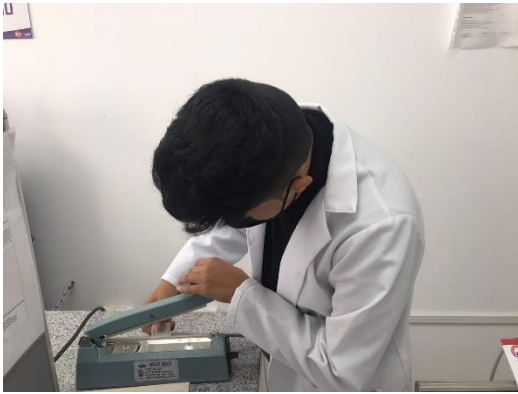
**Moldeo**



**Condiciones de secado**



**Desmoldeo**



**Encapsulación Sellado**



**Producto final**



**Peso de las muestras**



**Solubilidad de las muestras**



**Proceso de filtrado**



**Proceso de filtrado**



**Secado de muestras por estufa**



**Toma de datos de solubilidad**



**Ensayo de solubilidad**



**Ensayo de solubilidad**





**Inmersión de cápsulas en agua destilada**



**Agitación por 1 hora**



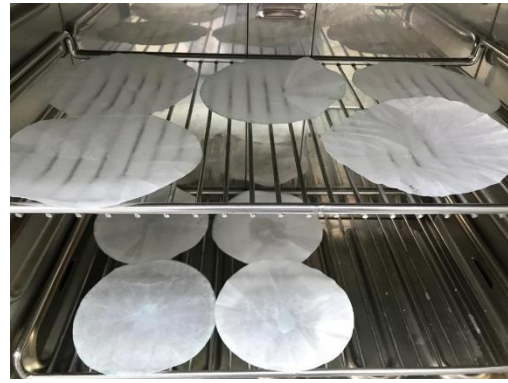
**Proceso de filtrado**



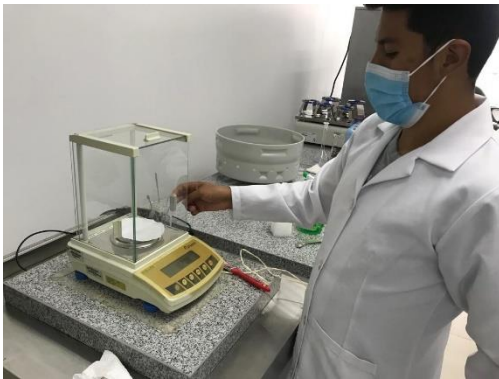
**Proceso de filtrado**



**Filtrado en la estufa**



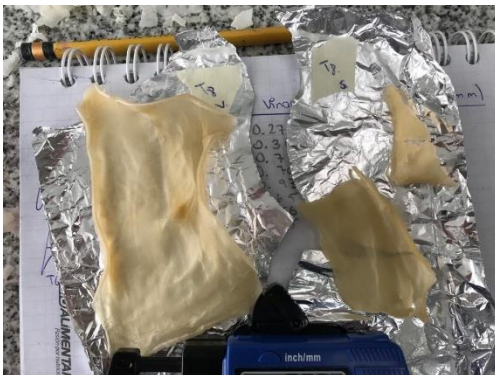
**Secado por estufa**



**Peso de la muestra**



**Toma de datos de solubilidad de las láminas**



**Ensayo de espesor medio**



**Medición de la muestra con micrómetro**



**Secado de crisoles por estufa**



**Proceso de humedad del biopolímero**



**Ensayo de viscosidad**



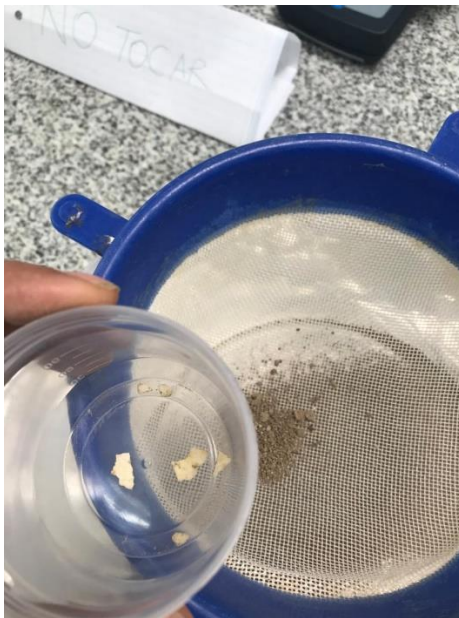
**Ensayo de tracción**



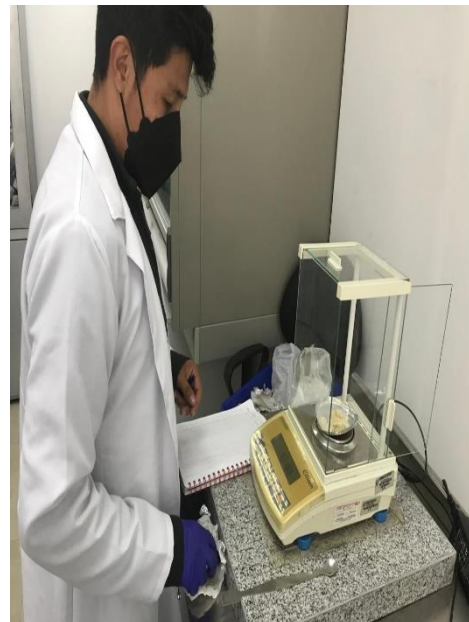
**Inmersión de muestras en tierra**



**Ensayo de biodegradabilidad**



**Biodegradación de las muestras**



**Toma de datos de biodegradabilidad**



**Visita de campo**

## Anexo 13

### *Glosario de términos*

**Solubilidad:** La solubilidad es la capacidad de una sustancia de disolverse en otra llamada disolvente. También hace referencia a la masa de soluto que se puede disolver en determinada masa de disolvente, en ciertas condiciones de temperatura, e incluso presión.

**Tracción:** En el cálculo de estructuras e ingeniería se denomina tracción al esfuerzo interno al que está sometido un cuerpo por la aplicación de dos fuerzas que actúan en sentido opuesto, y tienden a estirarlo.

**Densidad:** Es una magnitud escalar referida a la cantidad de masa en un determinado volumen de una sustancia o un objeto sólido.

**Biopolímero:** Se denomina biopolímero a un tipo de plásticos derivados de productos vegetales, tales como el aceite de soja, el maíz o la fécula de patata, a diferencia de los plásticos convencionales, derivados del petróleo.

**Espesante:** Son sustancias que, al agregarse a una mezcla, aumentan su viscosidad y mejoran su textura, sin modificar sustancialmente sus otras propiedades como el sabor u el olor.

**Hidrofílicos:** De la palabra griega hydros y philia; es el comportamiento de toda molécula que tiene afinidad por el agua. En una disolución o coloide, las partículas hidrófilas tienden a acercarse y mantener contacto con el agua

**Gelatinización:** Es un proceso irreversible de transición de fase, donde los gránulos de almidón se unen para formar una red polimérica amorfa.

**Tratamiento:** Es una combinación de niveles del o los factores aplicados a las unidades experimentales, para poder observar el efecto que estos producen o no sobre la respuesta experimental.