



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

ELABORACIÓN DE UN BIOPOLÍMERO PARA USO AGROINDUSTRIAL A
PARTIR DE SUERO DE LECHE

AUTOR

GABRIEL ARMANDO ESPINOZA PÉREZ

AÑO

2020



FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS

ELABORACIÓN DE UN BIOPOLÍMERO PARA USO AGROINDUSTRIAL A PARTIR DE
SUERO DE LECHE.

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos establecidos para
optar por el título de Ingeniero Agroindustrial y de Alimentos

Profesor guía

Ms. Pablo Esteban Cueva Costales

Autor

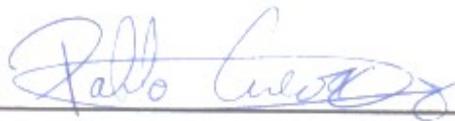
Gabriel Armando Espinoza Pérez

Año

2020

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

"Declaro haber dirigido el trabajo, Elaboración de un biopolímero para uso agroindustrial a partir de suero de leche, a través de reuniones periódicas con el estudiante Gabriel Armando Espinoza Pérez, en el semestre 202010, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación".



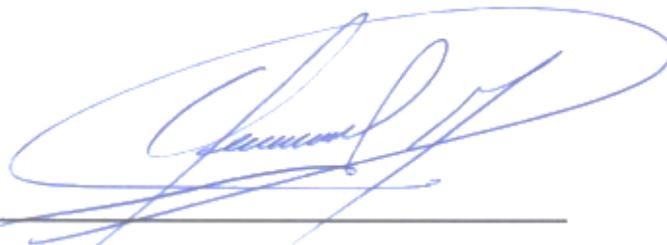
Pablo Esteban Cueva Costales

Máster en Ciencia de los Alimentos

C.I: 171633106-9

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

"Declaro haber revisado este trabajo, Elaboración de un biopolímero para uso agroindustrial a partir de suero de leche, del estudiante Gabriel Armando Espinoza Pérez, en el semestre 202010, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación".

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Pablo Santiago Moncayo Moncayo', is written over a horizontal line.

Pablo Santiago Moncayo Moncayo

Doctor en Ingeniería Industrial

C.I: 171236750-5

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

"Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes."



Gabriel Armando Espinoza Pérez

C.I: 172325500-4

AGRADECIMIENTOS

A Dios por guiarme en mi camino y permitirme cumplir mis metas.

A mis abuelitos que han sido mis padres, fuente inagotable de apoyo en momentos de necesidad y por todas las enseñanzas, sin ustedes no habría llegado aquí.

A mi madre por siempre brindarme palabras de ánimo. apoyarme en todas mis decisiones y enseñarme a ser mejor cada día.

A mi familia por estar incondicionalmente en cada etapa de mi vida, especialmente a mis primas por cada vivencia compartida.

A mis amigos que hicieron de esta experiencia algo inolvidable y lleno de recuerdos, a todas las personas que estuvieron presentes en mi vida universitaria y finalmente a mi tutor por el apoyo brindado.

DEDICATORIA

A mis abuelitos y mi madre por alentarme siempre , a mis primas Domi, Pame y mi primo Alex por brindarme consejos y una hermandad, a mis amigos y a todos aquellos que han formado parte de mi vida.

RESUMEN

El suero de leche suele ser el mayor residuo de las industrias lácteas, a nivel nacional se generan 1.672.344 litros de lactosuero por lo cual el presente trabajo presenta una alternativa a este subproducto desarrollando un biopolímero para uso agroindustrial a partir del suero de leche donde se evaluaron las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del biopolímero y valorar el costo beneficio. Para esto se determinaron 6 tratamientos distintos donde se varió la concentración de proteína y relación de aditivos, este se obtuvo mediante la mezcla de proteína concentrada de suero, agua destilada, gelatina y glicerina mediante secado en estufa a 65°C durante 6 horas en bandejas de silicona, se evaluó parámetros físicos como densidad, espesor, permeabilidad, tensión, parámetros químicos como proteína, cenizas, grasa y humedad, además de pruebas microbiológicas de aerobios totales, coliformes totales, mohos y levaduras. Como resultado se obtuvo que la muestra C2A3 presentó mejores características físicas con un espesor de 0.49 mm, densidad de 1.07 g/cm³, tensión de 2.43 kg, incremento de peso frente agua de 0.45 g e incremento de área superficial de 219%. Además en las pruebas químicas se obtuvo en promedio de proteína en 5.9%, cenizas de 1.62%, humedad de 6.14% y grasa de 2.04%. Después de evaluar microbiológicamente el biopolímero se determinó que este es comestible Finalmente se realizó un análisis del costo beneficio donde se obtuvo un costo de producción es de \$1.74, siendo el costo de venta al público de \$2.05 obteniendo un beneficio costo de \$1.83.

Palabras clave: biopolímero, propiedades físicas, propiedades químicas, análisis microbiológico, costo beneficio.

ABSTRACT

Whey is usually the largest residue of dairy industries, nationwide 1,672,344 liters of whey are generated so this work presents an alternative to this by-product developing a biopolymer for agro-industrial use from whey where the physical chemical and microbiology properties of the biopolymer were evaluated and the cost benefit was assessed. For this, 6 different treatments were determined where the protein concentration and additive ratio was varied, this was obtained by mixing concentrated whey protein, distilled water, gelatin and glycerin by drying in an oven at 65 ° C for 6 hours in silicone tray physical parameters such as density, thickness, permeability, tension, chemical parameters such as protein, ash, grease and moisture were evaluated, in addition to microbiology tests of total aerobes, total coliforms, molds and yeasts. As a result, it was obtained that the C2A3 sample presented better physical characteristics with a thickness of 0.49 mm, density of 1.07 g / cm³, tension of 2.43 kg, weight increase against water of 0.45 g and increase of surface area of 219%. In addition, in chemical tests, an average of 5.9% protein, 1.62% ashes, 6.14% humidity and 2.04% fat were obtained. After microbiologically evaluating the biopolymer, it was determined that it is edible. Finally, a cost benefit analysis was performed where a production cost was obtained is \$ 1.74, the cost of sale to the public being \$ 2.05 obtaining a cost benefit of \$ 1.83.

Key words: biopolymer, physical properties, chemical properties, microbiological analysis, cost benefit.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	2
2.1. Objetivo general:.....	2
2.2. Objetivos específicos:.....	3
3. MARCO TEÓRICO	3
3.1. Impacto de la contaminación por plásticos	3
3.2. Leche.....	4
3.2.1. Composición de la leche.....	6
3.3. Industria láctea y su impacto	8
3.4. Lactosuero	10
3.4.1. Usos y alternativas del lactosuero	13
3.5. Biopolímeros y alternativas para reducir los desperdicios y contaminación.	15
3.5.1. Polímeros vs Biopolímeros	15
3.5.2. Películas comestibles	16
3.5.3. Biopolímeros de leche y lactosuero	17
3.6. Normativa legal	18
4. METODOLOGÍA.....	19
4.1. Localización de la investigación	19
4.2. Materiales y equipos	19
4.2.1. Materiales	19
4.2.2. Equipos	19
4.2.3. Insumos.....	20
4.3. Investigaciones preliminares	20
4.4. Preparación del biopolímero	21
4.5. Diseño de la investigación.....	22
4.6. Pruebas físicas	24
4.6.1. Espesor de película	24

4.6.2. Permeabilidad.....	24
4.6.3. Tensión.....	24
4.6.4. Densidad	25
4.7. Pruebas químicas	26
4.7.1. Proteína.....	26
4.7.2. Grasa.....	27
4.7.3. Cenizas	27
4.7.4. Humedad.....	28
4.8. Pruebas microbiológicas	28
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
5.1. Pruebas físicas	29
5.1.1. Espesor e incremento de peso	29
5.1.2. Densidad, aumento de área y cambios de apariencia....	32
5.1.3. Tensión.....	36
5.2. Pruebas químicas	38
5.3. Pruebas microbiológicas	42
5.4. Análisis costo beneficio	42
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	46
6.1. Conclusiones	46
6.2. Recomendaciones	47
REFERENCIAS	49
ANEXOS	58

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el interés por materiales biodegradables y de fuentes naturales, ha ido en incremento debido al aumento de conciencia sobre la problemática ambiental que generan los residuos plásticos no degradables (Alborch, 2014). Los materiales biodegradables en su mayoría tienen origen natural que facilitan su degradación y su reciclaje sin necesidad de procesos industriales, a comparación de los residuos plásticos que provienen de fuentes no renovables los cuales no son degradados fácilmente siendo acumulados generando contaminación (Bellver, 2016). La tendencia actual es producir materiales que faciliten su manejo como desechos y sean fáciles de degradar como envases biodegradables, bolsas de compra, cubiertos desechables, materiales de embalaje entre otros, los cuales tienen un 60.3% de la participación del mercado (Jovic, 2017).

Los biopolímeros se pueden obtener de fuentes animales, vegetales o fósiles, su principal diferencia con un polímero convencional es que este puede ser degradado por hongos y bacterias del mismo modo que los residuos orgánicos (Cuichán, 2015). Se han desarrollado biopolímeros resistentes, flexibles y elásticos con cualidades similares a un PET de los residuos de la industria agroalimentaria como por ejemplo el suero de leche (Rosales, 2016). Sus principales usos son envases y embalajes para productos alimenticios, estos pueden ser procesados con la misma tecnología de materiales termoplásticos convencionales como soplado, inyección o extracción, en ciertos casos, los biopolímeros presentan mejores cualidades de barrera frente a humedad que el plástico convencional. Por tanto, pueden ser reemplazados por plásticos convencionales para cualquier uso (Río, Ochoa, Díaz, y Roncal, 2017)

El suero de leche representa el 85-95% de la composición de la leche, este conserva el 55% de los nutrientes totales de esta. Por tanto, el suero es considerado el principal subproducto de la leche y contaminante de las

industrias queseras (Alais, 2001). Este presenta un gran contaminante por su gran contenido de materia orgánica, especialmente lactosa, la cual actúa como sustrato de fermentación microbiana, este se usa como materia prima principal en la producción de productos de consumo humano reduciendo su impacto ambiental (López, Becerra y Borrás, 2018). Este subproducto es utilizado para la obtención de suero en polvo, hidrolizados de lactosa, proteínas de alto valor biológico para consumo humano, fertilizante en pastos o alimento para ganado, obtención de ácido láctico usado en industrias farmacéuticas, químicas, cosméticas y alimentarias (Robalino, 2017).

La obtención de biopolímeros a partir de suero de leche brinda a este subproducto un valor agregado generando una alternativa a los bioplásticos, teniendo una ventaja después de su uso destinado este puede ser compostado eliminando sus costos de tratamiento convirtiéndolo en un producto de interés industrial (Motta y Mosquera, 2015). Estos se pueden generar mediante la utilización de microorganismos u algas, o mediante la generación de monómeros como ácido poli láctico (PLA), poli hidroxí butirato (PHB) y poli caprolactona (PCL) (Jovic, 2017). En su formulación se utilizan almidones, celulosa, gomas, glicerina, quitosano, concentrados y aislados de proteína de soja, canola y suero, la mezcla de estos desarrolla un biopolímero con propiedades mecánicas y de barrera (López, Becerra y Borrás, 2018).

El presente trabajo de investigación tiene como finalidad obtener una alternativa al plástico mediante recursos renovables y de fácil degradación para uso agroindustrial.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general:

- Elaborar un biopolímero para uso agroindustrial a partir del suero de leche.

2.2. Objetivos específicos:

- Desarrollar una formulación para un biopolímero a base de suero de leche.
- Evaluar las propiedades físicas, bioquímicas y microbiológicas del biopolímero obtenido.
- Valorar el costo-beneficio del biopolímero.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Impacto de la contaminación por plásticos

La mayoría de los plásticos utilizados están diseñados para ser desechados después de su uso, la gran parte de estos terminan siendo desechados en basureros, vertederos o son descartados hacia el medio ambiente, generando un gran impacto en el ecosistema. De acuerdo con la UNEP (2018), se estima que para el año 2050, existirá un aproximado de 12.000 millones de toneladas de desechos plásticos en el mundo .

En el año 2017, había 8.300 millones de toneladas de plásticos a nivel global de los cuales más de 6.300 millones se convirtieron en residuos y aproximadamente el 90% de estos residuos no fueron reciclados, estos residuos no se biodegradan con facilidad, se fraccionan lentamente a partículas más pequeñas hasta generar micro plásticos (Parker, 2019).

Los plásticos que generan una contaminación mayor para el medio ambiente son colillas de cigarrillos, botellas, tapas, cubiertas de alimentos, bolsas de supermercados, sorbetes y envases de poliestireno para alimentos procesados (UNEP, 2018).

Existen varios efectos sobre el medio ambiente, la calidad de aire, suelo y agua, estos residuos generan bloqueos de vías fluviales, obstrucción de alcantarillas, además de generar islas de plástico dentro de los océanos, también afecta a la biodiversidad y salud pública debido a la bioacumulación de micro plástico en productos del mar (García, 2019).

Esta contaminación también genera un impacto económico, los residuos acumulados en el océano afectan a las industrias de transporte, turismo y pesca con montos de \$1.300 millones anuales, limpieza de residuos en costas y playas cuesta \$630 millones anuales y daños al ecosistema marino ascienden sobre los \$ 13 mil millones anuales por la mala gestión de los residuos plásticos (UNEP, 2018).

3.2. Leche

La leche es el producto fresco e integro obtenido del ordeño de una o varias vacas sanas en reposo y bien alimentadas, exenta de calostro y alteraciones, segregada por la glándula mamaria para la nutrición del ternero durante el periodo crítico tras su nacimiento (FAO, 2016).

Dietéticamente la leche es un alimento completo por su cantidad de proteína, grasas, vitaminas y minerales necesarios para nutrir a los humanos, esta contiene una gran cantidad de aminoácidos esenciales y la proteína con mayor presencia es la caseína, contiene gran cantidad de calcio y fósforo, fuente de vitaminas como riboflavina, tiamina y vitaminas liposolubles como A, D, E y K. Su contenido principal de grasas se basa en triglicéridos en su mayoría saturados (FAO, 2016). En la tabla 1 se visualiza la composición de leche vacuna.

Tabla 1.

Composición de leche vacuna

Componente	%
Agua	87.5
Lactosa	4.8
Grasa	3.9
Proteína	3.4
Minerales	0.8

Físicamente la leche se considera un líquido opalescente de color blanco ocasionado por la refracción de la luz en los coloides que se encuentran en suspensión dentro de la leche. Este presenta una coloración más cremosa cuando tiene un mayor porcentaje de grasa por la presencia de caroteno presentes en la grasa, cuando esta tiene un menor porcentaje de grasa presenta una coloración ligeramente azulada, además tiene un sabor neutro, levemente dulce por la presencia de lactosa y un olor ligeramente perceptible (FAO, 2016).

Para determinar su calidad existen características que se miden como: densidad, punto de congelación, acidez o pH, grasa y sólidos no grasos, presencia de antibióticos, antisépticos, gérmenes patógenos y sustancias alcalinas. Determinar estos puntos son vitales dentro de cualquier proceso industrial ya que si la leche no es de buena calidad no se pueden elaborar productos lácteos de buena calidad (Reyes, Molina y Coca, 2010).

En la tabla 2 se pueden visualizar los parámetros de calidad establecidos para leche entera.

Tabla 2.

Parámetros de calidad establecidos para la leche entera

Parámetro	Unidad	Entera
Densidad relativa a 20°C	°C	1.028 - 1.032
Acidez titulable	%	0.13 - 0.18
Punto de congelación	°C	-0.536 a -0.512
Contenido de grasa	%	Mínimo 3%
Sólidos totales	%	Mínimo 11.3%
Sólidos no grasos	%	Mínimo 8.3%
Proteína	%	Mínimo 2.9%
Peroxidasa		Positivo
Fosfatasa, conservantes, neutralizantes, adulterantes		Negativo
Grasa vegetal		Negativo
Células somáticas	Cel/ml	Menor a 250.000
Conteo de UFC	UFC/cm ³	Menor a 50.000

Adaptado de (INEN, 2012)

3.2.1. Composición de la leche

- **Agua:** Se considera a este componente como la fase dispersante donde los componentes de la leche se encuentran en emulsión. La lactosa y sales se encuentran en solución verdadera con el componente agua, en cambio las proteínas como la caseína y globulina forman un coloide lióforo y la albumina en coloide liófilo, existen pruebas para determinar si la leche ha sido adulterada por adición de agua, esta técnica se conoce como crioscopia (Agudelo y Bedoya, 2005).

- **Proteína:** Las proteínas presentes en la leche se pueden clasificar en 2 grupos: Caseínas, las cuales conforman el 78-80% de las proteínas presentes, siendo la más abundante y característica de la leche, las proteínas del lactosuero se constituyen por globulinas y albuminas, a diferencia de la caseína estas se desnaturalizan fácilmente, además de contener 18 aminoácidos esenciales (Agudelo y Bedoya, 2005).
- **Grasa:** Esta es sintetizada en su mayoría en las glándulas mamarias, específicamente en las células secretoras, se encuentran emulsionadas en glóbulos microscópicos cuyo diámetro oscila entre 0.1-0.22 micrones recubiertos por fosfolípidos para evitar aglutinamiento y facilitar su separación de la fase acuosa. Esta grasa sufre alteraciones por factores como luz, oxígeno y enzimas degradativas (FAO, 2016).
- **Carbohidratos:** El carbohidrato principal presente en la leche es la lactosa, es un glúcido neutro que representa el 97.5% de los glúcidos totales en la leche, este se degrada mediante hidrólisis en azúcares simples como glucosa y galactosa, es poco soluble en agua y se encuentra en solución dentro de la fase acuosa de la leche (Agudelo y Bedoya, 2005).
- **Vitaminas y minerales:** Las vitaminas presentes en la leche tienden a degradarse debido a los procesos térmicos a los que se somete a la leche, oxidación, entre otros. Contiene vitaminas hidrosolubles como B1, B2 y C, además de vitaminas liposolubles como A, D, E y K. Los minerales presentes en mayor proporción y principales constituyentes dentro de la leche son calcio, fósforo, sodio y potasio los cuales tienen importancia nutricional, los minerales en menor proporción son zinc, hierro, cobre, yodo y manganeso, además la presencia del calcio es importante para la coagulación de la leche y obtener queso (Agudelo y Bedoya, 2005).

3.3. Industria láctea y su impacto

En este tipo de industrias se tiene como principal ingrediente la leche de ganado vacuno y sus diferentes razas, la industria láctea un amplio portafolio de productos pero entre los más consumidos se encuentra yogurt, queso, mantequilla, crema, postres, dulce de leche entre otros (Sánchez, 2011).

A nivel mundial los mayores productores lecheros son Estados Unidos con el 11.7% seguido de India 7.8%, China 5.1%, Brasil 4.4%, Alemania 4%, Rusia 3.9%, Francia 3%, Nueva Zelanda 2.4%, Turquía 2.1% y Reino Unido 1.8, estos 10 países representan el 46.2% de la producción lechera (EuroVacas, 2017). Alrededor de 120 millones de granjas a nivel mundial generan 71 millones de plazas de trabajo lo cual sustenta económicamente a 1.000 millones de personas siendo una de las industrias más grandes a nivel mundial (IFCN, 2019).

En el año 2017, se obtuvo un estimado de producción de queso a nivel mundial de 20.015.000 toneladas, los cuales produjeron aproximadamente 180.135.000 toneladas de lacto suero (Gómez y Sánchez, 2019). La producción nacional de leche cruda es de 5.022.056 litros diarios, los cuales se distribuyen un 76.3% en la Sierra, 19.7% en la Costa y 4% en el Oriente, de esto el 53% se destina a las industrias formales, el 37% es destinado para autoconsumo y el restante en mercados informales, estos son destinados para la venta en liquido en funda y cartón, leche en polvo, yogurt y en un porcentaje del 37% para producción de queso lo que genera ventas de \$1.121 millones anuales y 1.672.344 litros de lactosuero (CIL, 2018).

Por cada kilo de queso producido se generan 9 litros de suero de leche los cuales se utilizan en diferentes industrias para obtener suero en polvo, concentrados y aislados de proteína, estos dos últimos generan desperdicios como permeados con altos contenidos de lactosa y demás compuestos que deben tratarse o separarse antes de desechar el lacto suero como residuo (Bacenetti, Bava, Schievano, y Zucali, 2018).

El lacto suero visto desde la parte ambiental es el mayor contaminante de la industria láctea debido a su gran contenido de materia orgánica, especialmente lactosa, contenido de grasa y alta salinidad. Para su degradación mediante oxidación, se requiere aproximadamente una demanda biológica de oxígeno de 35-45 kg/m³ y una demanda química de oxígeno entre 60-80 kg/m³ (Lima, Freire, Soccol y Hiroshi, 2015).

Las industrias lácteas generan sustancias contaminantes derivadas de los procesos productivos como el suero de leche o limpieza de equipos, que tienen un potencial impacto adverso en suelos, aire, agua, flora y fauna del sector donde se ubican. (Alfaro, 2013).

Estas aguas residuales contaminadas con lactosuero suelen acidificarse rápidamente por la fermentación de los azúcares presentes en la leche que se convierten en ácido láctico, del mismo modo, al generarse esta gran cantidad de residuos se ocasionan los vertidos de efluentes líquidos provenientes de la producción de derivados lácteos, las industrias lácteas que generan las mayores cantidades de contaminantes son las productoras de queso y de mantequilla (Tuset, 2018). En la Tabla 3, se muestra la contaminación al medio ambiente por residuos generados en industrias lácteas entre Ecuador y América Latina.

Las aguas residuales de las empresas lácteas generan problemas de tratamiento, eliminación y su aprovechamiento es bajo ya que el 45% de contaminantes producidos por esta industria es desechado en ríos, vertientes o en suelos provocando la salinidad de estos, además, de la generación de gases nocivos generados por combustión para generar calor o movimiento, lo cual produce una contaminación atmosférica alterando las propiedades físico químicas del aire, esto influye directamente en la naturaleza y calidad de vida de la comunidad (Cury, Aguas, Martínez y Olivero, 2017)

Tabla 3.

Contaminación por industrias lácteas entre Ecuador y América Latina

	Residuos sólidos por empresa	Contaminación atmosférica por empresa	Efluentes líquidos por empresa
Ecuador	78 a 98 Tm/día	65 Tm/hora	80.000-150.000 m ³ /día
América Latina	885 a 984 Tm/día	2000 Tm/hora	500.000-1.000.000 m ³ /día

Adaptado de (Luque, Caseres, y Masaquiza, 2018)

3.4. Lactosuero

El lactosuero se obtiene de la producción quesera al momento de separar la cuajada por la precipitación de la caseína produciendo 9 litros de este subproducto por cada kilogramo de queso aproximadamente (Parra, 2009).

El lactosuero es un líquido amarillento-verdoso que representa entre el 85-95% de la composición de la leche y por separado, el lactosuero abarca aproximadamente el 55% de los nutrientes presentes en la leche (Parra, 2009).

Existen dos tipos de lactosuero, dulce y ácido, el primero se obtiene de la elaboración de quesos mediante la utilización de enzimas coagulantes a un pH de 6.0-6.5, el segundo es el suero ácido el cual se obtiene mediante la adición de minerales o ácidos orgánicos o mediante un proceso de fermentación obteniendo un pH de 4.5 (Araujo, Monsalve, y Quintero, 2013). En la tabla 4 se puede observar la composición nutricional de los dos tipos de lactosuero, en esta se puede visualizar que el lactosuero dulce tiene ligeramente un mayor porcentaje composicional de lactosa y proteína comparado al suero ácido.

Tabla 4.

Composición nutricional de lactosuero ácido y dulce

Componente	Lactosuero dulce (g/L)	Lactosuero ácido (g/L)
Proteína	6-10	6-8
Lactosa	46-52	44-46
Sólidos	63-70	63-70
Fosfatos	1-3	2-4.5
Lactato	2	6.4
Calcio	0.4-0.6	1.2-1.6
Cloruros	1.1	1.1

Adaptado de (Gómez & Sánchez, 2019)

El lactosuero está constituido mayormente de agua (97%), sin embargo, su calidad nutricional se deriva del contenido equilibrado de nutrientes. El nutriente más abundante del lactosuero es la lactosa en un porcentaje de 4.5-5% p/v, seguido de proteínas solubles 0.6-0.8% p/v, lípidos 0.4-0.5% p/v y en menor porcentaje las sales en 8-10% en términos de extracto seco. Dentro de los minerales, el que se encuentra en mayor proporción es el potasio, calcio, sodio, fosforo y magnesio (Londoño, Hernández, Parra, y Sepulveda, 2009). Uno de los nutrientes más utilizados de este son las proteínas, dentro de la industria alimentaria se utilizan para obtener derivados de proteínas de lacto suero (Parra, 2009).

Las proteínas no representan el mayor porcentaje del lactosuero, aproximadamente contienen el 18-20% de las proteínas presentes en la leche, pero estas proteínas son las más interesantes por su alto valor nutricional y valor económico (Parra, 2009). Está constituida principalmente por β -lactoalbúmina y α -lactoalbúmina, en proporciones menores se encuentran la albúmina sérica, lactoferrina e inmunoglobina en porcentajes de 5%, 3% y 13% respectivamente (Andrews, 2008).

Estas proteínas son globulares, termosensibles y aportan un alto valor biológico en términos nutricionales como fuente de aminoácidos esenciales como leucina y lisina los cuales potencian la respuesta inmunológica, estas proteínas se pueden comparar con las presentes en el huevo (Parra, 2009).

La β -lactoalbúmina actúa como un transporte de retinol y ciertos ácidos grasos que ayudan a la regulación enzimática, α -lactoalbúmina es utilizada en muchas formulas infantiles debido a la presencia de aminoácidos esenciales y ramificados, la inmunoglobina actúa como la primera línea de defensa al ser anticuerpos y la lactoferrina se encuentra principalmente en

leche, yogurt, quesos y demás derivados lácteos, actúan como antioxidante no enzimático (Chatterton y Smithers, 2006).

3.4.1. Usos y alternativas del lactosuero

Las proteínas presentes en el lactosuero brindan propiedades funcionales que pueden ser aprovechadas para diferentes usos y productos alimenticios y no alimenticios. Entre las propiedades más importantes se puede mencionar su capacidad de retención de agua, espesante, gelificante, emulsificante, potenciador del sabor, entre otros (Spahn, y Baeza, 2008). Entre los principales productos a partir de proteínas de lactosuero podemos encontrar

- **Concentrados:** Los concentrados de proteína de suero o también conocidos como WPC se obtienen mediante un proceso de ultra filtración, este se basa mediante en una membrana semipermeable que permitirá un paso selectivo de materiales con un peso molecular bajo reteniendo los de alto peso molecular como las proteínas (Muñi, Paez, Faría, y Ferrer, 2005).

Se obtiene mediante la ultrafiltración removiendo sustancias grasas y finos de queso, después es secado mediante atomización, los WPC tienen un contenido de proteína entre 35% y el 80%, el primero es usado en yogurt, quesos, bebidas, helados y productos cereales, mientras el segundo es usado como gelificante, emulsificante y suplementos alimenticios (Londoño, Hernández, Parra, y Sepulveda, 2009).

Este tiende a generar una red visco elástica al ser desnaturalizada mediante acción térmica lo cual genera una transición vítrea de las proteínas a un estado de flujo viscoso facilitando la generación del

polímero, se debe adicionar plastificantes cuando se realiza un polímero basado en proteínas para facilitar su entrecruzamiento y plastificación (Fernandez, 2016).

- **Aislados:** Los aislados de proteína o WPI contienen un 90% de proteína, debido a nivel de pureza alta se utilizan en suplementos alimenticios, medicinas y alimentos funcionales por sus propiedades de emulsificante, gelificante, formación de espuma y retención de agua (Parra, 2009). Se obtiene mediante la ultrafiltración removiendo lactosa, después es micro filtrado removiendo alto contenido de grasa para pasar a una segunda unidad de ultra filtrado para finalmente ser secado mediante atomización (Arauz, 2016).
- **Películas comestibles:** Estas pueden ser utilizadas para mejorar la calidad como saludable, fresh-like y seguros, las películas formadas por proteínas tienen características nutricionales y propiedades funcionales como barrera selectiva para gases, humedad y se caracterizan por ser biodegradables además de mejorar la estabilidad microbiana del alimento donde se emplee este tipo de biopolímero (Sothornvit, Rhim, y Hong, 2009).

Existen otro tipos de uso para el lacto suero como formulas infantiles donde se purifican las inmunoglobulinas mediante precipitación fraccionada el cual actúa como terapéutico y protector frente a infecciones (Bernal, 2009).

Además de bebidas fermentadas, bebidas refrescantes, producción de etanol, levadura para productos de panificación, ácidos orgánicos como acético, láctico y propiónico, quesos, quesillos, y otros usos no alimenticios como producción de exopolisacáridos, fertilizante y alimentación animal (Parra, 2009).

3.5. Biopolímeros y alternativas para reducir los desperdicios y contaminación.

Los polímeros biodegradables se han desarrollado para intentar disminuir la contaminación por los polímeros sintéticos de un solo uso, además de mantener las propiedades funcionales de los plásticos convencionales y un amplio campo de aplicación en alimentos y bebidas, a su vez tienen un bajo consumo de energía no renovable dentro de su producción (Zapata, Pujol, y Coda, 2011).

3.5.1. Polímeros vs Biopolímeros

Los polímeros son obtenidos fundamentalmente del petróleo y son de bajo costo, livianos, poseen una alta resistencia a la oxidación, sustituyendo al metal, madera y papel en los empaques; pero estas ventajas también pueden convertirse en el mayor problema por su alta resistencia a la degradación bacteriana y demás agentes atmosféricos (Gregorio, 2009).

Se usan como materias primas recursos no renovables por lo que en su proceso de reciclado genera sustancias tóxicas, contienen estructuras simples o complejas, son moléculas grandes con la misma unidad estructural (Valero, Ortegón, y Uscategui, 2013). Las bolsas plásticas convencionales tardan 150 años en empezar su degradación lo cual genera una gran huella de carbono y acumulación de materiales (Twenergy, 2019).

Los biopolímeros se subclasifican en 3 grupos según su importancia en el mercado: polímeros biodegradables conformados por aceites vegetales y ácidos orgánicos, biopolímeros de recursos renovables como polisacáridos y proteínas, por último se encuentran los sintetizados mediante microorganismos para obtener PHA (Yu, Dean, y Li, 2006).

Poseen estructuras complejas y son materiales degradables con producción sostenible a partir de residuos agroindustriales (Valero, Ortegón, y Uscategui, 2013). Por ejemplo, el tiempo de degradación de películas formada por harina de plátano es de 48 días (Moreno, 2015). La mayoría son compostables, requieren una menor cantidad de energía para su producción, se aprueba su contacto directo con los alimentos, necesitan menos tratamiento para su impresión (Gallur, 2010).

3.5.2. Películas comestibles

Una película comestible es una matriz delgada que se encuentra preformada para ser utilizada entre sus componentes o en forma de recubrimiento para el alimento, estos pueden estar compuestos por un polisacárido, un compuesto cuya naturaleza sea lipídica, proteica o la combinación de estos dos (Quintero, Falguera, y Muñoz, 2012).

- **Glicerina:** Es inodoro, incoloro, de baja toxicidad, además de ser soluble en agua, químicamente estable en condiciones básicas de almacenamiento y de pH neutro (Betancourt, Melo, y Castellanos, 2016).

Debido a sus propiedades químicas y físicas poseen más tienen más de 1500 usos finales, dentro de estos cabe mencionar productos alimenticios e industria farmacéutica (Pérez y Redondo, 2014). Este actuara como

agente plastificante dentro del biopolímero otorgándole flexibilidad por sus propiedades humectantes (Twenergy, 2019).

- **Gelatina:** La gelatina es extraída de las partes que contienen colágeno de los animales cuya composición es 90% de proteína y el porcentaje restante son sales y minerales (Castro y Baquero, 2013).

Está constituida por proteínas de alto peso molecular con estructura terciaria, secundaria y primaria, se solubiliza en agua y se utiliza en la industria alimenticia y farmacéutica por sus propiedades gelificantes, emulsificantes, estabilizantes entre otras (Gutiérrez, 2013). Dentro de los biopolímeros esta proteína brinda la propiedad de resistencia mejorando su tensión y también cierta flexibilidad al movimiento (Godínez y Juárez, 2013).

3.5.3. Biopolímeros de leche y lactosuero

Existen estudios sobre la utilización de la proteína de la leche para formar películas comestibles con la adición de almidón de yuca, caseína y plastificantes como gelatina, alginato de sodio y glicerina (Bustamante y Peralta, 2018). Otros estudios también se han desarrollado pero utilizando proteína concentrada de suero o WPC utilizando sorbitol como plastificante para generar una película comestible para recubrir queso cheddar (Pangan y Portillo, 2011).

Además de la utilización de WPI o proteína aislada de suero agregando sorbitol como plastificante y aceite de orégano para alargar el tiempo de vida útil en productos cárnicos al ser empacados en este biopolímero.

Además del proyecto Wheypack financiado por la Unión Europea donde se busca reducir las difusiones de dióxido de carbono, mediante la utilización de

una cepa de *Escherichia coli* que fermenta la lactosa para obtener PHB obteniendo materias primas económicas para generar envases que reemplazan a los envases plásticos, además la obtención de este polímero tiene varias ventajas desde el punto de vista ambiental ya que se utiliza un residuo de las industrias lácteas siendo un polímero 100% biodegradable compostable, el cual es implementado para generar bandejas utilizadas en productos lácteos como quesos generando una alternativa para los envases plásticos, además de la generación de vasos y utensilios de cocina mediante procesos de inyección (AINIA, 2017).

Se han investigado otros biopolímeros en el proyecto BIO-BOARD se utilizó almidón de papa y proteína de suero de leche para generar un material para uso en materiales para embalaje, tetrabriks y demás envases alimentarios, estos presentaron resistencia a la tracción igual que los plásticos generados de polietileno (Sanchez, 2015).

3.6. Normativa legal

En Ecuador no existe una normativa vigente sobre recubrimientos y películas comestibles, pero existen normas internacionales como el Reglamento Europeo (UE) n°1130/2011 la cual establece que debe cumplir con los requerimientos establecidos para alimentos, aditivos y demás ingredientes alimentarios, además este incluye a los materiales que van a entrar en contacto directo con el alimentos y materiales para envasado de estos, a su vez, al ser una película comestible todos sus constituyentes deberán ser aptos para consumo humano (Unión Europea , 2011).

4. METODOLOGÍA

4.1. Localización de la investigación

El presente estudio se llevará en los laboratorios de la Universidad de las Américas Sede Queri, ubicada en Quito.

4.2. Materiales y equipos

4.2.1. Materiales

- Termómetro Waterproof Boeco 311
- Vaso de precipitación de vidrio borosilicato 100 ml
- Bandejas de silicona Silpat 30x40cm
- Mechero
- Trípode y malla
- Probeta 50 ml de vidrio
- Tubos cónicos Falcon 15ml
- Potenciómetro Adwa AD11
- Desecador de vidrio
- Calibrador digital METR.ISO-GEW
- Penetrómetro Force Gauge PCE-FM200

4.2.2. Equipos

- Balanza analítica Shimadzu TX3202L
- Estufa Memmert UNB 500

- Mufla Themolyne
- Centrifuga
- Analizador de humedad Shimadzu MOC-120H
- Espectrofotómetro Genesys 10S UV-VIS

4.2.3. Insumos

- WPC 80% (Aditmaq)
- Glicerina 99.5% (Casa de los químicos)
- Gelatina (Aditmaq)
- Reactivo de Biuret (BioGENA)

4.3. Investigaciones preliminares

Se realizaron diversas investigaciones preliminares para determinar la formulación y relación de aditivos en la generación de un biopolímero. De manera inicial, se realizó pruebas de concentración de suero dulce líquido en rota vapor para reducir el contenido de agua y aumentar el porcentaje de proteína. A partir del concentrado se elaboró una formulación. El biopolímero resultante tuvo una textura frágil y pegajosa debido al alto contenido de lactosa en el concentrado líquido.

Este método también se combinó con una adaptación del método para obtener películas de proteína aislada de canola (Weida Shi, 2014). Se agregó 5% de ácido esteárico a la mezcla pero después del secado este presentó una apariencia poco agradable, muy frágil y pegajosa por lo que se desechó.

Se realizó una prueba con WPC 80% y gelatina únicamente, pero la película presentaba poca elasticidad y baja resistencia. De manera adicional, se desarrolló el proceso de secado en cajas Petri. Sin embargo, se determinó

que el molde no era el adecuado ya que no presentaba funcionalidad al momento de desprender el polímero por lo que se escogió como molde bandejas de silicona.

Se realizó otra prueba donde se utilizó 4g de glicerina por cada 1.5g de gelatina obteniendo un biopolímero con mayor resistencia y elasticidad, con esta prueba se pudo determinar la relación de aditivos para obtener las características deseadas del biopolímero.

Se utilizó otro método para la elaboración de biopelículas simples (González, 2015). En este método se calienta la mezcla a 90°C durante 30 minutos. Se pudo observar una desnaturalización y precipitación de las proteínas del suero que dificultaron la obtención del biopolímero.

4.4. Preparación del biopolímero

Para obtener el biopolímero se agregan 50 ml de agua destilada en un vaso de precipitación de 100 ml después se añade WPC al 80% en concentraciones de 5% y 6%, se mezcla con la varilla de agitación hasta su homogenización, posterior a esto se agregan las diferentes cantidades de aditivos como se especifica en la tabla 4. Se somete a calor hasta alcanzar una temperatura de 65-70°C, se coloca la mezcla en las bandejas de silicona en forma de película rectangular 2 x 2 cm para ser secadas en la estufa a una temperatura de 65°C durante 6 horas, concluido este proceso se retira de las bandejas y se almacena a condiciones ambientales. El proceso se explica en la Figura 1.

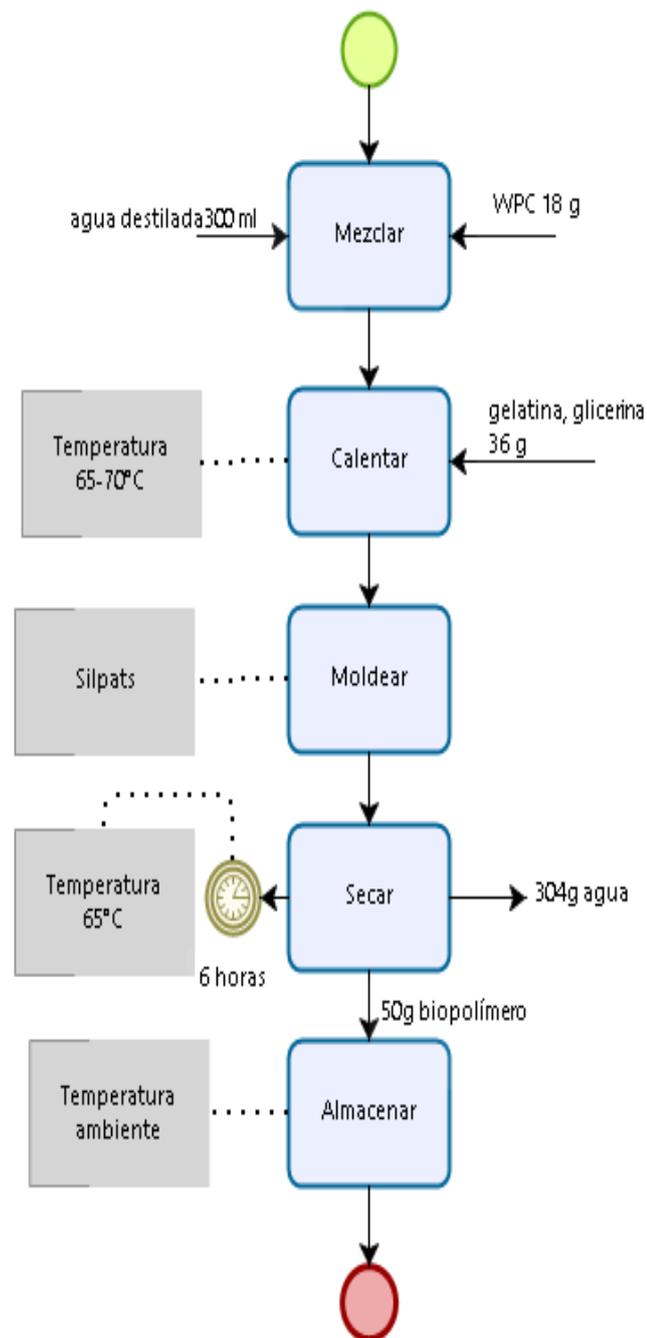


Figura 1. Diagrama de flujo y balance de masa del biopolímero.

4.5. Diseño de la investigación

Se realizaron diversas pruebas para encontrar una relación adecuada entre los distintos aditivos empleados para determinar la formulación más idónea

como se especifica en la sección 4.4. En la tabla 4, se indican los factores con cada nivel del diseño experimental, en este se realizó un diseño completamente al azar en arreglo factorial 2*3 con 6 repeticiones. El análisis estadístico se realizó mediante el programa estadístico Infostat y la separación de medias mediante Tukey al 5%.

Tabla 4.

Factores del diseño experimental

Factores	Descripción	Niveles	Codificación
F1	WPC 80%	5%	C1
		6%	C2
F2	Relación de aditivos	4.8 g Glicerina 1.2 g Gelatina	A1
		4 g Glicerina 2 g Gelatina	A2
		4.5 g Glicerina 1.5 g Gelatina	A3

En la tabla 5 se pueden observar los 6 tratamientos con su nomenclatura y descripción.

Tabla 5.

Tratamientos del diseño experimental

Tratamientos	Descripción	Nomenclatura
T1	WPC 5% - Aditivos 4:1	C1A1
T2	WPC 5% - Aditivos 3:1	C1A2
T3	WPC 5% - Aditivos 2:1	C1A3
T4	WPC 7% - Aditivos 4:1	C2A1
T5	WPC 7% - Aditivos 3:1	C2A2
T6	WPC 7% - Aditivos 2:1	C2A3

4.6. Pruebas físicas

4.6.1. Espesor de película

Para esta prueba se tomó una muestra de la película y se realizó las mediciones de espesor con un calibrador digital METR.ISO-GEW, se expresará en mm.

4.6.2. Permeabilidad

Evaluar el comportamiento del biopolímero en agua es importante por ser el mayor agente involucrado en su biodegradación (Meneses, Corrales y Valencia, 2007). Para esta prueba se tomó como referencia el procedimiento de la Norma Técnica Colombiana NTC 1027, se tomó una muestra de 2 cm por 2 cm y se toma el peso inicial, este es sumergido dentro de un recipiente con agua y se deja inmerso por 24 horas, transcurrido el tiempo se retira del recipiente se mide sus dimensiones y se pesa nuevamente (ICONTEC, 1997). Los resultados se expresan en variación de peso, cambios de área y de apariencia.

4.6.3. Tensión

La evaluación de esta propiedad se realizó utilizando como guía la Norma ASTM D882 para medir el máximo esfuerzo que puede soportar el material antes de su ruptura mediante estiramiento por sus dos extremos.

La muestra tendrá un ancho nominal de 5 cm y 10 cm de largo, las pruebas se realizan a condiciones ambientales (ASTM International , 2018).

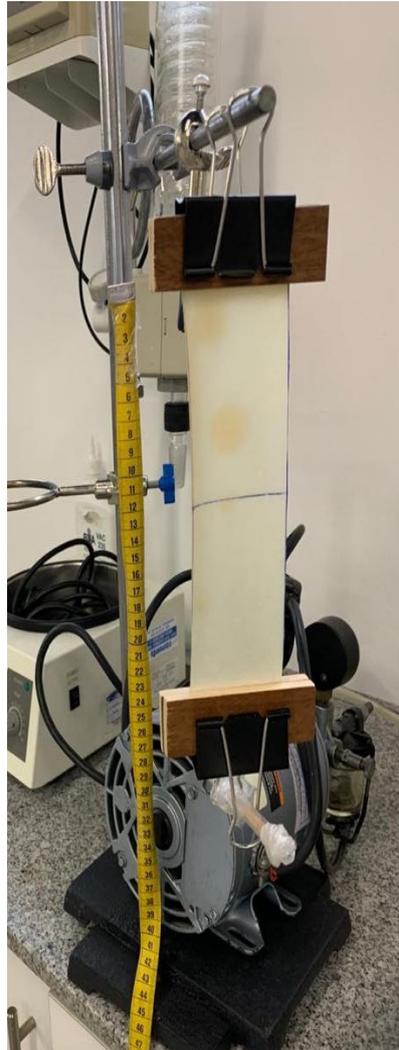


Figura 2. Equipo utilizado en pruebas de tensión.

4.6.4. Densidad

Se tomó una muestra de 2 cm por 2 cm y se obtiene su peso utilizando una balanza analítica y utilizando una probeta llena de agua a $23^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ se determina el volumen de agua desplazado por el polímero y se calcula su densidad, este será expresado en valores de g/cm^3 (Navia y Bejarano, 2014).

4.7. Pruebas químicas

4.7.1. Proteína

Para determinar el porcentaje de proteína se realizó el método de Biuret, se tomó 1g de muestra y se mezcló en 100ml de agua destilada a una temperatura de 65-70°C hasta que se solubilice, este se dejó en reposo hasta que se enfríe y se tomó 1ml de muestra, se colocó en tubos Falcon de 15 ml y se agregó 4ml de reactivo Biuret, se esperó 30 minutos y se centrifugo a 4000rpm durante 10 minutos. Finalmente, se tomó 1ml del sobrenadante de la muestra y se colocó en las cubetas del espectrofotómetro para medir la absorbancia a 540nm y se utilizó como blanco agua destilada (Puerto, 2013). Para el cálculo se utilizó la siguiente ecuación:

$$y = 0.337x + 0.0009 \quad (\text{Ecuación 1})$$

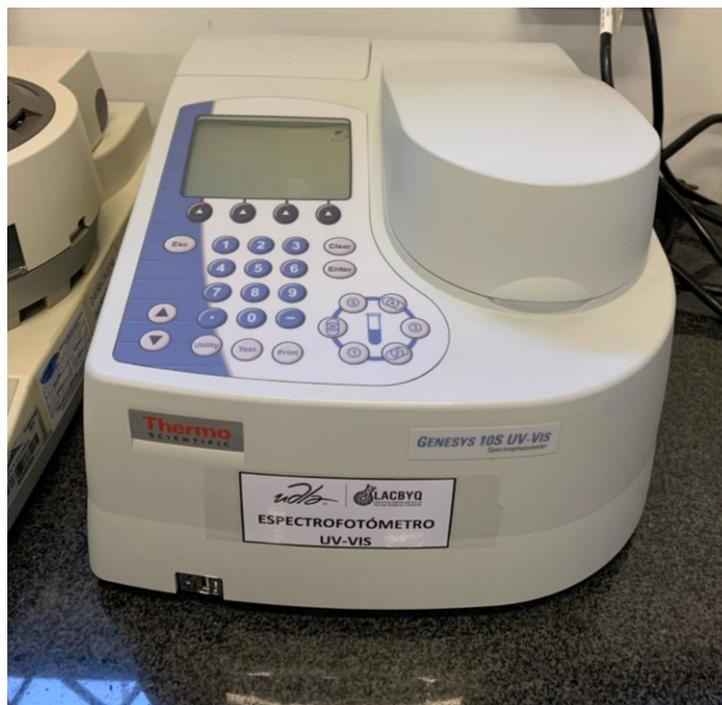


Figura 3. Espectrofotómetro para pruebas de proteína.

4.7.2. Grasa

Para realizar estas pruebas, se enviaron muestras a un laboratorio físico, químico y microbiológico externo donde se toma como referencia al método AOAC 2003.06 en donde se pesó 5g de muestra en un matraz Erlenmeyer con 70 ml de agua desmineralizada y 60 ml de ácido clorhídrico, se hidrolizó mediante calentamiento, después se filtró la muestra con papel filtro y se colocó la muestra en capsulas que se introdujeron en la estufa a 130°C por 30 minutos, una vez seco se introdujo en capuchones de celulosa donde se colocó algodón con hexano. Finalmente, se introdujeron en el extractor de grasa (Jácome, 2016).

4.7.3. Cenizas

Para esta prueba se secó los crisoles dentro de la estufa a una temperatura de 60°C durante 3 horas para eliminar la humedad presente, después se colaron en el desecador hasta que estos se encuentren fríos, se pesó 2g de muestra. A continuación, la muestra fue colocada en el crisol y calcinada a una temperatura de 540°C durante 4 horas en la mufla. Posteriormente, se introducen las muestras en el desecador hasta se enfríen y se procedió a pesar (UNAM, 2008). Se utilizó la siguiente ecuación:

$$Cenizas = \frac{C_c - C_v}{C_m - C_v} * 100 \quad (\text{Ecuación 2})$$

Dónde:

Cv= Peso del crisol vacío

Cm= Peso del crisol más muestra

Cc= Peso del crisol más muestra calcinada

4.7.4. Humedad

Se realiza con una muestra de 2g con el analizador de humedad Shimadzu MOC-120H a una temperatura de 90°C, este se basa en el calentamiento mediante luz infrarroja y medición del cambio de peso hasta la evaporación del agua presente, el equipo determina la humedad en términos de porcentaje (Shimadzu, 2008).



Figura 4. Analizador de humedad.

4.8. Pruebas microbiológicas

Para evitar la contaminación cruzada se deberá tomar en cuenta las buenas prácticas de manufactura, además se realizaron las pruebas microbiológicas en un laboratorio externo, donde se evaluó aerobios mesófilos según el

método AOAC 990.12 (AOAC, 2007). Para coliformes totales se utilizó el método AOAC 991.14 (AOAC, 2004). Finalmente, para mohos y levaduras se siguió el método denominado AOAC 997.02 (AOAC, 2009).

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

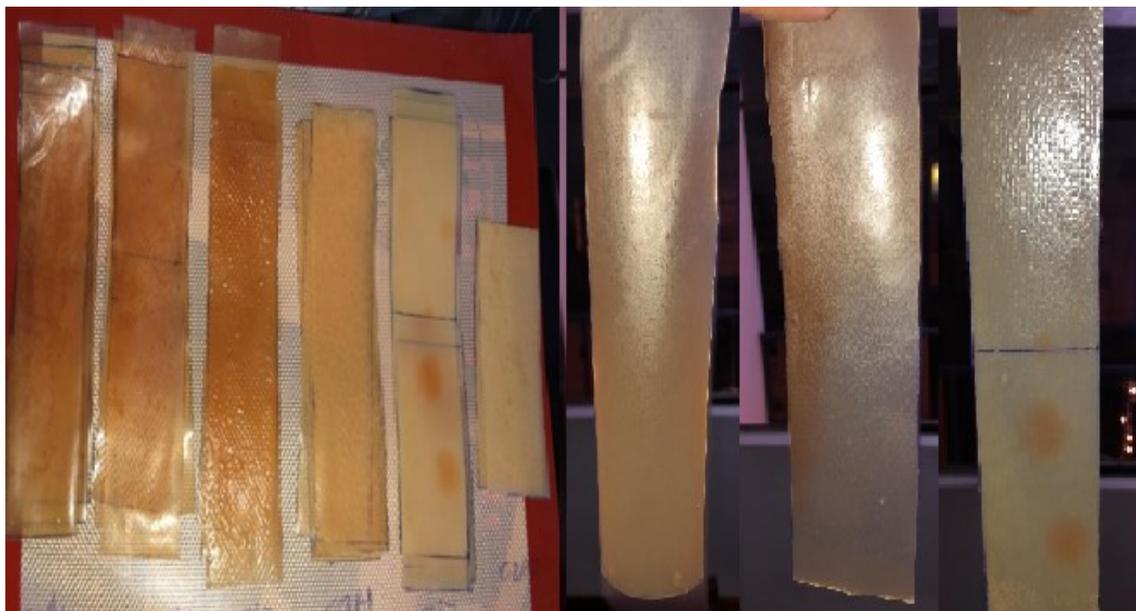


Figura 5. Biopolímeros obtenidos con los diferentes tratamientos.

5.1. Pruebas físicas

Para determinar las propiedades físicas se siguieron los procedimientos establecidos en la sección 4.7.

5.1.1. Espesor e incremento de peso

En el Anexo 1 se puede observar el ADEVA del espesor de película, donde se determinó que para la concentración de proteína y la relación de aditivos utilizados existen diferencias significativas. Sin embargo, se determinó que no existe una diferencia significativa entre la interacción de estos dos factores.

Además, después de realizar el ADEVA del incremento de peso para medir la permeabilidad, ver Anexo 2, se tuvieron diferencias significativas en la concentración de proteína utilizada para la formación de la película, pero la interacción de estos dos factores ni la relación de aditivos empleados para formular el biopolímero representaron una diferencia estadística significativa. En la Tabla 6 se muestran la comparación entre medias de espesor e incremento de peso según la concentración de proteína utilizada.

Tabla 6.

Comparación entre concentraciones y relación de aditivos para espesor e incremento de peso

	Espesor mm			Incremento de peso g
	A1	A2	A3	
C1	0.26 ± 0.01 ^{bB}	0.27 ± 0.006 ^{bA}	0.24 ± 0.006 ^{bC}	0.45 ± 0.03 ^a
C2	0.51 ± 0.005 ^{aB}	0.52 ± 0.005 ^{aA}	0.49 ± 0.01 ^{aC}	0.31 ± 0.01 ^b

Nota: Superíndices con letras minúsculas distintas indican diferencias significativas para concentración de proteína ($P > 0.05$) con la separación de medias tukey y un nivel de significancia del 0.05. Superíndices con letras mayúsculas distintas indican diferencias significativas para relación de aditivos ($P > 0.05$) con la separación de medias tukey y un nivel de significancia del 0.05.

Después de realizar el análisis de diferencia de medias (Tukey al 5%), se determinó que C2 va a generar una película de mayor espesor de 0.51 ± 0.014 mm a comparación de C1 que obtuvo un espesor de 0.26 ± 0.015 mm.

Además que en esta propiedad física, la relación de aditivos también interfiere en el espesor de la película por la concentración de sólidos utilizados, siendo el tratamiento A2 el que presentan un mayor espesor con un promedio de 0.4 ± 0.13 mm, seguido de A1 con un espesor promedio de 0.39 ± 0.12 mm y finalmente A3 con un espesor de 0.37 ± 0.13 mm cómo se observa en la figura 6. Comparado al estudio de películas bioactivas a base de plátano, donde se obtienen películas con mayor espesor dependiendo de la cantidad de sólidos

utilizados lo cual concuerda con los datos obtenidos concluyendo que la cantidad de sólidos utilizados tienen una relación directa con el espesor de la película (Moreno, 2015).

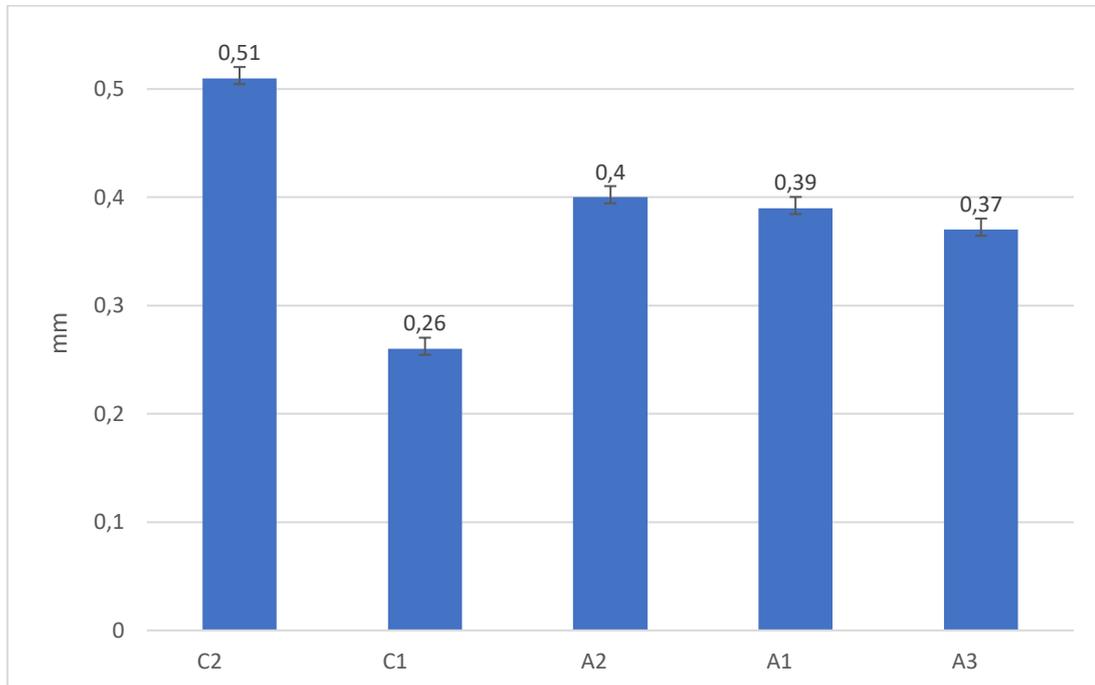


Figura 6. Valores promedio de espesor por aditivos y concentración.

Sin embargo, se puede apreciar que C2 también tiene un promedio mayor en incremento de peso 0.45 ± 0.03 g después de 24 horas sumergidas en agua a comparación del C1 0.31 ± 0.01 , se determina que la concentración C2 va a tener una mayor susceptibilidad a la degradación por agua.

En biopolímeros a partir de almidón de yuca después de realizar esta prueba se afirma que los distintos tratamientos muestran susceptibilidad a ser degradadas en agua debido a que estas absorbieron agua después de ser sumergidas y por la capacidad de retención de agua de las proteínas, en el estudio el tratamiento con mayor cantidad de almidón 20% tuvo la mayor absorción de agua concordando con los datos obtenidos donde C2 también presentó una ganancia de peso superior (Meneses, Corrales, y Valencia, 2007).

En la figura 7 se muestran los valores promedios obtenidos y su desviación estándar.

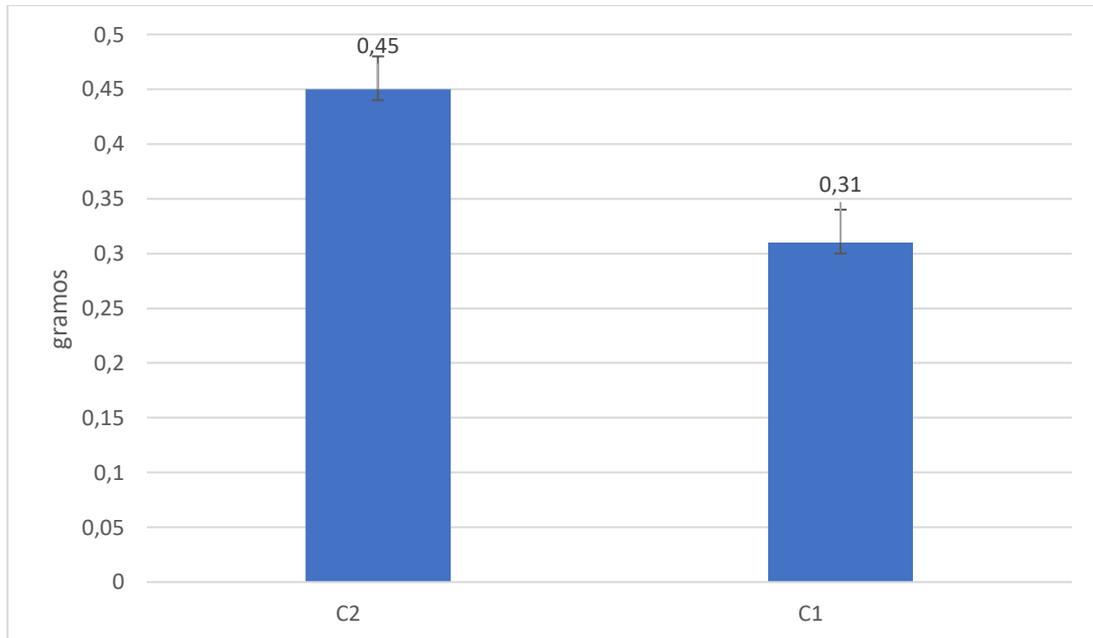


Figura 7. Valores promedio de aumento de peso por concentración.

5.1.2. Densidad, aumento de área y cambios de apariencia

En el Anexo 3, se puede observar el ADEVA de la densidad del biopolímero donde nuevamente se encuentran diferencias significativas en cuanto a concentraciones de proteína utilizada, a su vez se determina que la interacción de los factores y la relación de aditivos no tiene una diferencia estadística significativa.

Al momento de realizar el análisis de varianza en cuanto al aumento de área (Anexo 4), no se encontraron diferencias significativas en el modelo, por lo que se determina que la concentración de proteína, relación de aditivos y su interacción no interfiere en el aumento de área cuando el polímero es sumergido durante 24 horas en agua.

Similares resultados se encontraron en un biopolímero de almidón de yuca donde también se tuvo un aumento de área hasta del 79.2% confirmando con el aumento de peso que este es susceptible a la degradación por agua (Meneses, Corrales, y Valencia, 2007). En la tabla 7 se visualiza la comparación de medias para densidad según concentración de proteína utilizada.

Tabla 7.

Comparación de concentraciones para densidad

Concentración	Densidad g/cm ³
C1	1.24 ± 0.06 ^a
C2	1.13 ± 0.07 ^b

Nota: Superíndices con letras distintas indican diferencias significativas ($P > 0.05$) con la separación de medias tukey y un nivel de significancia del 0.05

Después del realizar el análisis de Tukey al 5%, se determinó que C1 tuvo una densidad mayor con valores de 1.24 ± 0.06 g/cm³ a comparación de C2 que tuvo valores de 1.13 ± 0.07 g/cm³ por lo que se determina que C2 al tener una menor densidad favorecería sus condiciones de comercialización (Navia y Bejarano, 2014).

En comparación, de biopolímeros termo comprimidos de almidón de yuca que tuvo valores de 0.41-0.45 g/cm³, además otros estudios en fibras de caña de azúcar con almidón de yuca presentaron densidades de 0.19-0.29 g/cm³ (Vercelheze, et al, 2012). También de los bioplásticos termo comprimidos con quitosano, fibras naturales y almidón de yuca tienen densidades de 0.12-0.15 g/cm³ (Kaisangsri, Kerdchoechuen, y Laohakunjit, 2012).

Sin embargo, el poliestireno expandido tiene valores de 0.05-0.09 g/cm³ por lo que se concluye que la densidad del biopolímero es muy alta comparada a

plásticos sintéticos y termo comprimidos biodegradables (Navia y Bejarano, 2014). Pero comparando con un polímero biodegradable de almidón de yuca con alcohol polivinílico y grasa vegetal se obtuvieron valores de 1.23-1.40 g/cm³, se puede decir que coincide con los datos obtenidos, además se corrobora que el peso del polímero influye en la densidad (Meneses, Corrales, y Valencia, 2007).

En la figura 8 se muestran los valores promedios y su desviación estándar.

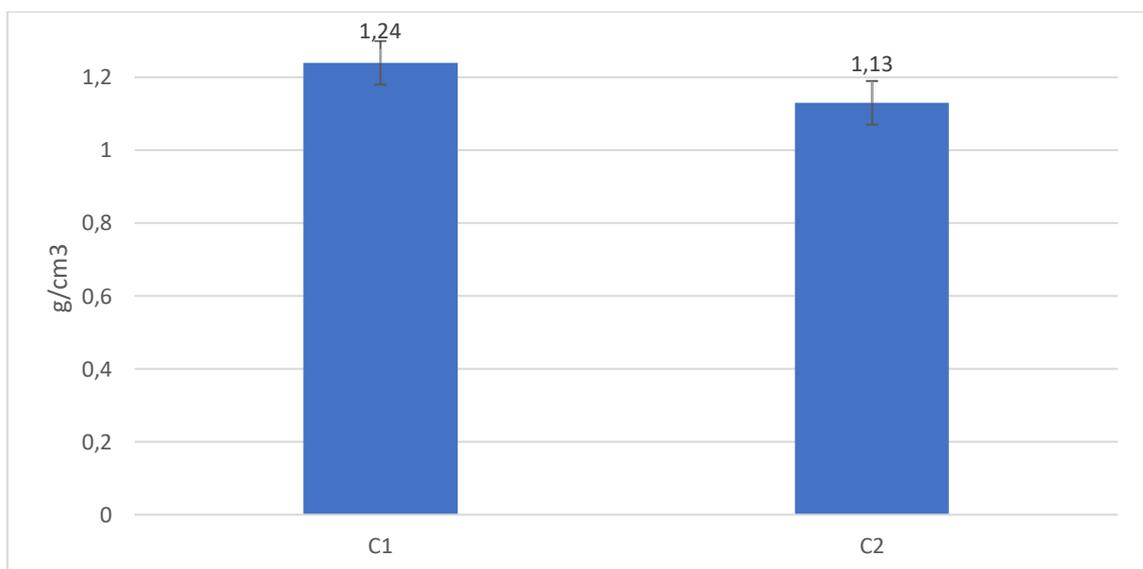


Figura 8. Valores promedio de densidad.

Además, se evaluó los cambios físicos en apariencia después de 24 horas sumergidas en agua. En la tabla 8 se describe los cambios de apariencia que tuvo la película.

Tabla 8.

Cambios de apariencia

Tratamiento	Cambios de apariencia	Fotografía
C1A1	Color de amarillo a blanco y fragilidad al contacto	
C1A2	Color de amarillo a blanco y fragilidad al contacto	
C1A3	Color de amarillo a blanco y fragilidad al contacto	
C2A1	Color de amarillo a blanco y fragilidad al contacto	
C2A2	Color de amarillo a blanco y fragilidad al contacto	
C2A3	Color de amarillo a blanco y fragilidad al contacto	

Estos resultados determinan que el biopolímero es susceptible a la degradación por agua similar a la degradación de biopolímeros de almidón de yuca donde se obtuvieron cambios moderados y fuertes en cuanto a la apariencia después de ser sometidos 24 horas al contacto directo con agua (Meneses, Corrales, y Valencia, 2007).

5.1.3. Tensión

En el Anexo 5, se visualiza el ADEVA de tensión al biopolímero donde se determinaron diferencias significativas entre los factores de concentración de proteína, relación de aditivos y entre su interacción. En la tabla 9 se observan las comparaciones las medias obtenidas para tensión.

Tabla 9.

Comparación de datos obtenidos para tensión

	Tratamiento					
	C1			C2		
	A1	A2	A3	A1	A2	A3
Tensión	1.18 ±	0.65 ±	1.57 ±	2.33 ±	2.3 ±	2.49 ±
kg	0.07 ^d	0.05 ^e	0.02 ^c	0.09 ^{ab}	0.06 ^b	0.09 ^a

Nota: Superíndices con letras minúsculas distintas indican diferencias significativas para tratamientos ($P > 0.05$) con la separación de medias tukey y un nivel de significancia del 0.05.

Después de realizar el análisis de diferencia de medias (Tukey al 5%) se determinó que la relación de aditivos interfiere en la resistencia del biopolímero siendo el tratamiento A3 el que presentó un promedio mayor de 2.03 ± 0.5 kg, seguido de A1 con una resistencia promedio de 1.76 ± 0.6 kg y A2 con un promedio de 1.47 ± 0.8 kg. También se observa que el tratamiento C2A3 tiene una mayor resistencia con 2.49 ± 0.15 kg seguido de C2A1 con 2.32 ± 0.07 kg, C2A2 con 2.33 ± 0.09 kg y el que presentó una menor

resistencia fue C1A2 con 0.65 ± 0.07 kg como se puede visualizar en la figura 9.

Bustamante y Peralta (2018) en su investigación para desarrollar un biopolímero de caseína con almidón de yuca a diferentes concentraciones utilizando gelatina y glicerina en cantidades de 5 y 3 g respectivamente obtuvieron valores de tensión de 1.2-1.65 kg con 15 g de almidón y 10 g de proteína, 1.75-2.7 kg con 10g de almidón y 15 g de proteína concluyendo que las películas con mayor concentración de proteína poseen una mayor resistencia ya que se tuvo que aplicar una mayor resistencia para su ruptura. Lo que se relaciona con los resultados obtenidos, donde C2 presento una mayor resistencia de 2.37 ± 0.12 kg a comparación de C1 que presento una resistencia de 1.13 ± 0.4 kg.

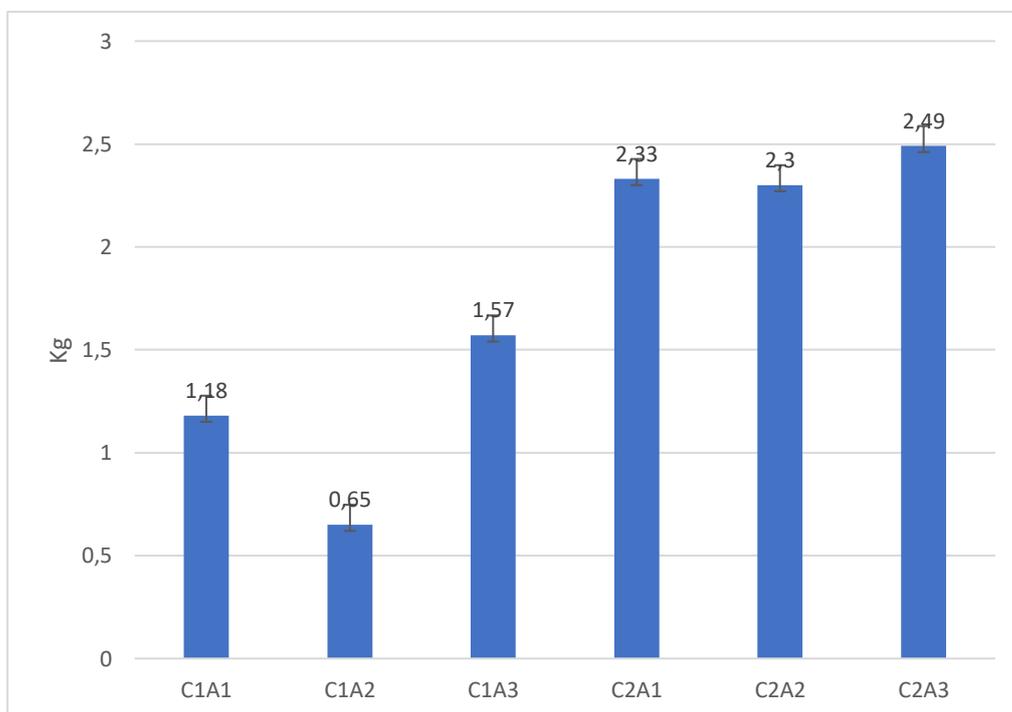


Figura 9. Valores promedio de tensión según tratamientos

Sin embargo, cabe mencionar que el tratamiento con mayor cantidad de gelatina tuvo la menor resistencia ya que este brinda una mayor dureza al biopolímero lo cual concuerda con las investigaciones preliminares al

desarrollar la formulación. La glicerina también influye en esta propiedad mejorando la elasticidad brindando humectación al biopolímero lo cual concuerda con Guerrón (2016) al desarrollar un biopolímero utilizando glicerina se concluyó que la glicerina favorece la elasticidad en un 50% reduciendo su dureza. Se pudo determinar que a menores concentraciones de glicerina se obtiene un biopolímero con mayor dureza pero mayor fragilidad y mayores concentraciones de glicerina generan un biopolímero con mayor elasticidad.

Además la relación de alargamiento que se tuvo por tratamientos fue de 1.05-4.1 (ver Anexo 6), valores similares a las obtenidas según Alarcón y Arroyo (2016) al desarrollar un biopolímero de almidón modificado de papa teniendo valores entre 0.98 y 3.9 variando el porcentaje de almidón y de aditivos.

5.2. Pruebas químicas

Para determinar las propiedades químicas se siguieron los procedimientos establecidos en la sección 4.8.

En el Anexo 7, se visualiza el ADEVA de la cantidad de proteína presente en el biopolímero donde se determinaron diferencias significativas en los factores de concentración de proteína y relación de aditivos, pero en esta propiedad no se determinaron diferencias significativas entre su interacción, además, al realizar el análisis estadístico para cenizas (Anexo 8) también se pudieron determinar diferencias significativas en la concentración de proteína y relación de aditivos pero no se encontraron diferencias significativas entre las interacciones.

Después de realizar el análisis estadístico para humedad (Anexo 9) y grasa (Anexo 10), se determinó que no existen diferencias estadísticas entre cada factor ni sus interacciones, por lo cual no se realizara la separación de

medias, concluyendo que la concentración de proteína ni la relación de aditivos interfiere entre estos factores. Respecto al porcentaje de humedad y grasa en el desarrollo de un plástico biodegradable cuya base fue almidón de papa en diferentes concentraciones con glicerina y melamina tampoco existieron diferencias significativas al evaluar estas propiedades lo cual concuerda con los resultados obtenidos (Charro, 2015). En la tabla 10 se visualiza la comparación de medias para proteína, cenizas, humedad y grasas.

Tabla 10.

Concentración de proteína y relación de aditivos para proteína, cenizas, humedad y grasa expresada en porcentajes

	Tratamiento					
	C1			C2		
	A1	A2	A3	A1	A2	A3
Humedad	6.07 ± 0.06 ^{aA}	6.13 ± 0.06 ^{aA}	6.2 ± 0.06 ^{aA}	6.13 ± 0.06 ^{aA}	6.03 ± 0.06 ^{aA}	6.27 ± 0.06 ^{aA}
Proteína	5.34 ± 0.06 ^{bB}	5.66 ± 0.02 ^{bA}	5.09 ± 0.02 ^{bC}	6.42 ± 0.05 ^{aB}	6.71 ± 0.05 ^{aA}	6.17 ± 0.02 ^{aC}
Grasa	1.99 ± 0.05 ^{aA}	1.97 ± 0.05 ^{aA}	2.01 ± 0.05 ^{aA}	2.09 ± 0.05 ^{aA}	2.07 ± 0.05 ^{aA}	2.11 ±0.05 ^{aA}
Cenizas	1.54 ± 0.01 ^{bC}	1.58 ± 0.01 ^{bA}	1.56 ± 0.01 ^{bB}	1.65 ± 0.01 ^{aC}	1.69 ± 0.01 ^{aA}	1.67 ± 0.01 ^{aB}

Nota: Superíndices con letras minúsculas distintas indican diferencias significativas para concentración de proteína ($P > 0.05$) con la separación de medias tukey y un nivel de significancia del 0.05. Superíndices con letras mayúsculas distintas indican diferencias significativas para relación de aditivos ($P > 0.05$) con la separación de medias tukey y un nivel de significancia del 0.05.

Después de realizar el análisis estadístico de Tukey al 5% se pudo determinar que C2 tuvo una mayor concentración de proteína con un promedio de 6.43

$\pm 0.24\%$ a comparación de C1 donde se obtuvo un promedio de $5.36 \pm 0.25\%$ como se puede observar en la figura 10. Además que en esta propiedad química también interfiere la relación de aditivos en la concentración de aditivos. Siendo la relación de aditivos A2 la cual va a generar una película con mayor concentración de proteína con $6.19 \pm 0.58 \%$ a comparación de las relaciones A1 con $5.88 \pm 0.59\%$ y A3 con $5.63 \pm 0.02\%$ como se puede observar en la figura 11.

Al comparar estos resultados con un recubrimiento comestible cuya base fue proteína de suero de leche y sorbitol se tuvieron diferencias estadísticas significativas en la concentración de proteína al 6% y 8%. Pangan y Portillo (2011) en su estudio obtuvieron datos similares en la concentración de proteína ya que esta influye directamente en la concentración de proteína.

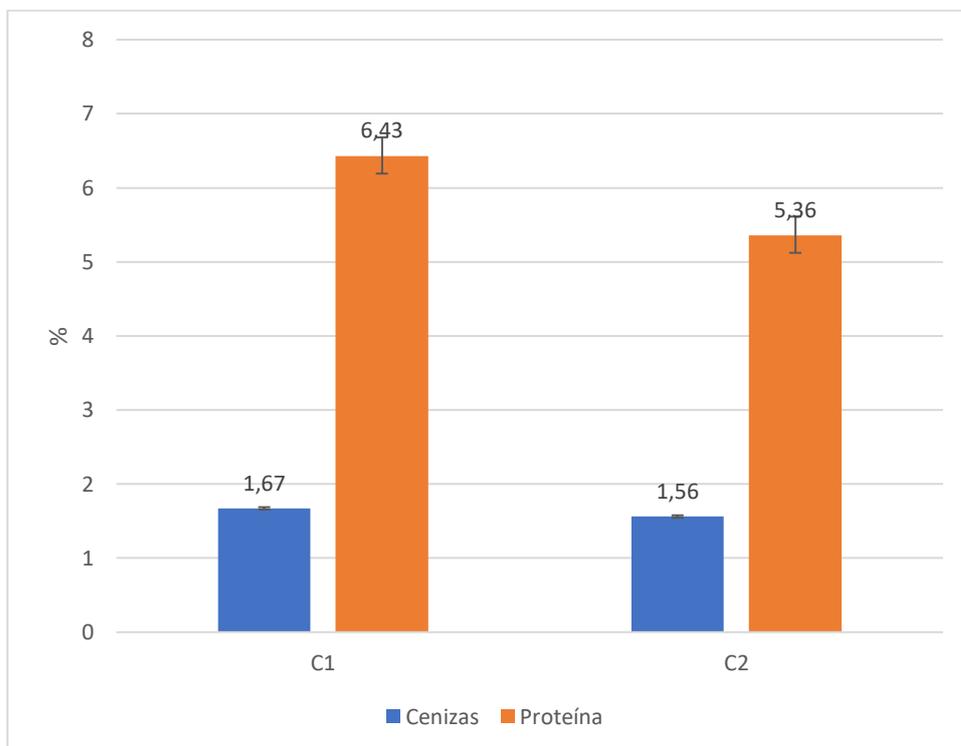


Figura 10. Valores promedios de proteína y cenizas según concentración de proteína

Con respecto al contenido de cenizas al realizar el análisis estadístico de Tukey al 5% se pudo determinar que C2 tuvo una mayor concentración de cenizas con un promedio de $1.67 \pm 0.02\%$ a comparación de C1 donde se obtuvo un promedio de $1.56 \pm 0.01\%$ como se puede visualizar en la figura 10. Además que en la concentración de cenizas también interfiere la relación de aditivos en la concentración de aditivos siendo la relación de aditivos A2 la cual va a generar un biopolímero con mayor concentración de cenizas con $1.64 \pm 0.06\%$ a comparación de las relaciones A3 con $1.62 \pm 0.06\%$ y A1 con $1.6 \pm 0.06\%$ como se puede observar en la figura 11.

Charro (2015) en su investigación de plásticos biodegradables a partir de almidón de papa también caracterizó químicamente el porcentaje de cenizas obteniendo un valor de 1.71% donde se utilizó un 6.6% de glicerina, en este estudio se concluyó que la concentración de aditivos influyó directamente en la concentración de cenizas, lo cual concuerda con los datos obtenidos de 1.6-1.64% en la relación de aditivos.

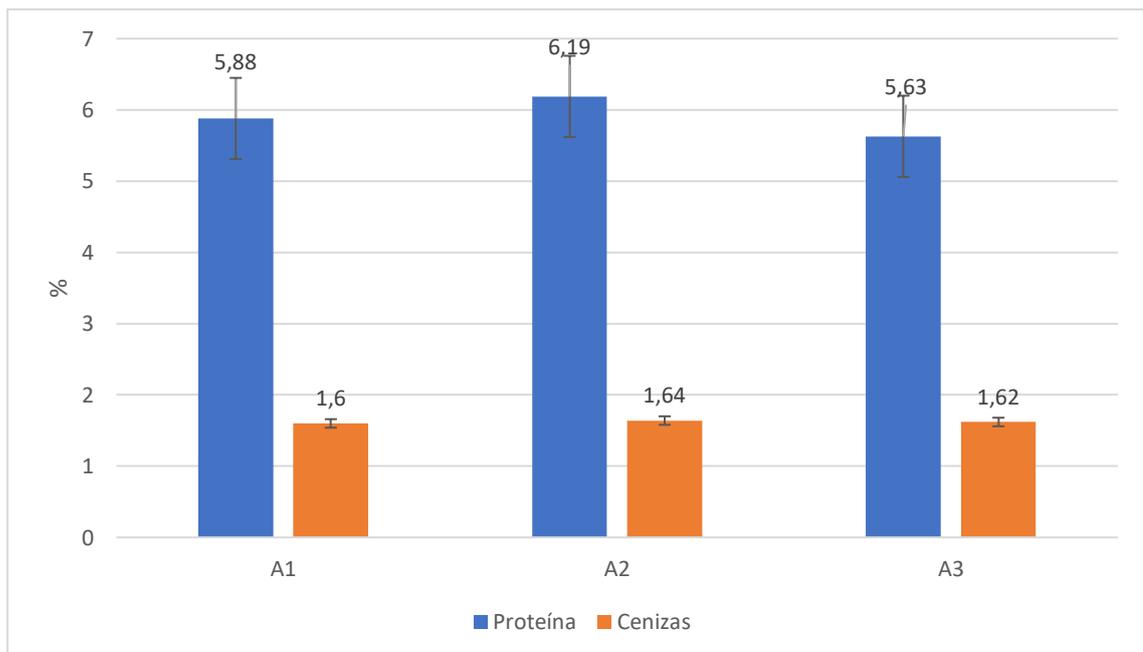


Figura 11. Valores promedios de proteína y cenizas según aditivos.

5.3. Pruebas microbiológicas

Para determinar los microorganismos presentes en la película se aplicó el método establecido en la sección 4.9. En la Tabla 11 se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 11.

Resultados de pruebas microbiológicas

Parámetro	Resultado	Unidad	Incertidumbre
Recuento de aerobios totales	10	UFC/g	±2
Recuento coliformes totales	<10	UFC/g	±0
Recuento de mohos	<10	UFC/g	±2
Recuento de levaduras	<10	UFC/g	±2

Después de realizar estos análisis se puede comprobar que cumple con la ficha técnica del proveedor de proteína concentrada de suero. Pangan y Portillo en su investigación de recubrimiento de proteína concentrada de suero de leche asegura que al realizar el análisis microbiológico para coliformes totales se encuentra dentro de lo permitido para productos lácteos afirmando que el recubrimiento es comestible. Por lo cual la película obtenida también cumple con esto y se puede concluir que la película es comestible.

5.4. Análisis costo beneficio

En la tabla 12 se pueden observar los costos fijos, variables, costo variable unitario, VAN, TIR y costo beneficio para producir 100kg de biopolímero anual.

Tabla 12.

Costo-beneficio biopolímero a partir de suero de leche

Criterio	Costo
Costos fijos	\$49 179.67
Costos variables	\$174 147.41
Costo variable unitario	\$1.74
VAN	\$34 219.65
TIR	17%
Precio unitario	\$2.05
C/B	\$1.83

Se determinó que el costo de producción es de \$1.74 , teniendo un precio unitario de \$2.05 se tendría un beneficio costo de \$1.83, ver en sección Anexos tablas de costos utilizados para determinar el costo beneficio.

A comparación de un recubrimiento comestible desarrollado de proteína para queso cheddar que tuvo un costo de \$1.53 y las bolsas plásticas utilizadas de 20x26cm, la película presenta un costo mayor de 0.21 centavos comparada a las anteriormente mencionadas, esto se debe al costo del plastificante y concentrado de proteína de suero de leche (Pangan & Portillo, 2011).

Después de evaluar todas estas propiedades se determinó que el mejor tratamiento es con concentración de proteína 6% y relación de aditivos 2:1 presentando unas características de espesor de 0.49 mm, densidad de 1.07 g/cm³, tensión de 2.43 kg, incremento de peso frente agua de 0.45 g, incremento de área superficial de 219%, proteína de 6.17%, cenizas de 1.67%, humedad de 6.27% y grasa de 2.11%, seguido de concentración de proteína 6% y relación de aditivos 4:1 con espesor de 0.51 mm, densidad de 1.15 g/cm³, tensión de 2.33 kg, incremento de peso frente agua de 0.45 g,

incremento de área superficial de 215%, proteína de 6.42%, cenizas de 1.65%, humedad de 6.13% y grasa de 2.09%, después concentración de proteína 6% y relación de aditivos 3:1 con espesor de 0.52 mm, densidad de 1.16 g/cm³, tensión de 2.3 kg, incremento de peso frente agua de 0.45 g, incremento de área superficial de 214%, proteína de 6.71%, cenizas de 1.69%, humedad de 6.13% y grasa de 2.07%.

Después se tiene los tratamientos con concentración de proteína 5% y relación de aditivos 2:1 con espesor de 0.24 mm, densidad de 1.27 g/cm³, tensión de 1.57 kg, incremento de peso frente agua de 0.32 g, incremento de área superficial de 215%, proteína de 5.09%, cenizas de 1.56%, humedad de 6.2% y grasa de 2.01%, concentración de proteína 5% y relación de aditivos 4:1 con espesor de 0.26 mm, densidad de 1.23 g/cm³, tensión de 1.18 kg, incremento de peso frente agua de 0.3 g, incremento de área superficial de 219%, proteína de 5.34%, cenizas de 1.54%, humedad de 6.07% y grasa de 1.99% y finalmente concentración de proteína 5% y relación de aditivos 3:1 con espesor de 0.27 mm, densidad de 1.27 g/cm³, tensión de 0.65 kg, incremento de peso frente agua de 0.31 g, incremento de área superficial de 219%, proteína de 5.66%, cenizas de 1.58%, humedad de 6.13% y grasa de 1.97%.

Estas diferencias se encuentran mayoritariamente por la concentración de sólidos utilizada dentro de la formulación del biopolímero, un mayor espesor se encuentra directamente relacionado con la concentración de sólidos, además de que estas son susceptibles a una degradación en presencia de agua por la capacidad de retención de agua y cada una presenta una tensión distinta, esto se debe a que la glicerina dentro del biopolímero le brinda una mayor flexibilidad al ser un agente humectante pero la gelatina mejora las propiedades tensión.

La concentración de aditivos y proteína en propiedades químicas como proteína se encuentra una diferencia por la proteína y presencia de gelatina ya que éstas son proteínas. y la composición de la glicerina influye en las cenizas ya que en los tratamientos donde se encuentran mayor presencia de glicerina hay una mayor presencia de estos.

Además se debe realizar más estudios con los demás tratamientos con proteína al 5% ya que estos también presentan características similares en degradación y composición química frente a los tratamientos con mayor concentración de proteína, a su vez estos presentarían un coste de producción menor debido a que se utilizaría menor cantidad de sólidos dentro del biopolímero. En cuanto, a los costos de producción estos se pueden reducir mediante la utilización del permeado que se obtiene como subproducto de la ultrafiltración de WPC para obtener PHB, o mediante la utilización de WPC 35% que tiene un coste menor a WPC 80%.

Otra forma de reducir los costos es la utilización de gelificantes como carbopol y trietanolamina que se utilizan en una cantidad menor para poder generar un polímero además que también absorben agua por la presencia de sus grupos carboxílicos. Además el mercado que utilizaría este tipo de biopolímeros no se encuentra desarrollado económicamente para sustentar este polímero, por lo cual se debería esperar que las materias primas reduzcan su coste para poder producir un biopolímero más sustentable. A su vez, es importante tomar en cuenta que este producto es innovador por lo cual tendría una buena penetración en el mercado.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

Se logró desarrollar el biopolímero utilizando diferentes porcentajes de proteína de suero y aditivos, en el cual se pudo determinar que las distintas concentraciones de sólidos utilizados afectan directamente al espesor de la película, además, al medir la permeabilidad se concluye que el biopolímero tiene susceptibilidad para ser degradado en agua lo cual favorece a su biodegradabilidad y restringe su uso en alimentos con gran contenido de agua.

Al evaluar propiedades físicas como densidad se tuvo que C2 tuvo una densidad menor lo cual favorecería su comercialización ya que los plásticos sintéticos tienen una densidad baja, además C2 tuvo una mayor resistencia al evaluar la tensión siendo el tratamiento C2A3 el tratamiento que presentó mejores características físicas con un espesor de 0.49 mm, densidad de 1.07 g/cm³, tensión de 2.43 kg, el incremento de peso frente agua de 0.45 g, y en incremento de área superficial de 219%.

Se determinó las características químicas del biopolímero obteniendo valores promedio de proteína de 5.9%, cenizas de 1.62%, humedad de 6.14% y grasa de 2.04%, además al realizar las pruebas microbiológicas se pudo determinar que los parámetros evaluados se encuentran dentro de lo permitido por lo cual se concluye que la película obtenida es comestible.

La formulación del biopolímero seleccionada después de realizar las pruebas físicas y químicas tiene una relación costo beneficio de 1.83 con un valor de

venta al público de \$2.05, este tiene un costo variable unitario de \$1.74. Obteniendo un TIR de 17% dan a conocer que el proyecto puede ser viable

6.2. Recomendaciones

Realizar futuros estudios utilizando plastificantes como carbopol y trietanolamina para reducir costos.

Utilizar el permeado que se obtiene como subproducto de la ultrafiltración de WPC para obtener PHB mediante fermentación, además de realizar pruebas con WPC 35% con el fin de reducir costos de producción.

Utilizar presión y temperatura al formar el biopolímero para obtener densidades similares a plásticos sintéticos y termo comprimidos biodegradables como en bioplásticos termo comprimidos de quitosano, almidón de yuca y fibras naturales que presentaron densidades de 0.12-0.15 g/cm³.

Se recomienda realizar estudios para observar el rendimiento en la formación del biopolímero teniendo en cuenta temperatura, tiempo, peso y velocidad de secado para generar curvas de secado.

Realizar pruebas como recubrimiento comestible en quesos madurados donde se pueda realizar análisis sensorial, análisis microbiológicos y químicos. Además de realizar pruebas como capuchón termorretráctil para botellas reduciendo el uso de plásticos en la agroindustria y pruebas de impresión con tintas de grado alimentario para su posible uso como etiqueta donde se deberá tomar en cuenta la migración de tintas. Finalmente, buscar

diferentes usos de packaging en alimentos con baja humedad y contenido de agua para reducir el uso de plásticos convencionales con un material biodegradable.

REFERENCIAS

- Agudelo, D., y Bedoya, O. (2005). Composición nutricional de la leche de ganado vacuno. *Revista Lasallista de Investigación*, 2(1), 38-42. Recuperado el 1 de Diciembre de 2019, de <https://www.redalyc.org/pdf/695/69520107.pdf>
- AINIA. (2017). *Reducción de las emisiones de CO2 mediante el uso de PHB obtenido a partir de suero lácteo: demostración en el envasado de productos lácteos*. Recuperado el 5 de Enero de 2020, de <http://www.wheypack.eu/esp/descripcion.html>
- Alais, C. (2001). *Ciencia de la leche*. Recuperado el 18 de Noviembre de 2019, de <https://es.scribd.com/document/354903801/Alais-Charles-Ciencia-De-La-LechePrincipios-De-Tecnica-Lechera-pdf>
- Alarcón, H., y Arroyo, E. (2016). Evaluación de las propiedades químicas y mecánicas de biopolímeros a partir del almidón modificado de la papa. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 82(3), 315-323. Recuperado el 9 de Enero de 2020, de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2016000300007&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Alborch, M. (2014). *PHB a partir del suero de leche*. Recuperado el 17 de Noviembre de 2019, de <http://www.wheypack.eu/documentos/Laymans-espanol.pdf>
- Alfaro, M. (2013). *Consortio Lechero*. Recuperado el 12 de Noviembre de 2019, de Impacto ambiental: <https://www.consorcirolechero.cl/tecnolactea/main-impacto-ambiental/>
- Andrews, A. (2008). *The composition, structure and origin of proteose-peptone of milk*. Recuperado el 17 de Diciembre de 2019, de <https://febs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1432-1033.1978.tb12575.x>
- AOAC. (2004). *AOAC Official Method 991.14*. Recuperado el 15 de Diciembre de 2019, de Coliform and E. coli Counts in Foods: <https://multimedia.3m.com/mws/media/4449500/3m-petrifilm-e-coli-coliform-count-plate-interpretation-guide-spanish.pdf>
- AOAC. (2007). *AOAC Official Method 990.12*. Recuperado el 15 de Diciembre de 2019, de Aerobic Plate Count in Food: https://www.edgeanalytical.com/wp-content/uploads/Food_AOAC-990.12.pdf
- AOAC. (2009). *AOAC Official Method 997.02*. Recuperado el 15 de Diciembre de 2019, de Yest and Mold Counts in Food: http://edgeanalytical.com/wp-content/uploads/Food_AOAC-997.02.pdf

- Araujo, Á., Monsalve, L., y Quintero, A. (2013). Utilization of whey as a source of nutritional energy to minimize the problem of environmental pollution. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 4(2), 55-65. Recuperado el 17 de Diciembre de 2019, de <https://dialnet.unirioja.es/Dialnet-AprovechamientoDelLactosueroComoFuenteDeEnergiaNut-5344986.pdf>
- Arauz, M. (2016). *Procesamiento del lactosuero*. Recuperado el 5 de Enero de 2020, de <https://issuu.com/marauzri/docs/procesamientodellactosuero>
- ASTM International . (2018). *D882-18*. Recuperado el 27 de Noviembre de 2019, de Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting: http://mahshahr.aut.ac.ir/lib/exe/fetch.php?media=labs:astm_d882.pdf
- Bacenetti, J., Bava, L., Schievano, A., y Zucali, M. (2018). Whey protein concentrate (WPC) production: Environmental impact assessment. *Journal of Food Engineering*, 224, 139-147. Recuperado el 12 de Noviembre de 2019, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0260877417305459>
- Bellver, E. (2016). *Medio ambiente*. Recuperado el 05 de 11 de 2019, de Materiales biodegradables : <https://tendencias.com/eco/materiales-biodegradables/>
- Bernal, C. (2009). *PURIFICACIÓN DE INMUNOGLOBULINAS DE SUERO DE LECHE POR TÉCNICAS CROMATOGRÁFICAS*. Recuperado el 5 de Enero de 2020, de <https://studylib.es/doc/8760329/purificaci%C3%B3n-de-inmunoglobulinas-de-suero-de-leche-por-t%C3%A9>
- Betancourt, C., Mello, R., y Castellanos, L. (2016). Características de la glicerina generada en la producción de biodiesel, aplicaciones generales y su uso en el suelo. *Cultivos tropicales*, 37(3), 7-14. Recuperado el 18 de Diciembre de 2019, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362016000300001
- Bustamante, E., y Peralta, M. (2018). *CARACTERIZACIÓN DE BIOPOLÍMERO OBTENIDO A PARTIR DE LECHE DE VACA Y ALMIDÓN DE YUCA*. Recuperado el 19 de Diciembre de 2019, de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/28021/1/TESIS%20EDUARD O%20BUSTAMANTE%20Y%20BETHSABE%20PERALTA.pdf>
- Castro, A., y Baquero , C. (2013). *PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE GELATINAS*. Recuperado el 18 de Diciembre de 2019, de <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/7794/PosadaCastroNathaliaAndrea2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Charro, M. (2015). *OBTENCIÓN DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE A PARTIR DE ALMIDÓN DE PATATA*. Recuperado el 9 de Enero de 2020, de

<http://www.dspace.uce.edu.ec:8080/bitstream/25000/3788/1/T-UCE-0017-97.pdf>

- Chatterton, D., y Smithers, G. (2006). Bioactivity of β -lactoglobulin and α -lactalbumin—Technological implications for processing. *International Dairy Journal*, 16(11), 1229-1240. Recuperado el 17 de Diciembre de 2019, de Bioactivity of β -lactoglobulin and α -lactalbumin: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0958694606001439?via%3Dihub>
- CIL. (28 de Mayo de 2018). *Centro de la industria láctea del Ecuador*. Recuperado el 10 de Noviembre de 2019, de DATOS SECTOR LÁCTEO - ECUADOR 2018: https://e152f73b-81b4-4206-a6ee-8b984b6a13b0.filesusr.com/ugd/6cc8de_513a9bb8db76451a9a74586d7902bb3b.pdf
- Cuichán, R. (2015). *Obtención de ácido poli-láctico a partir de lactosuero para la fabricación de empaque primarios*. Recuperado el 17 de Noviembre de 2019, de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4587/1/20T00670.pdf>
- Cury, K., Aguas, Y., Martínez, A., y Olivero, R. (5 de Mayo de 2017). Residuos agroindustriales su impacto, manejo y aprovechamiento. *Revista Colombiana De Ciencia Animal*, 9(1), 122-132. Recuperado el 12 de Noviembre de 2019, de <https://revistas.unisucre.edu.co/index.php/recia/article/view/530>
- EuroVacas. (2017). *LOS PRINCIPALES PAÍSES PRODUCTORES DE LECHE*. Recuperado el 9 de Enero de 2020, de <https://www.eurovacas.com/blog/192-productores-de-leche.html>
- FAO. (2016). *DEFINICIÓN, COMPOSICIÓN, ESTRUCTURA Y PROPIEDADES DE LA LECHE*. Recuperado el 1 de Diciembre de 2019, de Definición Legal y Dietética de la leche: http://infolactea.com/wp-content/uploads/2016/01/301105_LECTURA_Revision_de_Presaberes.pdf
- Fernandez, L. (2016). *DESARROLLO DE MATERIALES BIOPLÁSTICOS PROTEICOS CON ELEVADA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE AGUA*. Recuperado el 15 de Enero de 2020, de <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/47788/tesis%20doctoral.pdf>
- Gallur, M. (2010). *Presente y futuro de los biopolímeros como material de envase*. Recuperado el 5 de Enero de 2020, de <https://www.easyfairs.com/fileadmin/groups/10/MIRIAM%20GALLUR.pdf>
- García, A. (2019). *Contaminación por plásticos: causas, consecuencias y soluciones*. Recuperado el 19 de Diciembre de 2019, de

https://www.ecologiaverde.com/contaminacion-por-plasticos-causas-consecuencias-y-soluciones-2114.html#anchor_3

- Godínez , M., y Juárez, S. (2013). *BIOPLÁSTICOS: SOLUCIONES AMBIENTALES*. Recuperado el 15 de Enero de 2020, de <http://vinculacion.dgire.unam.mx/vinculacion-1/Memoria-Congreso-2016/trabajos-ciencias-biologicas/biologia/11.pdf>
- Gómez, J., y Sánchez, Ó. (2019). Production of galactooligosaccharides: alternative for the use of whey. A review. *Revista Científica Ingeniería y Desarrollo*, 37(1), 129-157. Recuperado el 17 de Diciembre de 2019, de <http://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/ingenieria/article/view/11270/214421443298>
- González, R. (2015). Caracterización Viscoelástica de Biopelículas Obtenidas a Base de Mezclas Binarias. *Información tecnológica*, 26(3), 71-76. Recuperado el 20 de Agosto de 2019, de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642015000300011
- Gregorio, B. (2009). Biobased Performance Bioplastic. *Chemestry & Biology*, 16(1), 1-2. Recuperado el 19 de Diciembre de 2019, de Biobased Performance Bioplastic: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1074552109000076?via%3Dihub>
- Guerrón, M. (2016). *Evaluación del procedimiento de obtención de un biopolímero a partir del hongo Ganoderma Australe*. Recuperado el 14 de Enero de 2020, de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/6860/1/T-UCE-0017-0017-2016.pdf>
- Gutiérrez, J. (2013). *PROPIEDADES REOLÓGICAS DEL LICOR DE GELATINA PURA DE ORIGEN BOVINO*. Recuperado el 18 de Diciembre de 2019, de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/6499/1/AL%20518.pdf>
- ICONTEC. (1997). *PLÁSTICOS*. Recuperado el 7 de Noviembre de 2019, de DETERMINACIÓN DE LOS EFECTOS DE PRODUCTOS QUÍMICOS LÍQUIDOS, INCLUYENDO EL AGUA EN LOS MATERIALES PLÁSTICOS: <https://tienda.icontec.org/wp-content/uploads/pdfs/NTC1027.pdf>
- IFCN. (2019). *Dairy Report*. Recuperado el 9 de Enero de 2020, de https://ifcndairy.org/wp-content/uploads/2019/10/Dairy-Report_2019_extraction_for-marketing.pdf

- INEN. (2012). *LECHE PASTEURIZADA*. Recuperado el 2 de Diciembre de 2019, de https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_10-5.pdf Requisitos:
- Jácome, J. (2016). *Validación del Método Gravimétrico para la Determinación de Grasa en el Laboratorio Ecuachemlab Cia. Ltda.* Recuperado el 6 de Diciembre de 2019, de <https://repositorio.uta.edu.ec › jspui › bitstream>
- Jovic, M. (2017). *For a Greener Future*. Recuperado el 5 de Enero de 2020, de [Biodegradable Packaging Materials: https://www.prescouter.com/2017/04/biodegradable-packaging-materials/](https://www.prescouter.com/2017/04/biodegradable-packaging-materials/)
- Kaisangsri, N., Kerdchoechuen, O., y Laohakunjit, N. (2012). Biodegradable foam tray from cassava starch blended with natural fiber and chitosan. *Industrial Crops and Products*, 37(1), 542-546. Recuperado el 9 de Enero de 2020, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669011003311>
- Lima, N., Freire, L., Soccol, C., y Hiroshi, H. (2015). Dynamics of ethanol production from deproteinized whey by *Kluyveromyces marxianus*: An analysis about buffering capacity, thermal and nitrogen tolerance. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 58(3), 454-461. Recuperado el 12 de Noviembre de 2019, de [Dynamics of ethanol production from deproteinized whey by Kluyveromyces marxianus: An analysis about buffering capacity, thermal and nitrogen tolerance: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-89132015000300454&lng=en&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-89132015000300454&lng=en&tlng=en)
- Londoño, M., Hernández, A., Parra, J., y Sepulveda, J. (2009). Bebida fermentada de suero de queso fresco inoculada con *Lactobacillus casei*. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 61(1), 4409-4421. Recuperado el 17 de Diciembre de 2019, de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=1799/179914077017>
- López, R., Becerra, M., y Borrás, L. (2018). Physicochemical and microbiological characteristics of the Paipa cheese whey. *Ciencia y Agricultura*, 15(2), 99-106. Recuperado el 21 de Noviembre de 2019, de https://revistas.uptc.edu.co › ciencia_agricultura › article › download
- Luque, A., Caseres, J., y Masaquiza, V. (2018). *LA GESTIÓN DE RESIDUOS DE LAS INDUSTRIAS LÁCTEAS*. Recuperado el 13 de Noviembre de 2019, de <http://repositorio.pucesa.edu.ec/bitstream/123456789/2605/1/Gesti%C3%B3n%20Residuos%20Industria%20Lactea.pdf>
- Meneses, J., Corrales, C., y Valencia, M. (2007). *SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE UN POLÍMERO BIODEGRADABLE A PARTIR*

- DEL ALMIDÓN DE YUCA. *Revista EIA*, 8, 57-67. Recuperado el 5 de Enero de 2020, de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372007000200006&lng=en&tlng=es.
- Moreno, G. (2015). *UTILIZACIÓN DE HARINA DE PLÁTANO (Musa balbisiana), EN EL DESARROLLO DE PELÍCULAS BIODEGRADABLES ACTIVAS*. Recuperado el 5 de Enero de 2020, de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/11979/1/AL%20572.pdf>
- Motta, Y., y Mosquera, W. (2015). Aprovechamiento del lactosuero y sus componentes como materia prima en la industria de alimentos. *Ciencia Y Tecnología Alimentaria*, 13(1), 81-91. Recuperado el 21 de Noviembre de 2019, de revists.unipamplona.edu.co/ojs_viceinves/index.php/ALIMEN/article/.../839
- Muñi , A., Paez, G., Faría, J., y Ferrer, J. (2005). Evaluation of Efficiency of a Tangential Ultrafiltration/Nanofiltration on Series System. *Revista científica*, 15(4), 361-367. Recuperado el 17 de Diciembre de 2019, de <https://www.redalyc.org/pdf/959/95915410.pdf>
- Navia, D., y Bejarano, N. (2014). EVALUATION OF PHYSICAL PROPERTIES OF THERMOPRESSING BIOPLASTICS MADE FROM CASSAVA FLOUR. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 12(2), 40-48. Recuperado el 7 de Noviembre de 2019, de EVALUACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS DE BIOPLÁSTICOS TERMO-COMPRIMIDOS ELABORADOS CON HARINA DE YUCA: www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v12n2/v12n2a05.pdf
- Pangan, M., y Portillo, H. (2011). *Research Gate*. Recuperado el 19 de Diciembre de 2019, de Desarrollo de un recubrimiento comestible a base de proteína de suero de leche para queso Cheddar: https://www.researchgate.net/publication/328638336_Desarrollo_de_un_recubrimiento_comestible_a_base_de_proteina_de_suero_de_leche_para_queso_Ceddar
- Parker, L. (2019). *National Geographic*. Recuperado el 19 de Diciembre de 2019, de Ahogados en un mar de plástico: https://www.nationalgeographic.com.es/naturaleza/grandes-reportajes/ahogados-mar-plastico_12712/1
- Parra, R. (2009). LACTOSUERO: IMPORTANCIA EN LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 62(1), 4967-4982. Recuperado el 17 de Diciembre de 2019, de <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v62n1/a21v62n1.pdf>

- Pérez, L., y Redondo, R. (2014). *Ingeniería Industrial*. Recuperado el 18 de Diciembre de 2019, de Producción de glicerina USP: <http://www.edutecne.utn.edu.ar/PPI-CAI/ppi2014trabajo.pdf>
- Puerto, M. (2013). *Determinación de proteínas*. Recuperado el 30 de Noviembre de 2019, de <http://www.fagro.edu.uy/~nutrical/ensenanza/AVI%20WEB/cursoema/detdePC.pdf>
- Quintero, C., Falguera, V., y Muñoz, H. (2012). Films and edible coatings: importance, and recent trends in fruit. *Revista Tumbaga*, 5, 93-118. Recuperado el 18 de Diciembre de 2019, de https://www.academia.edu/31360150/Pel%C3%ADculas_y_recubrimientos_comestibles_importancia_y_tendencias_recientes_en_la_cadena_hortofrut%C3%ADcola_Films_and_edible_coatings_importance_and_recent_trends_in_fruit_and_vegetable_value_chain
- Reyes, G., Molina, B., y Coca, R. (2010). *Calidad de la leche cruda*. Recuperado el 7 de Enero de 2020, de https://www.uv.mx/apps/agronomia/foro_lechero/Bienvenida_files/CALIDADDELALECHECRUDA.pdf
- Río, F., Ochoa, J., Díaz, E., y Roncal, T. (2017). *Research Gate*. Recuperado el 05 de 11 de 2019, de BIOPLÁSTICOS: https://www.researchgate.net/publication/257652567_BIOPLASTICOS
- Robalino, J. (2017). *Obtención de ácido láctico a partir de suero de leche mediante un proceso biofermentativo utilizando un cultivo mesófilo homofermentativo*. Recuperado el 21 de Noviembre de 2019, de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/17484/1/CD-7984.pdf>
- Rosales, A. (2016). *Obtención de biopolímero plástico a partir del almidón de malanga (Colocasia esculenta), por el método de polimerización por condensación*. Recuperado el 18 de Noviembre de 2019, de <http://repositorio.unan.edu.ni/2687/1/28212.pdf>
- Sanchez, E. (2015). *El suero de leche ayuda a fabricar embalajes más ecológicos*. Recuperado el 5 de Enero de 2020, de <https://es.euronews.com/2015/09/07/el-suero-de-leche-ayuda-a-fabricar-embalajes-mas-ecologicos>
- Sánchez, J. (2011). *La industria láctea*. Recuperado el 19 de Diciembre de 2019, de <http://dspace.esoch.edu.ec/bitstream/123456789/818/1/27T0157.pdf>
- Shimadzu. (2008). *Instruction*. Recuperado el 2 de Diciembre de 2019, de Electronic moisture balance: <https://www.shimadzu.com/an/balance/moisture/qn50420000066a4-att/qn5042000007koh.pdf>

- Sothornvit, R., Rhim, J.-W., y Hong, S.-I. (2009). Effect of nano-clay type on the physical and antimicrobial properties of whey protein isolate/clay composite films. *Journal of Food Engineering*, 91(3), 468-473. Recuperado el 18 de Diciembre de 2019, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0260877408004858?via%3Dihub>
- Spahn, G., y Baeza, R. (2008). Whey protein concentrate/ λ -carrageenan systems: Effect of processing parameters on the dynamics of gelation and gel properties. *Food Hydrocolloids*, 22(8), 1504-1512. Recuperado el 17 de Diciembre de 2019, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X07002251>
- Tuset, S. (16 de Mayo de 2018). *Agricultura y ganadería, Alimentación: Productos lácteos*. Recuperado el 13 de Noviembre de 2019, de Gestión de efluentes líquidos en la industria láctea: <https://blog.condorchem.com/tag/productos-lacteos/>
- Twenergy. (2019). *¿Cuándo desaparecen los productos biodegradables?* Recuperado el 5 de Enero de 2020, de <https://twenergy.com/ecologia-y-reciclaje/reciclaje/cuando-desaparecen-productos-biodegradables/>
- Twenergy. (2019). *¿Qué son los bioplásticos y cómo se fabrican?* Recuperado el 15 de Enero de 2020, de <https://twenergy.com/ecologia-y-reciclaje/residuos/fabricar-bioplasticos-en-casa/>
- Unión Europea. (2011). *Diario Oficial de la Unión Europea*. Recuperado el 19 de Diciembre de 2019, de REGLAMENTO (UE) No 1130/2011 DE LA COMISIÓN: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2011/1130/oj?locale=es>
- UNAM. (2008). *LABORATORIO DE ALIMENTOS*. Recuperado el 30 de Noviembre de 2019, de FUNDAMENTOS Y TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS: http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/FUNDAMENTOSYTECNICASDEANALISISDEALIMENTOS_12286.pdf
- UNEP. (2018). *EL ESTADO DE LOS PLÁSTICOS*. Recuperado el 19 de Diciembre de 2019, de Perspectiva del día mundial del medio ambiente 2018: https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/25513/state_plastics_WED_SP.pdf?sequence=5&isAllowed=y
- Valero, M., Ortigón, Y., y Uscategui, Y. (2013). BIOPOLYMERS: PROGRESS AND PROSPECTS. *DYNA*, 80(181), 171-180. Recuperado el 20 de Diciembre de 2019, de <http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v80n181/v80n181a19.pdf>
- Vercelheze, A., Fakhouri, F., Dall'Antónia, L., Urbano, A., Youssef, E., Yamashita, F., y Mali, S. (2012). Properties of baked foams based on

cassava starch, sugarcane bagasse fibers and montmorillonite. *Carbohydrate Polymers*, 87(2), 1302-1310. Recuperado el 8 de Enero de 2020, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144861711007995>

Weida Shi, M.-J. D. (2014). Processing and physical properties of canola protein isolate-based films. *Industrial Crops and Products*, 52, 269-277. Recuperado el 16 de Septiembre de 2019, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092666901300589X>

Yu, L., Dean, K., y Li, L. (2006). Polymer blends and composites from renewable resources. *Progress in Polymer Science*, 31(6), 576-602. Recuperado el 20 de Diciembre de 2019, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0079670006000414?via%3Dihub>

Zapata, D., Pujol, R., y Coda, F. (2011). *Polímeros biodegradables: una alternativa de futuro a la sostenibilidad del medio ambiente*. Recuperado el 5 de Enero de 2020, de <http://www.tecnicaindustrial.es/TIFrontal/a-3871-polimeros-biodegradables--alternativa-futuro-sostenibilidad-medio-ambiente.aspx>

Zinoviadou, K., Koutsoumanis, K., y Biliaderis, C. (2009). Physico-chemical properties of whey protein isolate films containing oregano oil and their antimicrobial action against spoilage flora of fresh beef. *Meat Science*, 82(3), 338-345. Recuperado el 19 de Diciembre de 2019, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0309174009000436?via%3Dihub>

ANEXOS

Anexo 1. ADEVA de espesor de película

F.V.	GI	SC	CM	F	p-valor
Total	35	0.57			
Concentración	1	0.56	0.56	8728.45	<0.0001
Aditivos	2	0.01	0.0027	42.59	<0.0001
Tratamiento	2	0.0002	0.0001	1.55	0.2284
Error	30	0.57	0.000064		

CV=2.1

Anexo 2. ADEVA de incremento de peso

F.V.	GI	SC	CM	F	p-valor
Total	35	0.2			
Concentración	1	0.18	0.18	227.1	<0.0001
Aditivos	2	0.00094	0.00047	0.73	0.4895
Tratamiento	2	0.00037	0.00019	0.29	0.7503
Error	30	0.02	0.000064		

CV=6.7

Anexo 3. ADEVA de densidad.

F.V.	GI	SC	CM	F	p-valor
Total	35	0.23			
Concentración	1	0.11	0.11	35.01	<0.0001
Aditivos	2	0.03	0.02	5.76	0.0077
Tratamiento	2	0.0046	0.0023	0.76	0.4749
Error	30	0.0*	0.003		

CV=4.64

Anexo 4. ADEVA de aumento de área.

F.V.	GI	SC	CM	F	p-valor
Total	35	1778.76			
Concentración	1	36	36	0.68	0.4159
Aditivos	2	0.0035	0.0017	0.000033	>0.9999
Tratamiento	2	155.7	77.85	1.47	0.2457
Error	30	0.02	52.9		

CV=3.35

Anexo 5. ADEVA de tensión

F.V.	GI	SC	CM	F	p-valor
Total	23	11.17			
Concentración	1	9.28	9.28	1760.2	<0.0001
Aditivos	2	1.24	0.62	117.45	<0.0001
Tratamiento	2	0.56	0.28	53.26	<0.0001
Error	18	0.09	0.01		

CV=4.14

Anexo 6. Relación de alargamiento

Tensión	Alargamiento	Relación
1.18	3.625	3.07
0.65	2.725	4.19
1.56	1.98	1.27
2.32	2.6	1.12
2.28	2.4	1.05
2.43	2.58	1.06

Anexo 7. ADEVA de proteína.

F.V.	GI	SC	CM	F	p-valor
Total	17	6.1			
Concentración	1	5.15	5.15	3323.9	<0.0001
Aditivos	2	0.93	0.46	299.06	<0.0001
Tratamiento	2	0.00093	0.00045	0.29	0.7531
Error	12	0.02	0.0016		

CV=0.67

Anexo 8. ADEVA de cenizas.

F.V.	GI	SC	CM	F	p-valor
Total	17	0.06			
Concentración	1	0.06	0.06	1700.17	<0.0001
Aditivos	2	0.004	0.002	60.67	<0.0001
Tratamiento	2	0.000044	0.000022	0.67	0.5314
Error	12	0.02	0.000033		

CV=0.36

Anexo 9. ADEVA de humedad.

F.V.	GI	SC	CM	F	p-valor
Total	17	0.14			
Concentración	1	0.00056	0.00056	0.2	0.6627
Aditivos	2	0.08	0.04	14.6	0.0006
Tratamiento	2	0.03	0.01	5	0.0263
Error	12	0.03	0.0028		

CV=0.86

Anexo 10. ADEVA de grasa.

F.V.	GI	SC	CM	F	p-valor
Total	5	0.02			
Concentración	1	0.02	0.02	Sd	Sd
Aditivos	2	0.0016	0.0008	Sd	Sd
Tratamiento	2	0	0	Sd	Sd
Error	0	0	0		

CV=0

Anexo 10. Medidas de cada tratamiento.

Tratamiento	Espesor mm	Densidad g/cm³	Aumento de área %	Aumento de peso g
1 C1A1	0,35	1,138	210,00	0,31
2 C1A1	0,23	1,296	217,50	0,30
3 C1A1	0,28	1,147	217,50	0,31
4 C1A1	0,3	1,268	225,00	0,30
5 C1A1	0,31	1,281	217,50	0,28

6 C1A1	0,29	1,273	225,00	0,29
1 C1A2	0,27	1,289	225,00	0,31
2 C1A2	0,28	1,228	225,00	0,31
3 C1A2	0,27	1,259	217,50	0,30
4 C1A2	0,26	1,299	217,50	0,31
5 C1A2	0,27	1,301	217,50	0,30
6 C1A2	0,27	1,227	217,50	0,31
1 C1A3	0,28	1,247	217,50	0,30
2 C1A3	0,27	1,259	210,00	0,32
3 C1A3	0,26	1,126	225,00	0,33
4 C1A3	0,26	1,159	203,00	0,32
5 C1A3	0,26	1,229	217,50	0,31
6 C1A3	0,25	1,234	217,50	0,33
1 C2A1	0,5	1,181	217,50	0,42
2 C2A1	0,49	1,125	225,00	0,44
3 C2A1	0,47	1,132	210,25	0,40

4 C2A1	0,5	1,206	210,00	0,45
5 C2A1	0,5	1,121	225,00	0,48
6 C2A1	0,5	1,147	203,00	0,48
1 C2A2	0,52	1,202	203,00	0,49
2 C2A2	0,52	1,120	210,00	0,50
3 C2A2	0,53	1,213	225,00	0,41
4 C2A2	0,52	1,102	225,00	0,42
5 C2A2	0,53	1,217	217,50	0,47
6 C2A2	0,52	1,115	203,00	0,41
1 C2A3	0,5	1,006	210,25	0,48
2 C2A3	0,51	1,175	217,50	0,43
3 C2A3	0,51	1,138	225,00	0,42
4 C2A3	0,51	1,012	225,00	0,49
5 C2A3	0,5	1,050	217,50	0,44
6 C2A3	0,51	1,051	217,50	0,44

Anexo 11. Resumen de inversiones

Item	Descripción	Costo Total
1	Maquinaria y Equipo	\$ 3.600,00
2	Instalación y Montaje	\$ 3.390,00
3	Muebles y Equipo de Oficina	\$ 815,00
4	Materiales	\$ 337,00
5	Capital de Trabajo	\$17.751,19
6	Intangibles	\$ 1.300,00
Total		\$27.193,19
7	Imprevistos (5%)	\$ 1.359,66
Total Inversiones		\$28.552,85

Anexo 12. Resumen de costos y gastos anuales

Item	Descripción	Costo Total
Costos Directos		\$ 169 190,71
1	Materiales Directos	\$ 159 686,71
2	Mano de Obra Directa	\$ 9 504,00
Costos Indirectos		\$ 22 334,16
1	Materiales Indirectos	\$ -
2	Mano de Obra Indirecta	\$ 9 600,00
3	Servicios Básicos	\$ 5 308,80
4	Mantenimiento de Maquinaria y Equipo	\$ 4 800,00
5	Imprevistos	\$ 1 359,66
6	Otros Gastos (costos otros requerimientos)	\$ 1 265,70
Gastos de Administración y Generales		\$ 5 166,73
1	Materiales y Utilies de Oficina	\$ 825,00
2	Depreciaciones y Amortizaciones	\$ 4 341,73
Gastos de Ventas		\$ 10 028,00
1	Personal de ventas	\$ 4 728,00
2	Propaganda y Promoción	\$ 5 300,00
Gastos Financieros		\$ 13 531,45
Total Costos y Gastos Anuales		\$ 220 251,04

Anexo 13. Punto de Equilibrio

Rubro	Costo Fijo	Costo Variable
Materiales Directos		\$ 159 686,71
Mano de Obra Directa	\$ 9.504,00	
Materiales Indirectos		\$ -
Mano de Obra Indirecta	\$ 9.600,00	
Servicios Básicos	\$ 1.061,76	\$ 4.247,04
Mantenimiento	\$ 960,00	\$ 3.840,00
Depreciación	\$ 4.341,73	
Imprevistos		\$ 1.359,66
Gastos Administrativos y Generales	\$ 5.166,73	
Gastos de Ventas	\$ 5.014,00	\$ 5.014,00
Gastos Financieros	\$ 13.531,45	
Total	\$ 49.179,67	\$ 174.147,41
Producción Real	100000	\$ 205.000,00
Costo Fijo	\$ 49.179,67	
Costo Variable Unitario	\$ 1,74	
Precio Unitario	\$ 2,05	
Punto de Equilibrio	\$ 159.402,06	

Anexo 14. Estado de pérdidas y ganancias

	Periodo					
	0	1	2	3	4	5
Inflación						
	3,53%	3,57%	3,46%	3,63%	3,67%	3,59%
Ingresos	\$	\$ 205 000,00	\$ 205 000,00	\$ 205 000,00	\$ 205 000,00	\$ 205 000,00
Ventas	\$	\$ 205 000,00	\$ 225 500,00	\$ 248 050,00	\$ 272 855,00	\$ 300 140,50
Costos de Producción	\$	\$ 184 931,50	\$ 178 934,53	\$ 172 088,90	\$ 165 826,33	\$ 160 559,50
Utilidad Bruta	\$	\$ 20 068,50	\$ 26 065,47	\$ 32 911,10	\$ 39 173,67	\$ 44 440,50
Gastos de Operación	\$	\$ 14 671,64	\$ 14 195,87	\$ 13 652,77	\$ 13 155,92	\$ 12 738,08
Gastos de Ventas	\$	\$ 9 682,78	\$ 9 368,79	\$ 9 010,36	\$ 8 682,46	\$ 8 406,69
Gastos de Administración y Generales	\$	\$ 4 988,86	\$ 4 827,08	\$ 4 642,41	\$ 4 473,47	\$ 4 331,38
Utilidad de Operación	\$	\$ 5 396,85	\$ 11 869,60	\$ 19 258,33	\$ 26 017,75	\$ 31 702,43
Gastos Financieros	\$	\$ 1 080,74	\$ 1 045,69	\$ 1 005,69	\$ 969,09	\$ 938,31
Utilidad Antes de Impuestos	\$	\$ 4 316,11	\$ 10 823,91	\$ 18 252,65	\$ 25 048,66	\$ 30 764,12
Impuesto Sobre la Renta	22%	\$ 949,55	\$ 2 381,26	\$ 4 015,58	\$ 5 510,71	\$ 6 768,11
Utilidad Antes del Reparto	\$	\$ 3 366,57	\$ 8 442,65	\$ 14 237,06	\$ 19 537,96	\$ 23 996,01
Reparto a los empleados	15%	\$ 504,99	\$ 1 266,40	\$ 2 135,56	\$ 2 930,69	\$ 3 599,40
Utilidad Neta	\$	\$ 2 861,58	\$ 7 176,25	\$ 12 101,50	\$ 16 607,26	\$ 20 396,61
Depreciación Maquinaria y Equipo	\$	\$ 312,85	\$ 302,70	\$ 291,12	\$ 280,53	\$ 271,62
Depreciación Mobiliario y equipo de oficina	\$	\$ 70,82	\$ 68,53	\$ 65,91	\$ 63,51	\$ 61,49
Depreciación Equipo informático	\$	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
Amortización Constitución de la compañía	\$	\$ 154,49	\$ 149,48	\$ 143,76	\$ 138,53	\$ 134,13
Amortización Estudios de mercado	\$	\$ 38,62	\$ 37,37	\$ 35,94	\$ 34,63	\$ 33,53
Amortización Estudios de factibilidad	\$	\$ 57,93	\$ 56,06	\$ 53,91	\$ 51,95	\$ 50,30
Pago Capital Prestado	\$	\$ (1.878,22)	\$ (2.062,28)	\$ (2.264,39)	\$ (2.486,30)	\$ (2.729,95)
Flujo Neto de Efectivo	\$	\$ 1.618,09	\$ 5.728,11	\$ 10.427,76	\$ 14.690,11	\$ 18.217,73
Tasa de Descuento	11%					
VAN	\$	\$ 34.219,65				
TIR	17%					
Beneficio Costo (B/C)	1,83	\$	(0,83)			

Anexo 15. Análisis microbiológicos



EcuChemLab

Laboratorio Químico y Microbiológico del Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

INF.AMB.9157a
Orden de Trabajo 9157a

DATOS DEL CLIENTE

Clientes:	ESPINOZA PEREZ GABRIEL, ARMANDO
Dirección:	
Teléfono:	

DATOS DE LA MUESTRA

Nombre de la Muestra:	PELICULA COMESTIBLE DE SUERO DE LECHE	Lote:	X
		Fecha elaboración:	27/11/2019
Tipo de muestra:	ALIMENTO	Fecha vencimiento:	X
		Contenido declarado:	20g
Muestreado por:	CLIENTE	Contenido encontrado:	20g
Color:	CARACTERISTICO	Fecha de recepción:	2019-11-29
		Hora de recepción:	14:05:27
Olor:	CARACTERISTICO	Fecha análisis:	02-12-2019
Estado:	SÓLIDO	Fecha entrega:	09-12-2019

RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS

PARAMETRO	RESULTADO	UNIDAD	METODO DE ANALISIS INTERNO	METODO DE ANALISIS DE REFERENCIA	INCERTIDUMBRE
RECuento de Aerobios Totales	10	UFC/g	PA-MB-18	AOAC 990.12	± 2
*RECuento Coliformes Totales	< 10	UFC/g	PA-MB-16	AOAC 991.14	—
RECuento de Mohos	< 10	UFC/g	PA-MB-31	AOAC 997.02	± 2
RECuento de Levaduras	< 10	UFC/g	PA-MB-31	AOAC 997.02	± 2

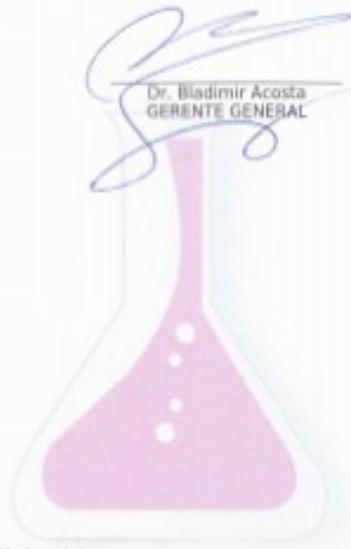
Nota 1: Prohibida la reproducción excepto en su totalidad sin aprobación escrita del laboratorio.
 Nota 2: Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.
 Nota 3: El resultado se refiere únicamente a la muestra recibida o tomada por laboratorio, EcuChemLab Cía. Ltda., se responsabiliza exclusivamente de los análisis.



Quim. Alim. Karla Alvarez
JEFE AREA MICROBIOLOGIA



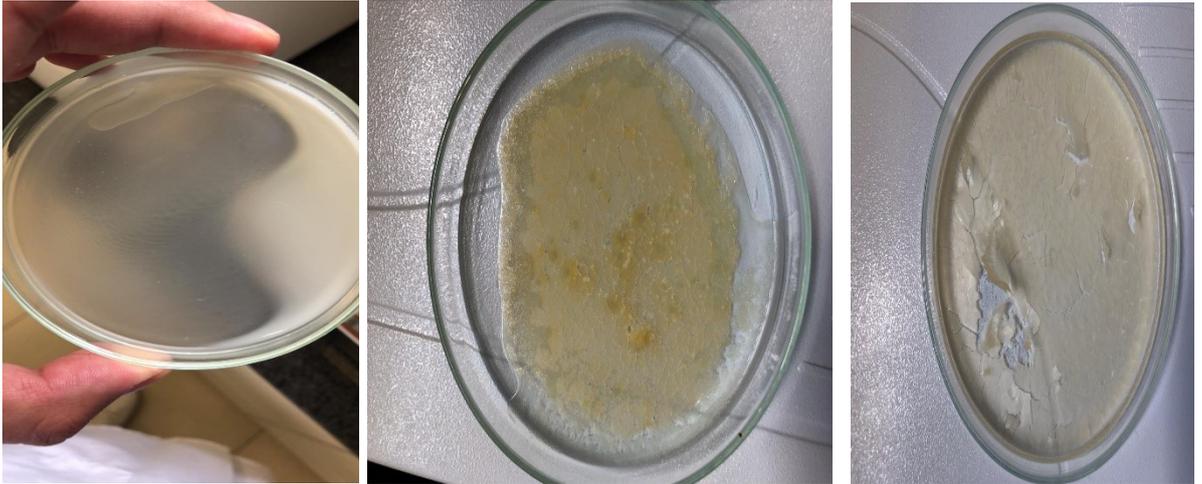
Dr. Bladimir Acosta
GERENTE GENERAL



Pasaje SIN y Simón Bolívar, Puente 6, Urbanización Armenta 1
 Valle de Los Chillos - Guilo - Ecuador
 Telf: 8007470, 0983192976 / email: ecuachemlab@gmail.com

Desarrollado por ReckSoft.com pág. 1/1

R-04-4.1

Anexo 16. Pruebas Preliminares**Anexo 17. Concentración de suero en rotavapor****Anexo 18. Pruebas de proteína**

Anexo 19. Biopolímero**Anexo 20.** Pruebas de tensión