

**EVALUACIÓN DE LA FACTIBILIDAD TÉCNICA DEL PROCESO DE
OBTENCIÓN DE UN CHICLE BIODEGRADABLE MEDIANTE EL USO DE
TORTA DE SACHA INCHI A TRAVÉS DE HIDRÓLISIS ENZIMÁTICA A ESCALA
LABORATORIO**

**MARIA ALEJANDRA RODRIGUEZ POLANCO
TANIA ALEJANDRA SUAREZ QUIÑONES**

**Proyecto integral para optar al título de
INGENIERA QUÍMICA**

**ORIENTADOR
ADRIANA SUESCA DIAZ
INGENIERA QUÍMICA**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA QUÍMICA
BOGOTA D.C**

2022

NOTA DE ACEPTACIÓN

Adriana Suesca Diaz

Diana Morales Fonseca

Astrid Nausa Galeano

Bogotá D.C., Febrero 2022.

DIRECTIVOS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Mario Posada García-Peña

Consejero Institucional

Dr. Luis Jaime Posada García Peña

Vicerrectora Académica y de Investigaciones

Dra. Alexandra Mejía Guzmán

Vicerrector Administrativo y Financiero

Dr. Ricardo Alfonso Peñaranda Castro

Secretario General

Dr. José Luis Macías Rodríguez

Decano de la Facultad de Ingeniería

Dra. Alexandra Mejía Guzmán (E)

Director del Departamento de Ingeniería Química

Ing. Nubia Liliana Becerra Ospina

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, doy gracias a Dios por permitirme llegar hasta este punto de mi carrera profesional; agradezco a mis padres Sandra Milena Polanco Puentes y Jorge Luis Rodríguez Herrera, y hermana Valentina Rodríguez Polanco por darme un apoyo incondicional en mi proceso de formación.

Agradezco a nuestra directora de trabajo de grado Adriana Suesca por brindarnos su apoyo a lo largo del desarrollo del presente trabajo de grado y al gestor Diego por el apoyo brindado.

Y para finalizar, también agradezco a mi compañera de grado Tania Suarez por el esfuerzo empleado en el presente trabajo.

María Alejandra Rodríguez Polanco

Agradezco a mi madre Gloria Patricia Quiñones y a mi padrastro Humberto Ramírez Leal por brindarme la posibilidad de tener una educación superior y llegar hasta donde estoy.

También le agradezco a nuestra directora de Tesis Adriana Suesca por apoyarnos con la finalización de este proyecto y tenernos tanta paciencia.

Finalmente agradezco a mi compañera de tesis Alejandra Rodríguez por darme la oportunidad de ser parte de la realización de este proyecto y hacer el mejor esfuerzo para que entre ambas pudiéramos culminar este trabajo.

Tania Alejandra Suarez Quiñones

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a Dios y a mis padres, pues sin ellos no hubiera sido posible llegar hasta este punto, con su amor, guía y acompañamiento me han dado la posibilidad de seguir adelante sin importar los obstáculos que se me puedan presentar, su ejemplo a seguir ha sido para mí la motivación más grande, recordándome cada día lo afortunada que soy por tener unos padres como ustedes, sin lugar a duda, los mejores. Igualmente dedico esto a mi hermana quien siempre ha estado presente brindándome su amor y apoyo incondicional.

María Alejandra Rodríguez Polanco

Dedico este trabajo a mi madre Gloria Patricia Quiñones Velasco, y a mi padrastro Humberto Ramírez Leal ya que pese a todas las situaciones que hemos tenido que pasar, ellos han sido un gran apoyo, quienes creyeron en mí dándome la oportunidad de ser de las pocas en la familia de obtener un título profesional, además de siempre enseñarme que cuando uno desea algo debe trabajar muy duro por ello hasta obtenerlo.

Igualmente dedico este proyecto a mi hermana Diana Suarez, quien me ha brindado tanto apoyo emocional y me ha ayudado a mejorar mi carácter, tener paciencia y perseverancia.

A mi familia muchas gracias por creer en mí y de verdad aportarle tanto a mi futuro pese a que no siempre he sido un buen ejemplo a seguir y he cometido varios errores, este logro es por ustedes y espero que este solo sea un escalón más de lo que quiero dar más adelante hasta convertirme en la profesional y la mujer que deseo ser.

Tania Alejandra Suarez Quiñones

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	14
INTRODUCCIÓN	15
OBJETIVOS	16
1. GENERALIDADES	17
1.1 Sacha Inchi	17
<i>1.1.1 Composición fisicoquímica</i>	17
<i>1.1.2 Beneficios de la Sacha Inchi</i>	19
<i>1.1.3 Extracción de la torta de Sacha Inchi.</i>	20
<i>1.1.4 Aplicaciones actuales de la torta de Sacha Inchi</i>	21
<i>1.1.5 Perfil de aminoácidos de la torta de Sacha Inchi</i>	22
<i>1.1.6 Disponibilidad en Colombia de Sacha Inchi</i>	25
1.2 Chicle tradicional	26
<i>1.2.1 Formulación de un chicle tradicional</i>	27
<i>1.2.2 Proceso de producción</i>	29
<i>1.2.3 Variables de proceso en la producción del chicle tradicional</i>	31
<i>1.2.4 Impacto ambiental</i>	32
1.3 Chicle biodegradable	33
<i>1.3.1 Formulación de un chicle biodegradable</i>	34
<i>1.3.2 Reacción enzimática</i>	35
2. SELECCIÓN DE ENZIMA PROTEOLÍTICA.	38

2.1 Papaína Cruda	39
2.2 Neutrasa	43
2.3 Análisis de selección se la enzima	46
3. PARAMETROS DE OPERACIÓN PARA LA PRODUCCIÓN DEL CHICLE BIODEGRADABLE	49
3.1 Diseño De Experimentos	49
<i>3.1.1 Variables controladas</i>	50
<i>3.1.2 Variables paramétricas</i>	54
<i>3.1.3 Variables de respuesta</i>	55
3.2 Formulación del chicle biodegradable a base de torta de Sacha Inchi	57
<i>3.2.1 Solvente</i>	57
<i>3.2.2 Formulación propuesta</i>	59
3.3 Producción del chicle biodegradable a base de torta de Sacha Inchi	61
3.4 Análisis de resultados de la producción del chicle biodegradable	65
4. EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FISICOQUIMICAS DEL CHICLE BIODEGRADABLE	68
4.1 Densidad	69
4.2 ACTIVIDAD DEL AGUA (AW)	71
4.3 Perfil de textura (TPA)	74
<i>4.3.1 Alargamiento</i>	76
<i>4.3.2 Dureza</i>	79
<i>4.3.3 Dureza vs elongación</i>	81

4.4 CAPACIDAD DE BIODEGRADACIÓN	83
<i>4.4.1 Metodología para la prueba de biodegradabilidad</i>	83
<i>4.4.2 Resultados prueba de biodegradabilidad</i>	89
5. ANALISIS FINANCIERO DE LA PRODUCCIÓN DEL CHICLE BIODEGRADABLE	94
5.1 Ingresos	94
5.2 Costo de producción y depreciación	95
5.3 Gastos Administrativos.	99
5.4 Gastos Comerciales	100
5.5 Indicadores Financieros	101
5.6 Análisis De Resultados Del Estudio Financiero	105
6. CONCLUSIONES	106
BIBLIOGRAFIA	108
ANEXOS	120

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Proceso de obtención de la torta de Sacha Inchi	21
Figura 2. Clasificación de aminoácidos según su polaridad.	24
Figura 3. Área Cosechada y producción de Sacha Inchi en Colombia	25
Figura 4. Área Cosechada y producción de maíz tradicional en Colombia	26
Figura 5. Producción de chicle tradicional	31
Figura 6. Efecto del pH en la velocidad de reacción enzimática	35
Figura 7. Efecto de la temperatura en la velocidad de reacción enzimática	36
Figura 8. Proteasas disponibles en el mercado en grado alimenticio.	38
Figura 9. Estructura enzima papaína y sus centros activos	40
Figura 10. Distribución porcentual molar de los aminoácidos que componen la papaína	41
Figura 11. Bacillus amyloliquefaciens	44
Figura 12. Área Cosechada y Producción de la papaya	48
Figura 13. Estructura química del propilenglicol	51
Figura 14. Estructura molecular del ácido oleico	52
Figura 15. Diagrama de bloques (BFD) chicle biodegradable a partir de la torta de Sacha Inchi	62
Figura 16. Geometría del sitio activo de la papaína	64
Figura 17. Metodología para la medición de la densidad	69
Figura 18. Gráfico comparativo de chicles, parámetro de densidad	71
Figura 19. Equipo de medición utilizado para el Aw	72
Figura 20. Gráfico comparativo de chicles, parámetro Aw	74
Figura 21. Gráfica General de Análisis de Perfil de Textura - TPA	75

Figura 22. Comparativo del % de deformación o alargamiento.	78
Figura 23. Texturómetro Brookfield	79
Figura 24. Comparativo de la dureza.	80
Figura 25. Defectos producidos por mal acondicionamiento de chicle	82
Figura 26. Procedimiento para la evaluación de capacidad de chicle biodegradable	83
Figura 27. Procedimiento para la determinación de carbono orgánico por el método colorimétrico	85
Figura 28. Curva de calibración por método colorimétrico	87
Figura 29. Resultado de pérdida de pesos en muestras	90
Figura 30. Gráfica del porcentaje de biodegradabilidad para cada chicle.	92
Figura 31. Tarifas de Servientrega	100

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Información nutricional de Sacha Inchi por 100 g de aceite.	17
Tabla 2. Características fisicoquímicas de la Torta de Sacha Inchi en base húmeda y seca.	18
Tabla 3. Características fisicoquímicas de la Torta de Sacha Inchi	18
Tabla 4. Perfil de aminoácidos de la torta de Sacha Inchi	23
Tabla 5. Composición porcentual aproximada de una goma base	28
Tabla 6. Ingredientes básicos del chicle tradicional	29
Tabla 7. Función de cada ingrediente que compone un chicle biodegradable a base de torta de Sacha Inchi.	34
Tabla 8. Precio de la enzima Papaína	43
Tabla 9. Precio de la enzima Neutrasa	45
Tabla 10. Diseño de experimentos	50
Tabla 11. Propiedades fisicoquímicas del propilenglicol	51
Tabla 12. Variables paramétricas	54
Tabla 13. pH de solventes seleccionados	58
Tabla 14. Formulaciones propuestas para el chicle biodegradable	59
Tabla 15. Métodos para hallar grados de libertad y estadístico de prueba para cada tipo de varianza	68
Tabla 16. Prueba t de student, parámetro de densidad	70
Tabla 17. Prueba t de student, parámetro de actividad del agua	73
Tabla 18. Parámetros críticos del análisis de textura	75
Tabla 19. Definición de los parámetros críticos del análisis de textura	76
Tabla 20. Resultados de la prueba t de student, para el parámetro de deformación o alargamiento.	77

Tabla 21. Resultados de la prueba t de student, para el parámetro de dureza.	80
Tabla 22. Parámetros iniciales para la curva de calibración	86
Tabla 23. Datos de la gráfica de calibración.	86
Tabla 24. Resultados del carbono orgánico para cada muestra de chicle.	88
Tabla 25. Resultados de la prueba t- Student para al porcentaje de biodegradabilidad.	91
Tabla 26. Total, de ingresos de producción durante 10 años	95
Tabla 27. Costos de equipos para producción del chicle biodegradable	96
Tabla 28. Depreciación y costo del terreno	97
Tabla 29. Costos de producción de una tonelada de chicle.	98
Tabla 30. Gastos de producción del proyecto	98
Tabla 31. Gastos fijos del proyecto	99
Tabla 32. Gastos administrativos del proyecto	99
Tabla 33. Gastos comerciales	101
Tabla 34. Flujo de caja para la producción de chicle biodegradable	103
Tabla 35. Resultado financiero	104

RESUMEN

Este estudio se centró en evaluar una alternativa natural al chicle tradicional, ya que esta contiene una goma base compuesta principalmente por derivados del petróleo (acetato de polivinilo), que inducen su descomposición durante un periodo de 5 años, afectando el medio ambiente. El objetivo principal de este proyecto es reformular el chicle tradicional, utilizando la torta de Sacha Inchi (subproducto del proceso de extracción del aceite de Sacha Inchi) como ingrediente principal. La nueva formulación se creó hidrolizando esta torta mediante la implementación de una enzima proteolítica, todo con el objetivo de permitir que sea biodegradable y asegurando las propiedades características de la goma, tales como: densidad, % de alargamiento, textura y vida útil.

El método propuesto en este proyecto es experimental, se establecieron cambios en el porcentaje de concentración de enzima proteolítica y tipo de plastificante; se evaluó el ácido oleico y propilenglicol. Luego, con estas modificaciones, se evaluaron las propiedades del chicle biodegradable y se comparó con un chicle comercial (denominado "patrón"), para evaluar similitudes. De acuerdo con el análisis realizado, se concluyó que la mejor formulación fue la de 1% de enzima y propilenglicol (formulación B), obteniendo un resultado de degradación en 56 días.

Palabras Claves: Torta de Sacha Inchi, Enzima proteolítica, Propilenglicol, Ácido oleico, Polivinilacetato.

INTRODUCCIÓN

Los chicles tradicionales que se encuentran actualmente en el mercado, en su mayoría están hechos a partir de polímeros sintéticos los cuales no son biodegradables y generalmente son derivados del petróleo, además tardan mucho tiempo en degradarse. En el caso del chicle sintético, su goma base está elaborada a partir del polivinilacetato el cual hace que el chicle se demore alrededor de 5 años en ser degradado. Según el artículo publicado por el periódico la república el 18 de julio de 2016, un colombiano consume alrededor de 70 unidades de chicles anuales, por lo que evidentemente esto contribuye negativamente al impacto ambiental [1].

Para mitigar la problemática anteriormente mencionada se han desarrollado chicles que se elaboran a partir de la resina de árbol Chicozapote, el cual es una buena opción para reducir esta problemática y ya se ha implementado en países como México, sin embargo, esta forma de producción de chicle biodegradable es limitada debido a la cantidad de área de producción necesaria, ya que una vez extraído el latex de estos se deberá dejar reposar el árbol por 5 años.

Otra alternativa que se ha planteado para la producción de chicle biodegradable es la obtención de polímeros a partir de proteína como lo es la zeína de maíz, mediante la acción de una enzima proteolítica y una proteína de alguna semilla en presencia de un plastificante a condiciones adecuadas de pH y temperatura. Por consiguiente, el objetivo de este proyecto es reformular el chicle tradicional usando la proteína de la torta de Sacha Inchi y así aprovechar este subproducto de la extracción del aceite de este, por medio de una hidrólisis enzimática con el uso de la enzima proteolítica la cual actuará en la reacción de polimerización ayudando a generar una nueva goma base.

La metodología del proyecto consistió en evaluar dos plastificantes: Propilenglicol y Ácido oleico que tienden a interactuar muy bien con la proteína de la zeína de maíz, lo que indico una alternativa para implementar en la torta de Sacha Inchi. Adicional a esto se varió la concentración de enzima proteolítica entre 0.5%-1% con el fin de evidenciar que tanto influye esta variable en el chicle. Luego se evaluó y se comparó con un chicle comercial las propiedades de: densidad por medio del método de desplazamiento del agua, actividad del agua mediante un higrómetro electrónico, % de alargamiento, y textura (dureza) por medio del test de maquina Universal y capacidad de degradación por 72 días utilizando el método establecido por la ASTM D5988-96 [2] y la metodología modificada por la autora Nieto Hernández [3].

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar la factibilidad técnica del proceso de obtención de chicle biodegradable mediante el uso de torta de Sacha Inchi a través de la hidrólisis enzimática, a escala de laboratorio.

Objetivos específicos

1. Seleccionar la enzima proteolítica adecuada para la hidrólisis de la proteína de la torta de Sacha Inchi.
2. Especificar los parámetros de operación para la producción de este chicle biodegradable.
3. Analizar las propiedades obtenidas de la goma base mediante el uso de la torta de Sacha Inchi.
4. Determinar los costos de la producción del chicle biodegradable.

1. GENERALIDADES

1.1 Sacha Inchi

La semilla de Sacha Inchi es originaria de Perú, en Colombia se encuentra principalmente en Putumayo, Caquetá y Antioquia. La composición de la semilla pertenece mayormente a un 48-50% de aceite y 27-30% de proteínas las cuales contienen aminoácidos esenciales. El aceite obtenido de su semilla está compuesto, en su mayor parte por ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) que incluyen 42-48% de Ácido alfa Linolénico (ALA) y 32-37% de Ácido Linoleico (LA), con 12 % de monoinsaturados (MUFA) [4]. En Colombia las semillas de Sacha Inchi que fueron cultivadas, mostraron un incremento en el contenido de aceites hasta un 41,4%, mientras que con las proteínas se obtuvo hasta un 24,7% [5]. En la tabla 1, se refleja los nutrientes presentes en la Sacha Inchi.

Tabla 1.

Información nutricional de Sacha Inchi por 100 g de aceite.

COMPUESTOS	%
Proteínas	29
Aceite total	54
Ácido Palmítico	3.85
Ácido Esteárico	2.54
Ácido Oleico	8.28
Ácido Linoleico	36.8
Ácido Linolénico	48.61

Nota. En la tabla se refleja los porcentajes perteneciente a la información nutricional de la Sacha Inchi. Tomado de: Perú Prom “La cadena de valor del Sacha Inchi”. [En línea] Disponible: https://repositorio.promperu.gob.pe/bitstream/handle/123456789/1025/Actualizacion_cadena_valor_sacha_inchi_2009_keyword_principal.pdf?sequence=1&isAllowed=y [Acceso: Jul.27,2021]

1.1.1 Composición fisicoquímica

La composición fisicoquímica de la torta de Sacha Inchi depende específicamente de la que se esté utilizando, ya que esta varía ligeramente dependiendo del lugar donde fue cultivada la semilla o el proceso y metodología utilizada en la extracción del aceite. A continuación, en

la tabla 2 se observan algunas características fisicoquímicas de la torta de Sacha Inchi en base húmeda y seca obtenidas por L. Quispe y M. Rojas [6].

Tabla 2.

Características fisicoquímicas de la Torta de Sacha Inchi en base húmeda y seca.

Ensayos	Resultados	
	Base Húmeda	Base Seca
Proteínas (Nx6.25) (g / 100 g)	60.7	64.18
Grasa (g / 100 g)	6.16	6.6
Humedad (g / 100 g)	6.41	-
Cenizas (g / 100 g)	5.45	5.82
Fibra (g / 100 g)	4.14	4.42
Fosforo (g / 100 g)	10316	-
Ph	6.47	-
Energía por ración (kcal / 100 g)	415	-

Nota. La tabla muestra las propiedades fisicoquímicas analizadas en la tesis tomado de: L. Quispe y M. Rojas “Hidrolisis enzimática del sustrato obtenido de la torta de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* Linneo) para mejorar la calidad proteica”.

Disponible:

<https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/2191/Quispe%20Quispe%20-Rojas%20Villanueva.pdf?sequence=1&isAllowed=y%20>

[Acceso: Jul.27,2021]

De manera similar se encontraron otros resultados obtenidos en la caracterización fisicoquímica por D. Vásquez como se muestra en la tabla 3. Lo cual evidencia lo anteriormente mencionado con respecto a la variabilidad de las propiedades fisicoquímicas dependiendo de los factores externos involucrados en el cultivo de esta, al igual que en el procesamiento de la extracción del aceite.

Tabla 3.

Características fisicoquímicas de la Torta de Sacha Inchi

Ensayos	Composición
Proteínas (%)	48.82
Grasa (%)	17.29
Humedad (%)	7.20
Cenizas (%)	5.10
Fibra Cruda (%)	4.33
Fosforo (%)	0.01
pH	6.26

Nota. La tabla muestra las propiedades fisicoquímicas analizadas de otra muestra de Torta de Sacha Inchi en la tesis del magíster tomado de: D. Vásquez

“Aprovechamiento de subproductos de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.): Desarrollo de un producto alimenticio, empleando harina proveniente de torta residual en la extracción del aceite”. Disponible: http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/1691/1/Aprovechamiento_subproductos_sacha_inchi.pdf [Acceso: Jul.27,2021]

1.1.2 Beneficios de la Sacha Inchi

La torta de Sacha Inchi brinda múltiples beneficios con respecto al aspecto nutricional ya que esta contiene múltiples nutrientes como proteínas, grasas, vitaminas y carbohidratos los cuales aportan un valor nutricional bastante significativo en la dieta y energía para el día a día.

1.1.2 a. Proteínas. Las proteínas son estructuras muy complejas, estas están compuestas mayormente por carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno. Las proteínas son cadenas formadas por aminoácidos que se pliegan y adquieren una estructura tridimensional la cual les permite desarrollar diversas funciones [7].

Para los seres humanos, las proteínas se pueden obtener a través de las plantas o animales, sin embargo, la proteína animal contiene mayor cantidad de proteínas presente, ya que esta contiene en su mayoría cantidades significativas de los 9 aminoácidos más esenciales para la vida los cuales son: la leucina, isoleucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, valina, triptófano y para los lactantes se considera la histidina. Igualmente, estas macromoléculas resultan específicamente de la polimerización de los aminoácidos a través de los enlaces peptídicos. Es por esto que la concentración y la secuencia de la unión de los monómeros constituyentes afectan directamente las propiedades nutritivas y sus características fisicoquímicas, con lo que se determina así la estructura (primaria) que dependerá la conformación de las moléculas (estructura secundaria y terciaria) [6], [8].

1.1.2 b. Grasas. Las grasas son insolubles en agua y son componentes importantes de la alimentación ya que transportan vitaminas A, D, E, y K y otorgan al organismo ácidos grasos esenciales lo que beneficiará al sistema en cuanto a la producción de sustancias como hormonas y enzimas. Adicionalmente las grasas son la fuente de energía más concentrada y se clasifican comúnmente en grasas saturadas e insaturadas [9].

- ❖ «Grasas Saturadas: Son generalmente sólidas a temperatura ambiente. Pueden ser de origen animal. como: mantequilla, natilla, crema, queso crema, embutidos y cortes de carnes “gordos”. También de origen vegetal como la manteca y algunas margarinas que contienen ácidos grasos saturados, aunque en menor cantidad que las de origen animal.
- ❖ Grasas Insaturadas: son líquidas a temperatura ambiente. Generalmente son de origen vegetal como los aceites de girasol, coco, canola, Sacha Inchi, etc » [9].

Para el caso del aceite de Sacha Inchi, este es rico en omega 3, es un aceite de alta calidad y es muy usado para consumo humano, industrial, cosmético y medicinal. Es el de mayor contenido de poliinsaturados, en promedio está compuesto de: 48,60 % de ácido graso esencial alfa linolénico Omega 3, 36,80 % de ácido graso esencial linoleico Omega 6 y 8,28 % de ácido oleico Omega 9, y tiene el más bajo contenido de ácidos grasos saturados, 6,39 % en promedio, 3,85 % de palmítico y 2,54 % de esteárico [6], [10].

1.1.2 c. Vitaminas. La Sacha Inchi actualmente es la mejor oleaginosa gracias a su composición y calidad nutricional ya que esta contiene antioxidantes como la vitamina A y alfa-tocoferol, vitamina E. Adicionalmente que la almendra desgrasada de la proteína es de alta calidad y hasta un 99% digestible, igualmente se beneficia en la rica cantidad de aminoácidos esenciales y no esenciales presentes para suplir la cantidad necesaria para la salud [6], [10].

1.1.2 d. Carbohidratos. Los carbohidratos son moléculas compuestas por carbono e hidrógeno que en su mayoría se pueden encontrar en alimentos de origen vegetal, para el caso de la Sacha Inchi, los hidratos de carbono se clasifican en soluble e insolubles.

- ❖ Solubles: Son en su mayoría oligosacáridos tales como, rafinosa, arabinosa, los cuales son responsables de menos digestibilidad y solubilidad de las proteínas estos son los responsables de la flatulencia que provoca el consumo de las oleaginosas, también contiene polisacáridos solubles que comprende la fibra soluble [6], [11], [12].

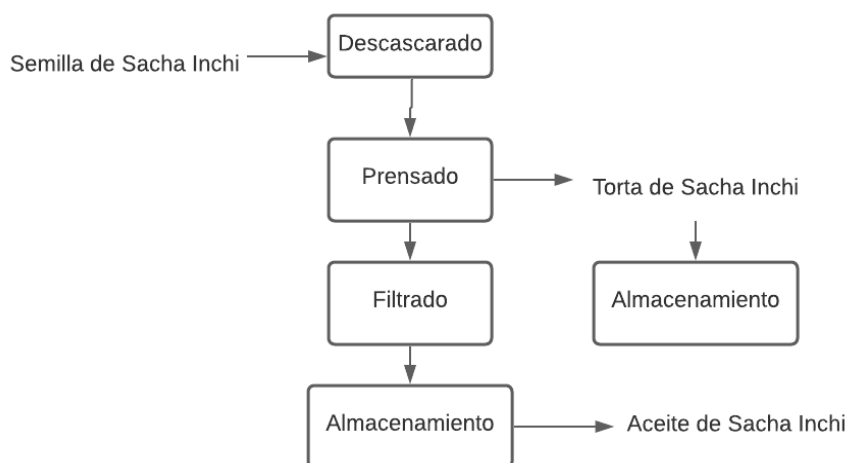
1.1.3 Extracción de la torta de Sacha Inchi.

La torta como subproducto se obtiene cuando la semilla de Sacha Inchi pasa por un proceso de extracción mediante un prensado, obteniendo así aceite el cual será filtrado y almacenado para su posterior uso. Esta torta normalmente se procesa con el fin de ser utilizada

para adquirir productos ricos en proteínas. En la figura 1 se observa más detalladamente el proceso de obtención de la torta de Sacha Inchi.

Figura 1.

Proceso de obtención de la torta de Sacha Inchi



Nota. La figura representa del diagrama de bloques del proceso de producción de obtención de la torta de Sacha Inchi. Adaptado de: L, Quispe y M, Rojas “Hidrolisis enzimática del sustrato obtenido de la torta de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* linneo) para mejorar la calidad proteica”

Esta torta de Sacha Inchi producida contiene hasta más del 40% de proteínas mientras que en cantidad de aceite contiene el 36% , lo que ocasiona la baja solubilidad y en que parte de las harinas que se obtienen van a representar un contenido no digerible probablemente sea por causa de los oligosacáridos como rafinosa, arabinosa que son responsables de ocasionar menor digestibilidad y solubilidad de las proteínas [6], [12]. Adicionalmente según el artículo “Obtención De Un Aislado Proteico De Torta De Sacha Inchi (*Plukenetia Volubilis* L.) Y Evaluación De Sus Propiedades Tecno-Funcionales” de Jorge L. Mercado R, Carlos C. A. Elías P., Gloria J. Pascual C, el punto isoeléctrico de las proteínas de Sacha Inchi es de 6.

1.1.4 Aplicaciones actuales de la torta de Sacha Inchi

Dentro de las aplicaciones que se le han dado a la torta de Sacha Inchi son con el fin de incrementar el valor nutricional de ciertos productos alimentarios, además de aprovechar este subproducto resultante de la industria oleo química, por lo que dentro de estas se han

desarrollado investigaciones sobre bebida funcional de mango y piña rica en proteínas a partir de la harina de Sacha Inchi [13] elaboración de galletas empleando harina de Sacha Inchi [14], formulación de una colada empleando la harina de Sacha Inchi [15], torta de banano, de vainilla y alfajores [16], Yogurt [17].

Sin embargo, se han desarrollado investigaciones sobre otro tipo de aplicaciones como lo son las cosméticas, debido a sus propiedades antioxidantes, dentro de estos están cremas antiarrugas [18].

Por otro lado, una de las aplicaciones en las que se ha usado en su mayoría la torta de Sacha Inchi es como concentrado para animales, debido a su gran cantidad de proteína, dentro de estas aplicaciones se encuentra alimento para pollos [19], Tilapia roja [20], entre otros [21]

La torta de Sacha Inchi contiene algunos componentes antinutricionales, como lo son los mucilagos, alcanoides, grupos alpha amino, quinonas, cumarinas, antocianidinas, triterpenos, flavonoides, saponinas y taninos, en bajas concentraciones [22]. Los taninos son metabolitos secundarios que pueden enlazarse y conformar complejos con diversas moléculas, dentro de ellas las proteínas. A su vez estas interacciones pueden dar lugar al desdoblamiento o precipitación de proteínas, lo cual conlleva a la reducción de su digestibilidad, debido a que los efectos inhibidores de la proteasa reducen su digestión y como consecuencia el uso de aminoácidos valiosos [22]. Partiendo de lo anterior, según [23] reporta datos de su digestibilidad in vitro la cual oscila entre el 88,5% y el 93,6%, presentando un mejor resultado de esta tras una cocción a 70°C durante 2 horas.

1.1.5 Perfil de aminoácidos de la torta de Sacha Inchi

A continuación, en la tabla 4 se muestra el perfil de aminoácidos de la torta de Sacha Inchi, tomado a partir de 3 referencias [23],[24],[25], allí se evidencia que en cuanto a aminoácidos esenciales la torta de Sacha Inchi presenta cantidades importantes de isoleucina, leucina y lisina, bajas concentraciones en metionina [22]. Por otra parte, en cuanto a aminoácidos no esenciales presenta grandes cantidades de ácido aspártico, cisteína, glicina y ácido glutámico, bajas concentraciones de hidroxiprolina.

Tabla 4.*Perfil de aminoácidos de la torta de Sacha Inchi*

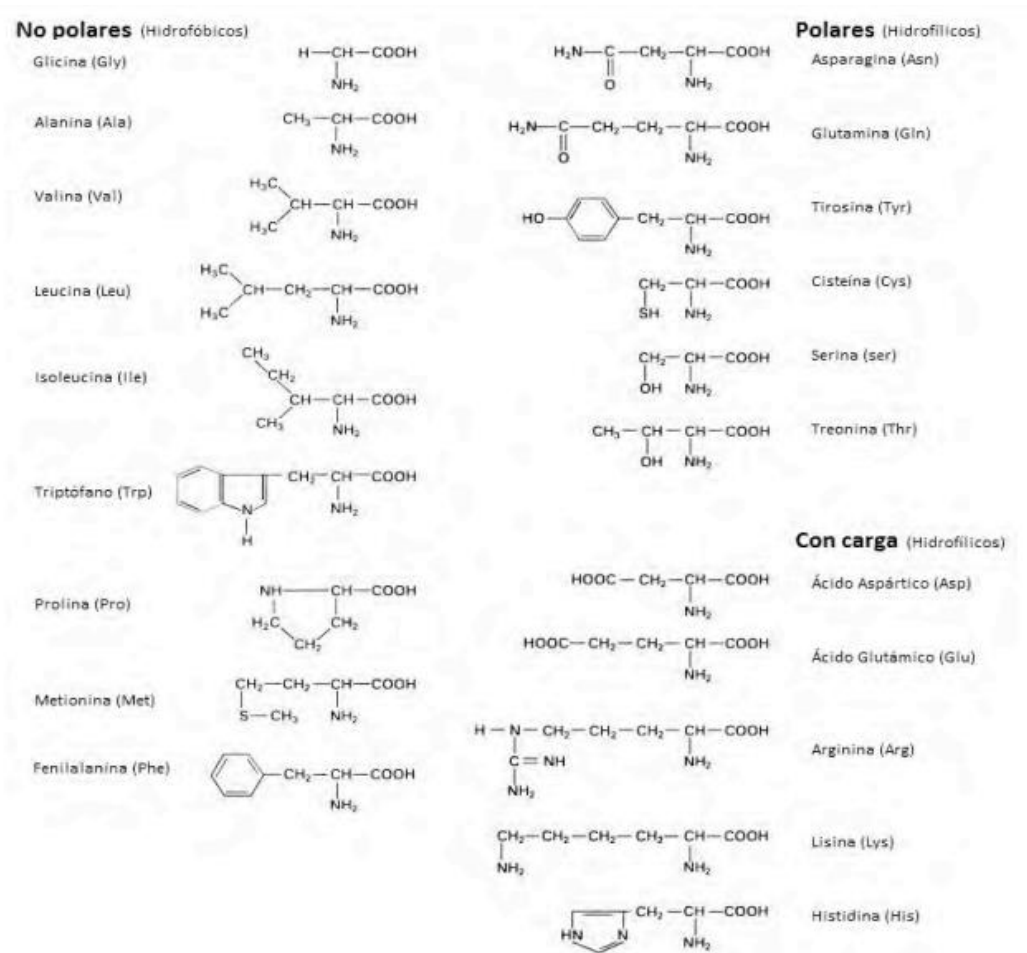
Aminoácidos	mg/100g de muestra		
	Referencia 1	Referencia 2	Referencia 3
Esenciales			
Histidina	28	93	26
Isoleucina	57	39	50
Leucina	68	72	64
Lisina	52	179	43
Metionina	12	6	12
Fenilalanina	21	32	24
Treonina	88	17	43
Triptófano	No disponible	33	29
Valina	44	34	40
No esenciales			
Alanina	76	13	36
Arginina	55	<0.05	55
Acido aspártico	No disponible	56	111
Cisteína	28	55	
Ácido glutámico	No disponible	80	
Glicina	63	37	118
Prolina	51	13	48
Hidroxiprolina	No disponible	3	No disponible
Serina	43	17	64
Tirosina	55	100	55
Asparagina	No disponible	No disponible	No disponible
Glutamina	No disponible	No disponible	No disponible
Asparagina +acido aspartico	114	No disponible	No disponible
Acido glutámico +glutamina	138	No disponible	
Met+Cys	No disponible	No disponible	37
Phe+Tyr	No disponible	No disponible	

Nota. La tabla presenta el perfil de aminoácidos presentes en la torta de Sacha Inchi, allí se muestran los datos obtenidos por 3 referentes bibliográficos, respectivamente [23], [24], [25].

Los aminoácidos son moléculas que contienen un grupo carboxilo (-COOH) y un grupo amino (-NH₂), más una cadena lateral (R) característica de cada uno de ellos [26]. A continuación, en la figura 2, se muestra la clasificación de estos en función de su cadena lateral (R).

Figura 2.

Clasificación de aminoácidos según su polaridad.



Nota. La figura muestra la clasificación de los aminoácidos según su polaridad, a la vez allí se muestra la estructura molecular de cada uno de ellos. Tomado de: Fundación Allende Cornelly. “Libro de estructura de proteínas y enzimas”, [En línea]. Disponible en: <https://laboratoriosportatiles.cl/wp-content/uploads/2016/11/Libro-Proteinas-y-Enzimas2.pdf>. [Acceso: Dic.8, 2021]

Allí se muestra que los aminoácidos no polares solo contienen cadenas alifáticas o aromáticas lo cual los hace que sean hidrofóbicos, mientras que en el caso de los aminoácidos polares su cadena lateral se caracteriza por contener en su cadena -OH o azufre -S- haciendo de estos polares, por último para aquellos que contienen carga, se clasifican en ácidos o básicos, en el caso de ácidos, se encuentra el ácido aspártico y ácido glutámico, mientras que en el caso

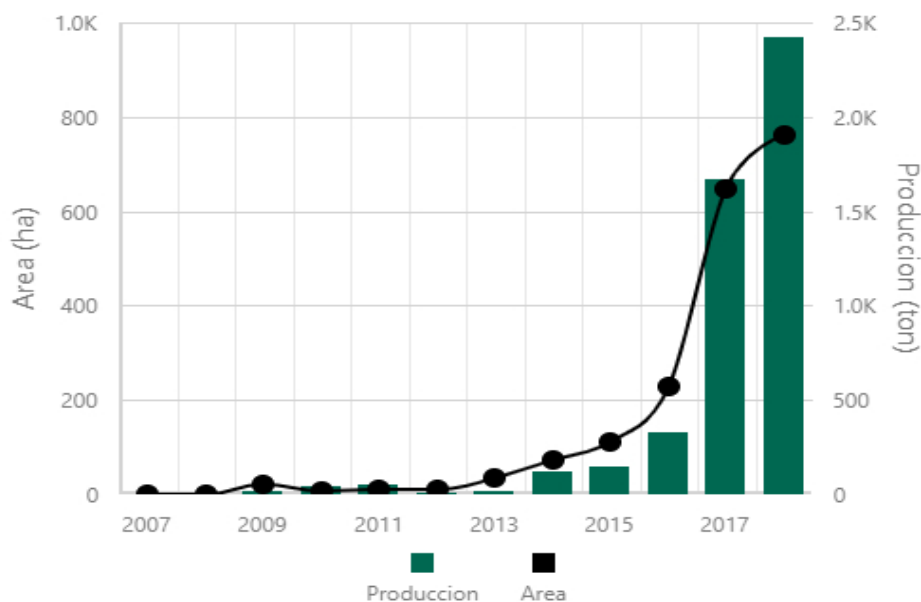
de los básicos se encuentra la lisina, arginina e histidina, tanto los ácidos como los básicos se consideran polares [27].

1.1.6 Disponibilidad en Colombia de Sacha Inchi

El Sacha Inchi ha tenido un crecimiento exponencial en su producción en el territorio Colombiano los últimos 8 años , tal y como se muestra en el reporte generado por el ministerio de agricultura [28] figura 3, allí solo se puede evidenciar hasta el año 2017, sin embargo, según el artículo publicado por Procolombia el 4 de Junio de 2021, el Sacha Inchi es cultivado por más de 1100 agricultores ubicados en 22 departamentos en el territorio colombiano, entre los cuales se encuentran: Caquetá, Córdoba, Arauca, Antioquia, el Eje Cafetero, Huila y Tolima [29].

Figura 3.

Área Cosechada y producción de Sacha Inchi en Colombia

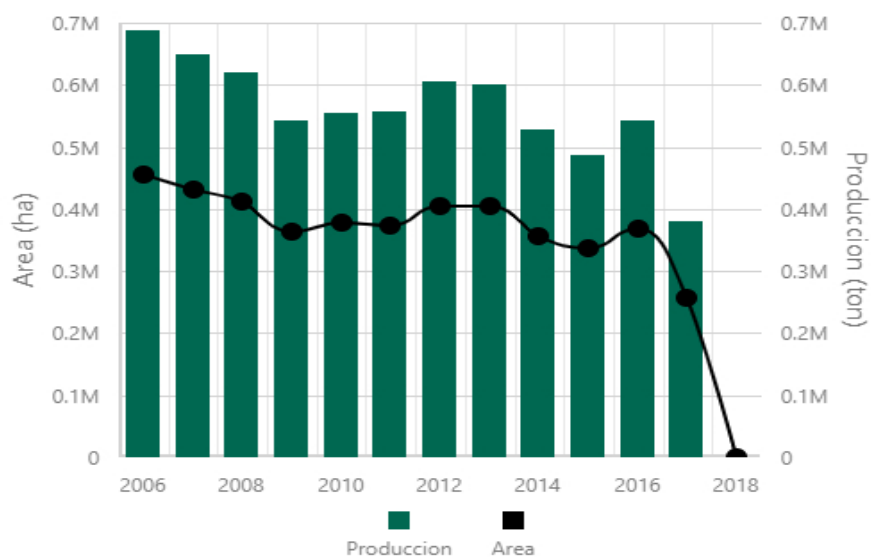


Nota. La Figura muestra estadísticas de la producción en toneladas (Ton) y área cosechada en hectáreas (ha) de Sacha Inchi en Colombia, información proporcionada por el ministerio de agricultura (Agronet). Tomado de: Agronet, MinAgricultura, “Área de producción y rendimiento nacional por cultivo”, [En línea], Disponible en: <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=1#>, [Acceso: Dic.8, 2021]

Debido a que la mayor parte de los artículos de chicle biodegradable son referentes a usar la zeína de maíz como fuente de proteína para la elaboración de estos, a continuación, en la figura 4 se muestra el área cosechada y la producción de maíz en Colombia, allí se evidencia que los últimos 4 años su producción a disminuido, haciendo de este una materia prima no rentable para la producción de chicle biodegradable en Colombia.

Figura 4.

Área Cosechada y producción de maíz tradicional en Colombia



Nota. La Figura muestra estadísticas de la producción en toneladas (Ton) y área cosechada en hectáreas (ha) de maíz tradicional en Colombia, información proporcionada por el ministerio de agricultura (Agronet). Tomado de: Agronet, MinAgricultura, “Área de producción y rendimiento nacional por cultivo”, [En línea], Disponible en: <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=1>, [Acceso: Dic.11, 2021]

1.2 Chicle tradicional

El chicle es un polímero masticable el cual está compuesto principalmente por goma base natural o sintética, adicional a esto contiene ingredientes como lo son saborizantes, colorantes, conservantes, edulcorantes y suavizantes. Lo que le da al chicle la característica de ser un polímero es la goma base ya que está hecha de una combinación de polímeros, ceras y

suavizantes de grado alimenticio que le dan la textura deseada por los consumidores y le permiten brindar dulzura, sabor y otros beneficios [30].

Desde tiempos remotos, los indígenas masticaban resina de abeto posiblemente por placer o con fines medicinales relacionados a la salud bucal, sin embargo, no fue hasta finales de la década de 1840 que John Curtis desarrolló la primera goma de abeto comercial hirviendo resina y luego cortándolo en tiras recubiertas con almidón de maíz para evitar que se peguen entre sí. Esto condujo a la construcción de la primera fábrica de chicles del mundo en Portland, Maine. Poco después la resina de abeto demostró ser menos eficiente e ideal para producir chicle ya que no sabía muy bien y se volvió quebradiza cuando se mastica.

Tiempo después el inventor Thomas Adams comenzó a experimentar con la formulación perfecta del chicle añadiendo a este más ingrediente como colorante y saborizante, logrando así la formulación deseada y formando empresa a finales de la década de 1880 que vendía por todo el país [31].

Posterior esto el chicle se hizo cada vez más famoso generando así que esta industria creciera cada vez más a nivel mundial.

1.2.1 Formulación de un chicle tradicional

A lo largo de los años han surgido diversos tipos de chicles, ya sea que estos tengan relleno o no, sin embargo, para el caso del chicle tradicional este está compuesto de ingredientes como lo son: la goma base, saborizante, colorante, conservantes y estabilizantes.

1.2.1 a. Goma Base: La goma base es un componente el cual se caracteriza por ser insoluble y no nutritivo en el chicle, este proporciona la posibilidad de que el chicle sea masticable y facilita que cada vez que se mastique libere gradualmente sabores, edulcorante e ingredientes funcionales. Esta goma base puede ser sintética o natural [32]

“La goma base natural está hecha a base de resina de árboles como níspero, perillo y pino: mientras que la goma sintética está hecha a base de derivados del petróleo como el polivinilacetato” [3]. Los compuestos principales que conforman la goma base se reflejan en la tabla 5.

Tabla 5.

Composición porcentual aproximada de una goma base

Compuesto	Porcentajes (%)
Sustancia sintética masticable o resina	40-50
Emulsificante	15-30
Plastificante	5-10
Coadyuvante	3-10
Antioxidante	3-5

Nota. En la tabla se refleja los porcentajes aproximados a los ingredientes que conforman una goma base. Tomado de: M, Nieto “Desarrollo de un chicle biodegradable inhibidor del streptococcus mutans involucrado en la formación de la caries”. Disponible: <http://132.248.9.195/ptd2013/agosto/0699796/0699796.pdf> [Acceso: Jul.27,2021]

1.2.1 b. Saborizantes. Los saborizantes son de suma importancia ya que a la hora de que el consumidor final adquiera el chicle esté seleccione su favorito dependiendo del sabor, por lo que los saborizantes no solo dan el sabor, sino que sirven como estabilizante y mejorar un poco la textura del chicle. El saborizante normalmente está compuesto por aceites los cuales pueden resultar en ocasiones ser los mejores plastificantes [3].

1.2.1 c. Conservantes. Los conservantes ayudan a preservar más el chicle permitiendo que se genere o se retrase la aparición de deterioro originado por bacterias, también ayuda a que las características iniciales que se le dieron al chicle como lo es el color, textura, etc no cambien significativamente a lo largo del tiempo [33].

1.2.1 d. Colorantes. El colorante permite tener un chicle más llamativo para el consumidor final evitando que cuando este salga del proceso de producción solo se obtenga un chicle de un color insípido amarillo poco atractivo visualmente.

1.2.1 e. Estabilizantes. Los estabilizantes permiten que el chicle sea suave y que éste retenga la humedad sin importar el ambiente en el que esté expuesto. Los más usados son glicerina y sorbitol [3]. Teniendo en cuenta los componentes previamente mencionados, en la tabla 6 se

muestran los demás componentes que conforman el chicle tradicional con su respectivo porcentaje.

Tabla 6.

Ingredientes básicos del chicle tradicional

Compuesto	Porcentajes (%)
Azúcares	77.9
Goma Base	18
Saborizante	1.2
Estabilizantes	2
Colorantes	0.8
Conservantes	0.1

Nota. En la tabla se refleja los porcentajes aproximados a los ingredientes que conforman el chicle tradicional. Tomado de: M, Nieto “Desarrollo de un chicle biodegradable inhibidor del streptococcus mutans involucrado en la formación de la caries”. Disponible: <http://132.248.9.195/ptd2013/agosto/0699796/0699796.pdf> [Acceso: Jul.27,2021]

1.2.2 Proceso de producción

Para producir un chicle tradicional este se divide principalmente en 8 etapas las cuales son:

- ❖ *Fundición o calentamiento:* La goma base en estado sólido se calienta con el fin de generar un fluido espeso, por lo general esto se realiza en calderas grandes con camisa de agua caliente o vapor. Es importante en esta etapa alcanzar temperatura de fusión (punto de reblandecimiento) para obtener las características viscoelásticas adecuadas, para así mismo lograr mezclar el resto de los ingredientes junto a esta [34].
- ❖ *Mezclado:* Se adiciona lentamente el edulcorante y saborizante a la goma base hasta obtener una mezcla homogénea y se espesa como una masa. Aquí es importante el tiempo y temperatura (esta debe estar en tórulo al punto de reblandecimiento, es decir, entre temperatura de transición vítrea y punto de fusión), para lograr una mezcla homogénea [34].

- ❖ *Formación:* El chicle se aplana y se exprime en forma de cuerdas. Esta etapa tiene como objetivo lograr una textura más suave y fina, para esto el chicle mezclado se pasa por una serie de rodillos [34].

- ❖ *Extrusión:* Se utilizan extrusoras las cuales moldean y transportan el chicle a un sistema de refrigeración, a su vez en esta etapa se modifica la textura y elasticidad del chicle. Aquí una de las variables más importantes a controlar es la temperatura, esto se hace mediante agua fría o caliente. Existe una primera extrusión el cual forma láminas de chicle, la cuales son introducidas en un sistema de refrigeración, posterior a esto se lleva a otra extrusión con el fin de dar la forma deseada de chicle [34].

- ❖ *Acondicionamiento:* El chicle se rocía con edulcorantes en polvo u otras sustancias para evitar que se peguen a la maquinaria o al empaque.

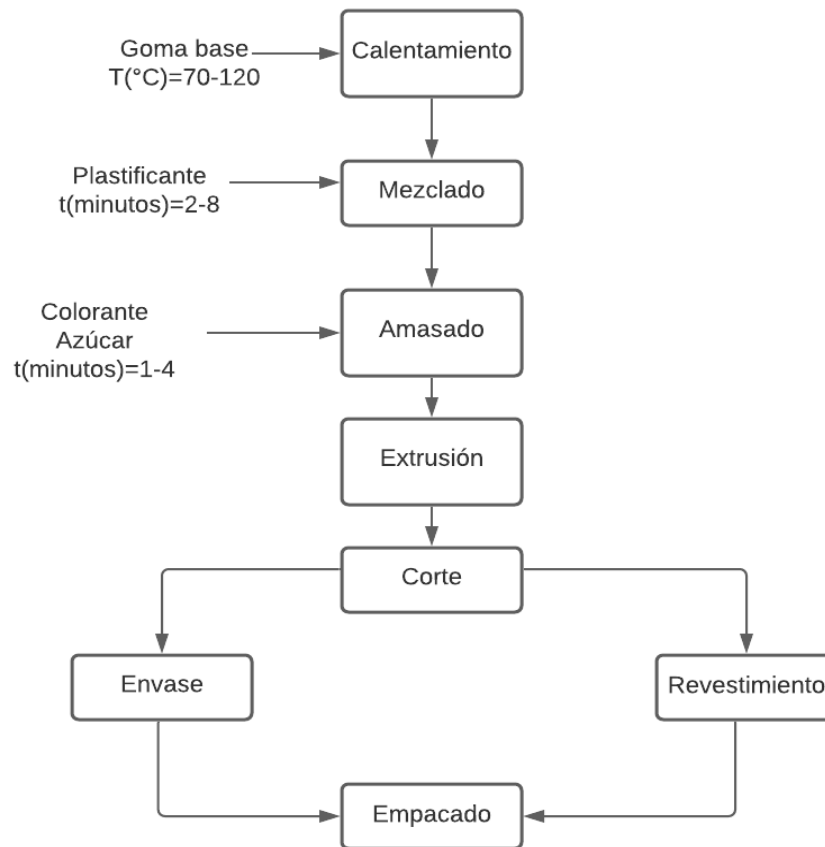
- ❖ *Revestimiento:* En una habitación con una temperatura y humedad cuidadosamente controladas, el chicle se enfría hasta por 24 a 48 horas. Esto permite que el chicle se asiente correctamente, alcanzando un valor de dureza adecuado [34].

- ❖ *Envase:* Si el chicle está recubierto de caramelo, el chicle se rocía con edulcorante líquido, se deja secar y luego se rocía nuevamente. Este proceso se repite varias veces hasta que la capa del caramelo alcanza el grosor deseado.

- ❖ *Empacado:* Las máquinas de alta velocidad envuelven y empacan cuidadosamente el chicle en recipientes herméticos. [35]

En la figura 5 se encuentra el diagrama de bloques del proceso de obtención del chicle.

Figura 5. Producción de chicle tradicional



Nota. La figura representa el diagrama de bloques de un chicle tradicional. Tomado de: ICGA “Manufacturing Process”, [En línea]. Disponible: <http://www.gumassociation.org/index.cfm/science-technology/manufacturing-process/> [Acceso: Jul.27,2021]

1.2.3 Variables de proceso en la producción del chicle tradicional

En el proceso de producción de un chicle tradicional se tienen en cuenta las siguientes variables, con el fin de obtener una calidad adecuada de este:

- ❖ *Temperatura:* Es muy importante en la etapa de fusión y mezclado con el fin de no sobrepasar el punto de reblandecimiento y así obtener una textura gomosa, adicionalmente es una variable importante en para formar las láminas de chicle a baja temperatura en la etapa de recubrimiento, Por lo que estos cambios de temperatura durante el proceso deben ser controlados con el fin de evitar daños en la textura, consistencia y elasticidad [34].

- ❖ *Dureza*: Es una propiedad mecánica importante en los polímeros más que todo, relacionada con la deformación plástica. Se utiliza para describir la resistencia del material a la abrasión, el rayado, al corte y al plegado en la industria confitera. Es un parámetro muy importante en el caso de chicles con cobertura para establecer si el pellet obtenido en la extrusora está listo para ser recubierto, para este tipo de chicles es de gran ayuda para que el recubrimiento se adhiera firmemente al chicle, además de no causar defectos en esta etapa de recubrimiento. Los pellets estarían listos para la etapa de recubrimiento cuando estos se sitúan en una dureza de 16-20° Shore. Adicionalmente antes a la etapa de revestimiento el chicle debe poseer un valor de predeterminado de dureza para poder obtener los pellets con las especificaciones deseadas después del proceso de extrusión [34].

- ❖ *Humedad relativa*: La temperatura y la humedad relativa afectan la actividad del agua del chicle por lo que estos cambios deben ser controlados para asegurar la calidad final de los pellets de chicle. Adicional a esto, son un factor determinante para la fase de extrusión [34].

- ❖ *Velocidad y distribución del aire*: Son factores importantes durante el enfriamiento del chicle, debido a que en esta etapa se desarrollan varias características deseables del chicle [34].

1.2.4 Impacto ambiental

En la actualidad la contaminación ambiental que causan los residuos generados por la goma de mascar va en aumento. Solo el 2% de los chicles que se consumen cada día en el mundo son de origen natural, lo que además de estropear las ciudades con sus desechos, contribuye a incrementar la huella de dióxido de carbono durante su fabricación y lleva hasta el extremo la dependencia de recursos fósiles [36].

En promedio los chicles tradicionales demoran en degradarse 5 años [37], adicional a esto un colombiano consume 70 unidades anuales de chicle [1], sin embargo, en otros países esta cifra es más alta, se estima que el consumo por persona de chicle en Estados Unidos es de 160 a 180 unidades anuales, mientras que en Brasil se estima que cada joven consume 160 unidades de chicle al año, teniendo en cuenta que según los datos de gobierno brasileño de

2017 se evidencia que allí habitan alrededor de 51 millones de jóvenes [38], lo cual contribuye al impacto ambiental.

Además de los problemas ambientales que trae el chicle, también se encuentran el estético e higiénico. En el primer aspecto se encuentran las grandes manchas que puede dejar el residuo de chicle en el suelo y en varios lugares del espacio público lo cual le da a la zona urbana un aspecto lamentable y poco pulcro a primera vista. El problema higiénico proviene de la capacidad que tiene esta sustancia para atraer gérmenes; según un estudio del Ayuntamiento de Pozuelo de Alarcón (Madrid) esta cantidad asciende a 50.000 gérmenes por chicle depositado en la calle [39]. Víctor Calderón Salinas, del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (Cinvestav) afirmó “Cada chicle es un foco de contaminación, ya que contiene los microorganismos de la persona que lo masticó” [40].

1.3 Chicle biodegradable

Una de las alternativas que se ha planteado para la elaboración de chicle biodegradable es a partir del árbol chicozapote, Chicza es un producto orgánico comercializado en México, el cual es orgánico y biodegradable. Esta forma de producción consiste en extraer el látex, en este caso del árbol, chicozapote, a partir de cortes en su corteza en forma de “V” en zigzag. Sin embargo, como limitaciones de esta forma de producción se encuentra que estos árboles una vez extraídos su látex se deben dejar descansar por un periodo de 5 años [41], lo cual es una desventaja ya que se deberá ocupar más área de producción al recurrir a más árboles para mitigar este periodo de 5 años, en tal caso de que la demanda de producción fuera alta.

Por otra parte, se han realizado varias investigaciones y diversas formulaciones sobre el cambio en la goma base del chicle por la zeína del maíz ya que esta contiene una cantidad muy significativa de proteínas especialmente las prolaminas la cual reacciona con el plastificante presente en la formulación del chicle. Las prolaminas están presentes en alrededor de un 50% de la proteína total de la zeína [42].

Debido a su gran gelación, en siglos pasados la zeína se empezó a combinar con plastificantes como glicoles y amidas con el fin de elaborar polímeros como películas comestibles [3]. Pese a que la zeína se muestra bastante prometedora, una buena alternativa es cambiar la materia prima por la torta de Sacha Inchi la cual contiene hasta el 3% de prolaminas

del total de las proteínas acuosas, además de que se estaría aprovechando mayoritariamente un subproducto de la extracción del aceite [43].

1.3.1 Formulación de un chicle biodegradable

Para la formulación del chicle biodegradable se tiene en cuenta los principales ingredientes que lo conforman los cuales son: torta de Sacha Inchi, enzima papaína, plastificantes los cuales serán ácido oleico o propilenglicol. En la tabla 7 se explica la función que tienen cada uno de los ingredientes del chicle biodegradable [3], [8].

Tabla 7.

Función de cada ingrediente que compone un chicle biodegradable a base de torta de Sacha Inchi.

Ingrediente	Función
Torta de Sacha Inchi	Es la fuente de proteína principal la cual ayudara con la reacción de polimerización
Plastificante	Optimiza la elasticidad
Enzima proteolítica	Mejora la suavidad y la masticabilidad de la goma, e incrementa la solubilidad.
Potenciador de sabor	Abre los enlaces para que exista una mejor aceptación de los edulcorantes y glucosa.
Gelatina hidrolizada	Disminuye la adhesión, aumenta la flexibilidad y disminuye el sabor amargo que dejan los plastificantes.
Ácido orgánico	Actúa como conservante, disminuye la dureza y la adhesión y aumenta la flexibilidad.
Edulcorante	Da estabilidad al chicle y aumenta el volumen
Saborizante	Sirve como estabilizante y da sabor al chicle.
Colorante	Da color al chicle.

Nota. La tabla muestra los ingredientes que conforman el chicle biodegradable a partir de la torta de Sacha Inchi. Adaptado de: M, Nieto “Desarrollo de un chicle biodegradable inhibidor del streptococcus mutans involucrado en la formación de la caries”, [En línea]. Disponible: <http://132.248.9.195/ptd2013/agosto/0699796/0699796.pdf> [Acceso: Jul.27,2021]

En la actualidad hay una gama diversa de plastificantes que se pueden utilizar para el chicle biodegradable, sin embargo, los más usados y estudiados en el chicle a partir de la zeína de maíz son: polialcohol como el propilenglicol, glicol como la glicerina, grasa como el ácido oleico, también se ha tratado de trabajar con ceras o más que todo ha sido una recomendación sin embargo no hay estudios formales o que profundicen esto.

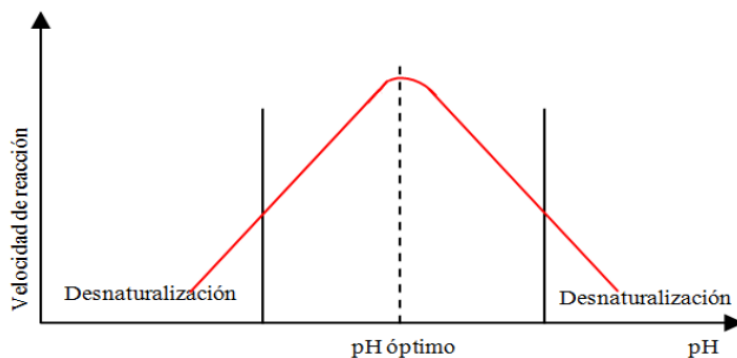
1.3.2 Reacción enzimática

La enzima es una molécula que dependiendo del tipo tiene sus respectivas especificaciones en cuanto a las condiciones a la que será expuesta, por lo tanto, las principales condiciones o parámetros que se tiene en cuenta para trabajar con enzimas son: pH y temperatura.

1.3.2 a. pH: «Las enzimas poseen grupos químicos ionizables (carboxilos -COOH; amino -NH₂; tiol -SH; imidazol, etc.) en las cadenas laterales de sus aminoácidos. Según el pH del medio, estos grupos pueden tener carga eléctrica positiva, negativa o neutra. Como la conformación de las proteínas depende, en parte, de sus cargas eléctricas, habrá un pH en el cual la conformación será la más adecuada para la actividad catalítica. Este es el llamado pH óptimo » [44]. La figura 6 muestra el efecto del pH en la velocidad de reacción enzimática.

Figura 6.

Efecto del pH en la velocidad de reacción enzimática



Nota. La figura muestra la curva que produce el efecto del pH en la velocidad de reacción enzimática tomado de: L, Santín “Aplicaciones enzimáticas en procesos de conservación y restauración de obras de arte. Consolidación de celulosa”, [En línea]. Disponible:<https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/14292/4%20Cap%203%20adulo%20I.%20Las%20enzimas.pdf?sequence=4&isAllowed=y> [Acceso: Jul.27,2021]

Las enzimas pueden tener dos tipos de curvas, de acuerdo con la figura 6:

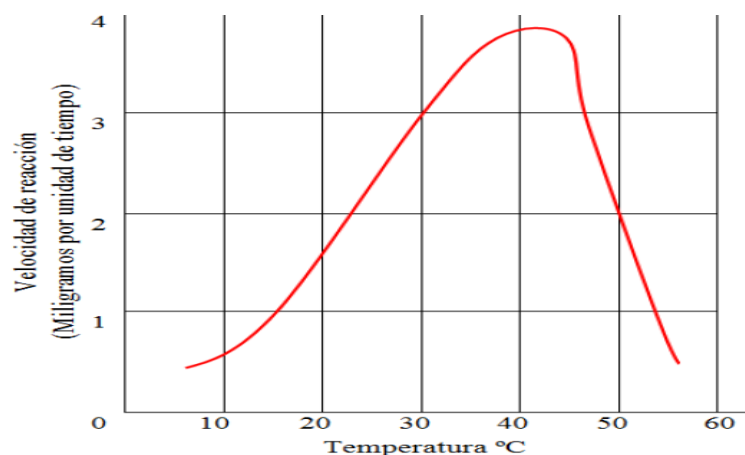
- ❖ Primera Curva: Esta curva la cual conforma un pico significa que la enzima requiere un control muy detallado del pH en el medio que se encuentra, ya que hasta el 100% de su actividad enzimática esta entre un pequeño intervalo en torno a un pH determinado.
- ❖ La segunda posibilidad es que la enzima presente o mantenga constante la actividad enzimática por encima al 75% alrededor del pH óptimo.

Estas curvas experimentales suelen ser facilitadas por el fabricante o vienen en documentos técnicos [45].

1.3.2 b. Temperatura: Las enzimas en la mayoría de los casos son muy susceptibles a la temperatura, especialmente las altas temperaturas ya que tienen a desnaturalizarse por estar expuesta a un aumento de calor tan drástico, es por esto que a la hora de trabajar o analizar las enzimas se tiene en cuenta la temperatura optima la cual es la en la que la actividad catalítica es máxima, ya por encima de esta temperatura, ocurre un aumento en la velocidad de reacción hasta que es contrarrestado por la pérdida de la actividad catalítica debido a la desnaturalización térmica ocasionando que la actividad enzimática disminuya rápidamente hasta anularse. Este comportamiento se observa en la figura 7 en la cual se dice que muchas veces las enzimas duplican la velocidad de reacción enzimática cuando aumentan por lo menos la temperatura de unos 10°C y luego se decae rápidamente por encima de los 40° C [44].

Figura 7.

Efecto de la temperatura en la velocidad de reacción enzimática



Nota. La figura muestra la curva que produce el efecto de la temperatura en la velocidad de reacción enzimática tomado de: L, Santín “Aplicaciones enzimáticas en procesos de conservación y restauración de obras de arte. Consolidación de celulosa”, [En línea].

Disponible:<https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/14292/4%20Cap%3%20I.%20Las%20enzimas.pdf?sequence=4&isAllowed=y> [Acceso: Jul.27,2021]

De acuerdo con la figura 7, la velocidad de reacción aumenta directamente con la temperatura por lo que a temperaturas más altas mayor velocidad de reacción se tendrá esto es debido ocurre porque en este punto existen más presencia de moléculas de sustrato con suficiente energía para reaccionar. Caso contrario con la disminución de la velocidad de reacción ya que se debe a la desnaturalización de la enzima (la mayoría de las proteínas globulares se desnaturalizan por encima de 60 - 70°C) » [45].

2. SELECCIÓN DE ENZIMA PROTEOLÍTICA.

Para la selección de la enzima proteolítica se tuvo en cuenta los siguientes pasos recomendados a seguir [45] para elegir la enzima más adecuada a implementar en la hidrólisis con el fin de obtener el producto de interés, como se muestra a continuación:

1. Lo primero consistió en la búsqueda de información respecto a la naturaleza u origen de lo que se desea hidrolizar y la enzima que es útil para degradar este tipo de residuos. Si es almidón se usará una enzima denominada amilasa, por otro lado, si es una proteína se utilizará una enzima proteasa y, por el contrario, si es una molécula de grasa se empleará la enzima lipasa.
2. Para este proyecto lo que se desea degradar es la proteína de la torta de Sacha Inchi, así, se inició desde la necesidad de utilizar una enzima de clase proteasa, donde se consideraron las condiciones de operación de esta como: pH, temperatura, tiempo, actividad específica y el costo, la evaluación de estos parámetros permitió elegir la mejor enzima para producir el chicle biodegradable a partir de torta de Sacha Inchi.

Con base a lo anterior se contemplaron los diversos tipos de enzimas proteasas en grado alimenticio, como se muestra en la figura 8, donde se tuvo en cuenta si el origen de la enzima es de origen animal, vegetal, bacteriano o fúngico, igualmente las condiciones de trabajo de cada una de las enzimas disponibles.

Figura 8.

Proteasas disponibles en el mercado en grado alimenticio.

Tipo de proteasa	Nombre	Fuente	Temp. (°C)	Intervalo de pH	Sitio de acción catalítica
Serinproteasa					
Animal	Tripsina		30-60	7-9	-*Lis (o Arg) ---
	Quimotripsina	Porcino, bovino	45-55	8-9	-*Trp (o Tir, Fe, Leu) ---
	Elastasa			6-8	-*Ala----
Bacteriana	Substilisín. Carlsberg,	<i>Bacillus licheniformis</i>	50-60	6-10	
	Alcalasa				-*AAhf----
	Subst. BPN, Substilisín Novo	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	40-55	6-10	
Cisteinproteasas					
Plantas	Papaína	Papaya	40-75	5-8	-*Fe (o Val, Leu)-
	Bromelaina	Piña	20-65	5-8	AAhf ---
	Ficina	Látex de Ficus		5-8	

Figura 8. (Continuación)

<i>Aspartato proteasas</i>						
Animal	Pepsina	Porcino, bovino		1-4	-Fe (o Tir, Leu)*-Trp (o Fe, Tir)	
	Quimosina	Becerro		4-6		
Fúngica	Aspergillopeptidasa A	<i>Aspergillus saitoi</i>	35-50	2-5	Glu, Asp, Leu *---	
	Newlasa	<i>Rhizopus sp.</i>	40-50	3-6	Similar a la pepsina	
<i>Metalo proteasas</i>						
Animal	Carboxipeptidasa A	Páncreas		7-8	*Carbonilo del AA terminal del péptido, excepto Pro, Arg, Lis	
Bacteriana	Neutrasa®	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	40-55	6-7,5	-Fe, Leu, Val*---	
	Termolisina	<i>B. thermoproteolyticus</i>		7-9	-Ile, Leu, Val, Fe*---	
<i>Preparaciones enzimáticas</i>						
Mezcla de papaína, quimopapaína y lisozima.		Papaína cruda	Fruto de la papaya	5-9	Amplia especificidad	
Mezcla de tripsina, quimiotripsina, elastasa y carboxipeptidasa.		Pancreatina	Páncreas (bovino y porcino)	30-80	7-9	Muy amplia especificidad
Mezcla de serin-, aspartato- y metalo- proteasas.		Veron P, Sumicina LP,				
Mezcla de endo- y exo- proteasas, actividad en pH alcalino y neutro.		Biocina A	<i>Aspergillus oryzae</i>	40-55	4-8	Muy amplia especificidad
		Pronasa	<i>Streptomyces griseus</i>		7-9	Muy amplia especificidad

Nota. La figura representa las diversas enzimas que hay disponibles comercialmente, pero de grado alimenticio. Tomado de: Ricardo Benítez, Albert Ibarz, Jordi Pagan, “Hidrolizados de proteína: procesos y aplicaciones Protein hydrolysates: processes and applications”, [En línea]. Disponible: <https://repositori.udl.cat/bitstream/handle/10459.1/49268/013080.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=El%20grado%20de%20hidr%C3%B3lisis%20es,relaci%C3%B3n%20a%20la%20prote%C3%A0Dna%20original.> [Acceso: dic.08,2021]

Con relación a la figura 8 se realizó una búsqueda de información bibliográfica sobre estudios realizados con estas enzimas y la torta de Sacha Inchi, para ello, se tuvo en cuenta la disponibilidad de información que existe sobre estas enzimas y su empleo en la torta de Sacha Inchi, de igual forma, se optó por elegir una enzima que no fuera de origen animal ya que podría afectar la moral o la ética que tienen ciertas personas con respecto al consumo de alimentos provenientes de animales, por lo que se estudiaron las siguientes enzimas:

2.1 Papaína Cruda.

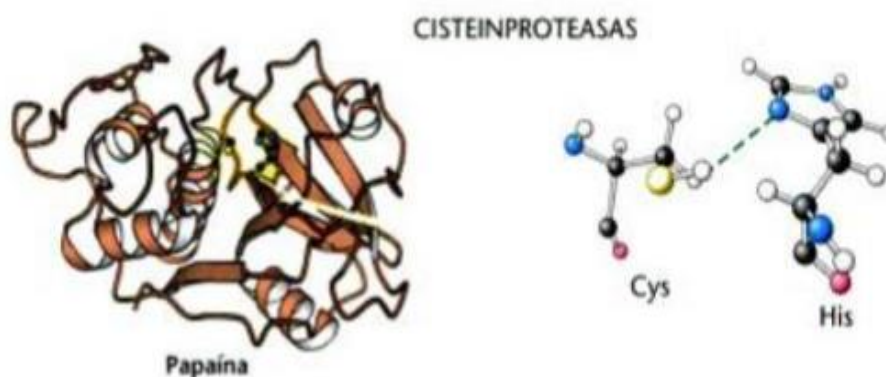
La enzima papaína fue estudiada en el artículo “Characterization of sachá inchi protein hydrolysates produced by crude papain and Calotropis proteases” de S. Rawdkuen, N. Rodz y S. Pinijsuwan. El objetivo de este era caracterizar el concentrado de proteínas de la Sacha Inchi y sus hidrolizados por papaína cruda y proteasas calotropis., por lo tanto, esta enzima se eligió como opción para hidrolizar la torta de Sacha Inchi, ya que en el artículo determinaron las propiedades fisicoquímicas de este concentrado de Sacha Inchi con papaína y proteasa

calotropis, obteniendo así que la papaína cruda tuvo una mayor actividad proteolítica, además que el concentrado de Sacha Inchi hidrolizado con papaína contenía una gran cantidad de aminoácidos esenciales (472 g / kg) mientras que el concentrado de Sacha Inchi hidrolizado con calotropis solo presentó (408 g / kg) de aminoácidos esenciales. Por lo que se decidió estudiar la enzima papaína ya que, como conclusión, lo autores señalaron que esta enzima es una buena opción para hidrolizar la Sacha Inchi debido a que mostró bioactividades afectivas, así como un alto valor nutricional.

La papaína es la más estudiada del complejo enzimático de la papaya verde ya que es ampliamente utilizada tanto en procesos industriales como en la clarificación de la cerveza, ablandamiento de carnes y pretratamiento de seda y lana. Esta enzima puede presentarse en polvo granulado o en hojuelas, dependiendo del tratamiento que se le dé al látex, es parcialmente soluble en agua y es insoluble en compuestos provenientes de cloroformo, éteres y alcoholes. La estructura de la enzima, véase figura 9, se compone de 212 aminoácidos de los cuales, algunos se evidencian en la figura 10; contiene 3 enlaces disulfuro y cuenta con aminoácidos importantes dentro de los cuales se encuentran la Cys25 (Cisteína 25) y His159 (Histidina 159) ya que estos forman parte del sitio activo de la enzima. La papaína es activada principalmente por compuestos tiólicos, como la cisteína y el glutatión [46],[47], [48].

Figura 9.

Estructura enzima papaína y sus centros activos



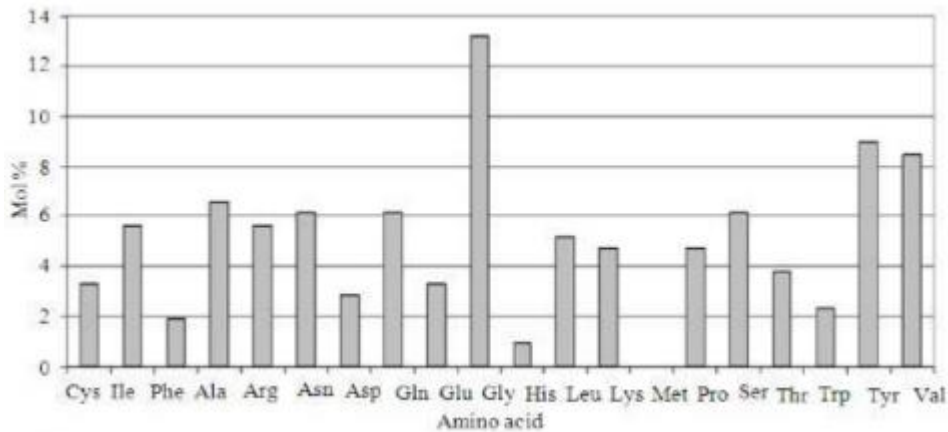
Nota. La figura representa la estructura de la papaína con sus aminoácidos que hacen parte del sitio activo de la enzima. Tomado de: Jeremy Mark, “Bioquímica”. [En línea].

Disponible:

<https://books.google.com.ec/books?id=HRr4MNH2YssC&pg=PA252&lpg=#v=onepage&q&f=false>. [Acceso: dic.08,2021]

Figura 10.

Distribución porcentual molar de los aminoácidos que componen la papaína



Nota. La figura representa los aminoácidos que componen la enzima papaína. Tomado de: Fabricio Ramírez, “La papaína y su potencial como producto de valor agregado en Costa Rica”. [En línea]. Disponible: https://www.researchgate.net/publication/332738556-La_papaina_y_su_potencial_como_producto_de_valor_agregado_en_Costa_Rica. [Acceso: dic.08,2021]

La enzima papaína se clasifica como una cisteína proteasa debido a los aminoácidos presentes en el sitio activo mencionados anteriormente. La interacción entre la papaína y el que será el sustrato se da en la parte superficial de la enzima y consiste en:

1. «El átomo de azufre de la cisteína hace un ataque nucleofílico al carbonilo de la proteína sustrato dejando el oxígeno con carga negativa.
2. El hidrógeno ácido del anillo de imidazol de la histidina protona el nitrógeno del sustrato rompiendo el enlace amida.
3. La carga negativa del oxígeno del péptido vuelve a formar un doble enlace con el carbono, este doble enlace es atacado por una molécula de agua, liberando el azufre del residuo de cisteína.»[47]

A continuación, se presentan las propiedades de la papaína cruda y su costo:

- ❖ **Temperatura óptima:** La temperatura óptima de la papaína cruda es de 65°C [49]. En cuanto a las temperaturas en que se desnaturaliza: la mínima es de -13°C y la máxima es de 85°C [50].

- ❖ **pH óptimo:** El pH de la enzima es un factor de vital importancia controlar durante el proceso, es por esto que estas enzimas casi siempre están entre un pH óptimo de 5-7 ya que a valores inferiores a 2,8 o superiores a 8, la enzima suele desnaturalizarse, en estas condiciones se produce inactivación rápida e irreversible [49], [51].

- ❖ **Actividad específica (enzimática):** La actividad de la enzima proteolítica es usada para medir la concentración de las enzimas durante una actividad específica, con el fin de obtener la pureza o la calidad de la enzima. Las diferentes actividades específicas de las enzimas pueden deberse a la pureza y los procesos de preparación. Existe una variedad de actividades proteolíticas en las que se comercializa la papaína, en el caso de la enzima papaína, esta es comercializada por Merck donde tiene una actividad específica de 3 U/mg [52], igualmente esta varía dependiendo del proveedor.

- ❖ **Punto Isoeléctrico:** El punto isoelectrico de la papaína es de 8.8 lo que indica que en este punto no va a ser soluble y generara precipitados [53].

- ❖ **Aspectos importantes a tener en cuenta:** Existen diversos aspectos importantes que se consideran a la hora de prevenir la pérdida en la actividad enzimática de la papaína como: exposición prolongada al aire (semanas), exposición al sol (horas), cambios de pH, crecimiento microbiano, calentamiento por encima de 70°C (minutos), contacto con metales pesados como hierro, zinc y mercurio [51].

- ❖ **Costo de la Papaína Cruda:** Se observó que de acuerdo con la actividad específica del enzima así mismo iba variando el precio, adicionalmente dependiendo de su origen también se refleja del precio, en la tabla 8 donde se encuentran las diferentes cotizaciones de la papaína:

Tabla 8.*Precio de la enzima Papaína*

Proveedor	Precio
IVF de Colombia SAS	\$135,000/Kg +IVA
Enmex	59.37 USD/Kg
	50 mg 73.29 USD de carga papaya con actividad específica (≥ 10 U/mg protein)
Merck	25 g 57.88 USD de papaya latex con actividad específica (1.5-10 units/mg solid)

Nota. La tabla presenta información sobre los diferentes precios de la enzima Papaína ofrecida por ciertos proveedores en Colombia.

Otro factor importante para considerar a la hora de trabajar con enzimas corresponde al tiempo, es recomendable no exponer la enzima a temperaturas altas por un tiempo superior a los 5 minutos. Adicional a esto, también se tiene en cuenta la vida útil de esta ya que es algo corto (puede conservar su actividad enzimática por un periodo de 6 a 12 meses si se mantiene refrigerada); por lo tanto, se debe almacenar en un ambiente seco y frío [51].

2.2 Neutrasa

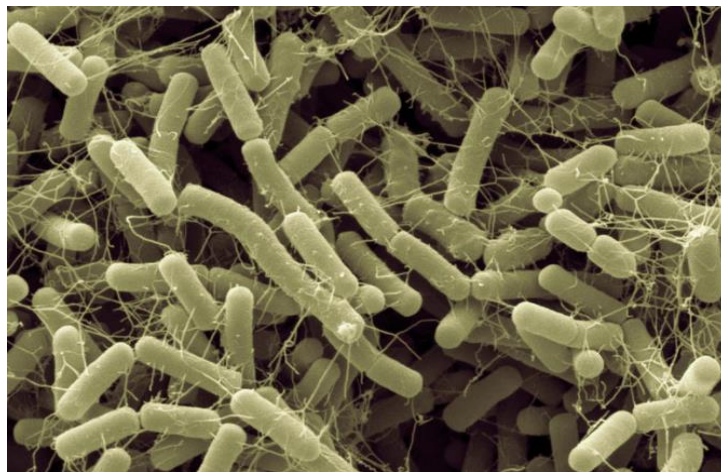
La enzima neutrasa se eligió como otra posible opción ya que se implementó en la tesis de grado “Hidrolisis enzimática del sustrato obtenido de la torta de Sacha Inchi (*Plukenetia Volubilis* Linneo) para mejorar la calidad proteica” de Quispe Quispe Liz Yaneth y Rojas Villanueva Marcos, en donde el objetivo principal fue evaluar la hidrolisis enzimática del sustrato obtenido de la torta de Sacha Inchi utilizando la enzima neutrasa para mejorar la calidad proteica [6], el resultado fue positivo ya que gracias a la neutrasa se logró una buena hidrolisis en el aislado proteico aumentando la contratación de la proteína de la torta de Sacha Inchi a 76.90 %.

La enzima neutrasa es una endoproteasa, perteneciente a la familia de las metaloproteasas, es una proteasa bacteriana la cual es producida por la cepa *Bacillus amyloliquefaciens* representada en la figura 11. Los componentes activos de la neutrasa son fácilmente solubles en agua, y los que están en el sitio activo son los aminoácidos Glu (ácido

glutámico) y Try (tirosina), así mismo, existen cofactores característicos de esta como lo son el Zn^{2+} y Ca^{2+} , esta clase de enzima rompe los enlaces peptídicos por acción de una molécula de agua la cual es activada por iones metálicos bivalentes como el zinc, cobalto, manganeso y níquel que sirven como nucleófilo en la catálisis y también se coordina con el ion metálico como cuarto ligando. Este ion metálico catalítico generalmente está coordinado por tres ligandos de cadena lateral de aminoácidos como lo son: His (histidina), Asp (ácido aspártico), Glu (ácido glutámico) o Lys (lisina) [54].

Figura 11.

Bacillus amyloliquefaciens



Nota. La figura representa la cepa de *Bacillus amyloliquefaciens*. Tomado de: Fineartamerica, “*Bacillus Amyloliquefaciens Photographs*”. [En línea]. Disponible: <https://fineartamerica.com/featured/1-bacillus-amyloliquefaciens-sem-scimat.html>. [Acceso: dic.08,2021]

A continuación, se presentan las propiedades de la neutrasa y su costo:

- ❖ **Temperatura óptima:** La temperatura óptima a trabajar con la enzima neutrasa se encuentra entre un rango de 45-55°C y la temperatura óptima para inactivar esta enzima sin desnaturalizarla es de 85°C durante 2 minutos [6].
- ❖ **pH óptimo:** El pH óptimo para esta enzima está entre 6-7.5 [6].
- ❖ **Actividad específica (enzimática):** Según el folleto de biocatálisis “Proteases for

biocatalysis”, la actividad específica de la neutrasa es de 0,8 U/g, aunque esta varía dependiendo del proveedor.

- ❖ **Punto Isoeléctrico:** El punto isoeléctrico de la neutrasa es de 8.5 lo que indica que a este punto la enzima no es soluble y se precipita [53].
- ❖ **Aspectos importantes a tener en cuenta:** Los componentes activos de la neutrasa son fácilmente solubles en agua en todas las concentraciones que se producen durante el uso normal [6]. Según la hoja de seguridad de la empresa Creative enzymer, este producto pese a que no es peligroso, se tiene que evitar la exposición tan repetida, adicional a esto se debe almacenar en un recipiente bien cerrado que no sobrepase la temperatura de 10°C.
- ❖ **Costo de la Neutrasa:** El costo de esta enzima varía dependiendo de la empresa a la cual se solicita, en la tabla 9, se muestra la información sobre los precios de algunas empresas:

Tabla 9.

Precio de la enzima Neutrasa

PROVEEDOR	PRECIO
Merck	El precio con el proveedor QUIMICA M.G. SAS de Colombia, está a \$1'227.000COP 250 mL y \$437.000 COP 50mL sin contar el precio de importación desde estados unidos
UNIVERSITY OF READING	Solo el precio de la enzima sin contar el costo de envío hasta Colombia este en un precio de €22.80 100 mL

Nota. La tabla presenta información sobre los diferentes precios de la enzima Neutrasa ofrecida por ciertos proveedores en Colombia.

Adicional a esto, se tuvo en cuenta la información del artículo “Enzymatic hydrolysis of rawhide using papain and neutrase” de Siriporn Damrongsakkul, Kongpob Ratanathammapan, Kittinan Komolpis, Wiwut Tanthapanichakoon, en el cual realizaron una hidrólisis de cuero crudo haciendo uso de las enzimas papaína y neutrasa por separado en donde evaluaron los rendimientos de dichas enzimas al hidrolizar la proteína, se hicieron ensayos de: actividad enzimática, hidrolisis enzimática, así como la determinación de fuerza y viscosidad del gel, obteniendo que en la hidrolisis del cuero crudo la actividad enzimática de la papaína fue mucho mayor en comparación a la de la neutrasa, además que la neutrasa no pudo formar

el gel sugiriendo así que, las cadenas de péptidos de la hidrólisis de la papaína eran lo suficientemente largas y podía ocurrir una transición sol-gel de la solución de proteína. Caso contrario con la neutrasa donde se consideró que atacó gravemente a las moléculas de colágeno por lo que las cadenas de péptidos cortas resultantes del hidrolizado de colágeno no pudieron formar gel. En conclusión, la papaína generó una proteína hidrolizada con baja fuerza de gel y viscosidad mientras que la hidrólisis de neutrasa es un hidrolizado de colágeno con viscosidad similar al agua, seguramente, la hidrólisis de papaína del cuero crudo produce fragmentos de proteína más largos que la neutrasa, lo que implica diferentes mecanismos de hidrólisis de papaína y neutrasa [55].

2.3 Análisis de selección se la enzima

Teniendo en cuenta la información ya mencionada en los tres artículos, se evidenció que la enzima papaína es la mejor en el momento de hidrolizar, especialmente cuando interactúa con la torta de Sacha Inchi ya que aporta más beneficios nutricionales, además que se activa gracias al aminoácido denominado cisteína, lo que significa un beneficio para la hidrólisis de la torta de Sacha Inchi, la cual contiene 28 mg de cisteína / 100 g de muestra cómo se evidencia en la tabla 4, lo que puede beneficiar para que la enzima se active mucho más rápido y la hidrólisis pueda ser mayor.

Igualmente, con respecto al punto isoeléctrico se reporta un valor de 8.8 para la papaína, mientras que para la neutrasa se encuentra en 8.5, indicando que no se presentan valores alejados uno del otro, sin embargo, como el punto isoeléctrico de la torta de Sacha Inchi está en 6 [56], significa que lo recomendado es tratar de manejar el pH alejado de este punto isoeléctrico para que la torta de Sacha Inchi aumente la solubilidad en la enzima, por este motivo se evidencia que la enzima papaína en este sentido también es mejor que la neutrasa ya que esta es estable para valores de pH entre 2.8 y 8 y este es más amplio, mientras que el pH de la neutrasa está más cercano al punto isoeléctrico de la torta de Sacha Inchi (6-7.5), indicando que la solubilidad de la torta va hacer mayor con la papaína que con la neutrasa, ya que con esta última no se dará una buena interacción ni solubilización por su rango pH tan cercano al punto isoeléctrico de la torta.

Esto se ve influenciado además con las propiedades óptimas de cada una de las enzimas donde se tiene certeza que la papaína puede aguantar condiciones más extremas de temperatura

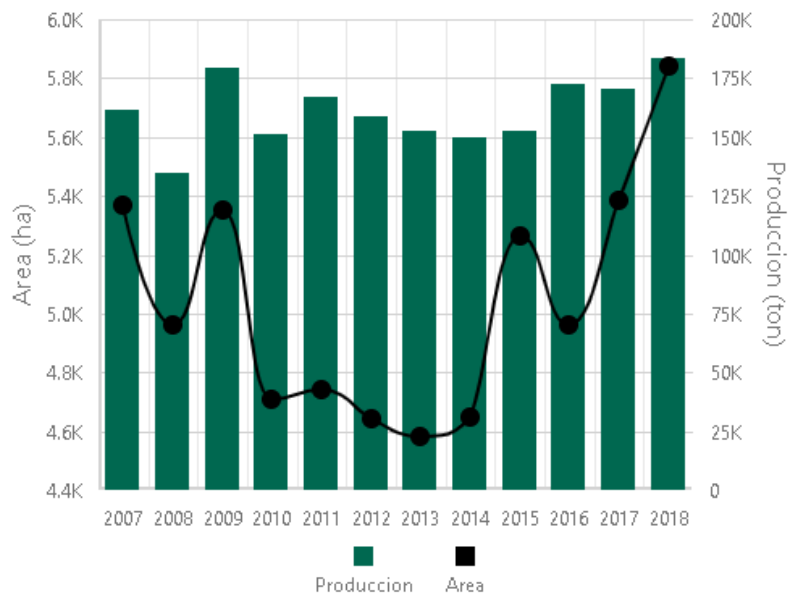
y pH en comparación con la neutrasa, por lo que la papaína es una buena opción ya que no limita el proceso de producción del chicle biodegradable como si lo puede hacer la neutrasa, la cual es más susceptible a desnaturalizarse y generaría cambios en las condiciones del proceso dificultando la obtención del chicle. Adicionalmente, la actividad específica de la papaína es mucho mayor con respecto a la enzima neutrasa por lo que si se utiliza la papaína requiere una menor cantidad de enzima para hidrolizar un sustrato, ocasionando así una menor cantidad de enzima que debe ser eliminada después del tratamiento [45].

Con la información presente en las tablas 8 y 9, el precio de la papaína es mucho más asequible e incluso algunos proveedores optan por donar una muestra no mayor a 20 g, en cambio para la neutrasa se observa un precio más elevado además de que la gran mayoría de proveedores están ubicados fuera de Colombia, ocasionando un valor adicional por los costos del envío, los cuales aumentarían el valor generando así más gastos.

Por todas estas razones ya mencionadas, en este objetivo se elige que la enzima más adecuada para implementar en la producción del chicle biodegradable a partir de la torta de Sacha Inchi es la papaína ya que gracias a los referentes bibliográficos, es la que tiene mejor funcionamiento para la hidrólisis de proteína de la torta de Sacha Inchi, por otro lado, es más económica y posee mayor disponibilidad en Colombia ya que al provenir de la papaya hay un mayor abastecimiento de dicha fruta como se muestra en la figura 12, caso contrario con la neutrasa que al provenir de una cepa de *Bacillus* su disponibilidad puede llegar a ser limitada en Colombia y mucho más costosa.

Figura 12.

Área Cosechada y Producción de la papaya



Nota. La figura representa el área cosechada de la papaya desde el año 2007 hasta el 2008. Tomado de: Agronet. [En línea]. Disponible: <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=1>. [Acceso: dic.08,2021]

3. PARAMETROS DE OPERACIÓN PARA LA PRODUCCIÓN DEL CHICLE BIODEGRADABLE.

3.1 Diseño De Experimentos

Se planteó el diseño de experimentos basándose en la tesis de grado “Desarrollo de un chicle biodegradable inhibidor del *Streptococcus mutans* involucrado en la formación de caries” de Mara Nieto Hernandez, donde se planteó un diseño factorial 2^2 en el que se tienen dos niveles donde se varía el tipo de plastificante y la concentración de la enzima papaína debido a que tanto el plastificante como la enzima participan en la reacción de polimerización la cual es la más importante en el proceso de la elaboración del chicle biodegradable, por esto se tiene que:

- ❖ **Tipo de diseño:** Factorial 2^2
- ❖ **Numero de replicas:** Se hace una réplica por cada ensayo realizado con el fin de evidenciar el margen de error de los resultados obtenidos.
- ❖ **Variables controladas:** El tipo de plastificante y la concentración de enzima.
- ❖ **Variables paramétricas:** Las variables paramétricas son todas aquellas que van a mantener constantes por lo que no van a afectar en nada las variables de respuestas.
- ❖ **Variables de respuesta:** Las variables de respuesta son los ensayos que se van a realizar al chicle biodegradable con para comparar estas propiedades con las de un chicle comercial y así evidenciar que tan alejado está la formulación propuesta de chicle biodegradable con la de uno comercial, los ensayos que se realizarán son: densidad, actividad del agua, análisis de perfil de textura ATP y el % biodegradabilidad. Estos ensayos se realizan ya que se aplican en la caracterización de los alimentos y más en el presente estudio.

Para el análisis estadístico se realizó la prueba de hipótesis para la diferencia de medias ($\mu_1 - \mu_2$), desconociendo las varianzas, ya que esta prueba permitió conocer si hay o no diferencia entre el chicle comercial y las formulaciones propuestas, de acuerdo con las variables

de respuesta establecidas. Igualmente, el diseño de experimentos se resolvió aplicando la distribución t- de Student. Teniendo en cuenta lo anterior, en la tabla 10 se presenta el diseño de experimentos ya mencionado.

Tabla 10.

Diseño de experimentos

Variable	Nivel 1	Nivel 2
Concentración de papaína	0.5%	1%
Plastificante	Propilenglicol	Ácido oleico

Nota. La tabla representa el diseño de experimentos planteado para este proyecto. Adaptado de: Mara Nieto Hernandez “Desarrollo de un chicle biodegradable inhibidor del Streptococcus mutans involucrado en la formación de caries “de [En línea]. Disponible: <http://132.248.9.195/ptd2013/agosto/0699796/0699796.pdf> . [Acceso: dic.08,2021]

3.1.1 Variables controladas

3.1.1. a. *Selección del tipo de plastificantes.* Los dos plastificantes a evaluar fueron el propilenglicol y el ácido oleico, estos se tuvieron en cuenta por el artículo “Comparison of methods to analyze time–intensity curves in a corn zein chewing gum study” de B.A. McGowan, S.-Y. Lee, donde se estudiaba el sabor, la textura y el aroma del chicle a partir de la zeína de maíz comparado con un chicle sintético, estos resultados eran expuestos por nueve panelistas y se realizaba mediante el método time-intensity obteniendo así, que los chicles de zeína de maíz que tenían tanto el propilenglicol como el ácido oleico fueron los que mostraron un mayor potencial para el desarrollo de una alternativa de la goma a base sintética usada actualmente. Por esta razón se eligieron estos plastificantes, donde a continuación se presentan algunas de sus propiedades:

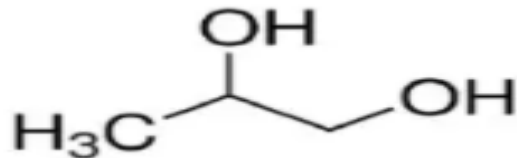
❖ Propilenglicol

El propilenglicol es un líquido incoloro e inodoro el cual a temperatura ambiente es higroscópico y miscible con el agua, acetona y cloroformo, su estructura molecular es $C_3H_8O_2$, debido a la presencia de los grupos hidroxilos que se evidencian en la figura 14, es por esto que el propilenglicol presenta una naturaleza polar que ocasiona que sea miscible en agua y en otros compuestos polares como alcoholes y acetona, también genera que sea

insoluble o poco soluble en compuestos no polares. Además, este se considera un buen solvente en productos naturales y ayuda como agente microbiano beneficiando la preservación de un alimento [57].

Figura 13.

Estructura química del propilenglicol



Nota. La figura representa la estructura química del propilenglicol. Tomado de: Scribid “Propilenglicol Usos y Propiedades” [En línea]. Disponible: <https://es.scribd.com/document/368392761/Propilenglicol-Usos-y-Propiedades-docx> [Acceso: dic.08,2021]

Las propiedades fisicoquímicas del propilenglicol se evidencian en la tabla 11, como se muestra a continuación:

Tabla 11.

Propiedades fisicoquímicas del propilenglicol

Propiedad	Valor	Unidad
Peso Molecular	76.10	g/mol
Temperatura de Ebullición	187.9	°C
Temperatura de Fusión	-60	°C
Densidad	1.036	Kg/m ³

Nota. La tabla muestra las propiedades fisicoquímicas que presenta el propilenglicol. Adaptado de: Scribid “Propilenglicol Usos y Propiedades” [En línea]. Disponible: <https://es.scribd.com/document/368392761/Propilenglicol-Usos-y-Propiedades-docx> [Acceso: dic.08,2021] [Acceso: dic.08,2021]

❖ **Ácido oleico**

Es un ácido graso monoinsaturado, es decir que tiene un solo doble enlace en su estructura química, tal y como se muestra en la figura 15 [58]. Su estructura molecular es

$C_{18}H_{34}O_2$, posee una masa molecular de 282 g/mol y una densidad de 0.895 g/cm³, su punto de ebullición de encuentra entre 220-220°C [59].

Figura 14.

Estructura molecular del ácido oleico



Nota. La figura muestra la estructura molecular del ácido oleico junto con su doble enlace y su insaturación de tipo cis. Tomado de: EcuRed. “Ácido oleico”. [En línea]. Disponible en: https://www.ecured.cu/%C3%81cido_oleico [Acceso: dic.08, 2021]

Debido a su insaturación de tipo cis, hace que la molécula sea angulada, lo cual genera puntos de fusión más bajos comparado con los saturados. Por otro lado, a razón de su doble enlace puede autooxidarse con el oxígeno del aire, esta reacción espontánea provoca en conjunto un fenómeno llamado enranciamiento, lo cual resulta en compuestos de olor desagradable [60], y a su vez este tiende a tornarse de un color amarillo a café al estar en contacto con el aire [58].

Por otro lado, en cuanto a la polaridad, los ácidos grasos poseen una cadena hidrocarbonada la cual es apolar, entre más larga sea y menos cantidad de dobles enlaces posea, así mismo va a tener menor solubilidad en agua, mientras que por otra parte el grupo carboxilo es polar, estas dos características provocan que los ácidos grasos sean moléculas anfipáticas, las cuales pueden formar micelas en el medio acuoso [61]. Debido a esto, el ácido oleico se considera insoluble en agua, pero soluble en benceno, alcohol, éter y otros disolventes orgánicos [58].

Este tipo de plastificante ha sido empleado en el artículo [62], allí se evalúa como plastificante de una goma a partir de zeína de maíz, y se obtiene una textura más deseable, adicional a esto los autores muestran que este fue el plastificante con mayor eficacia debido a

que contiene una característica hidrófoba al igual que la zeína, lo cual permitió unirse a la proteína e inducir flexibilidad [62].

3.1.1. b. *Concentración de la enzima.* La concentración de la enzima es un parámetro influyente en la reacción de polimerización y en los resultados de las variables de respuestas del diseño, por tal motivo se eligió evaluar la concentración de la enzima inicialmente a 0.5% ya que según la conclusión de la tesis de grado “Desarrollo de un chicle biodegradable inhibidor del *Streptococcus mutans* involucrado en la formación de caries” de Mara Nieto Hernandez, el chicle que tenía 0.4% de enzima papaína presentó los mejores resultados tanto en propiedades texturales como físicas semejante a la del chicle comercial, evidenciando mejores resultados cuando se utiliza una concentración de enzima mayor, de esta forma, en el presente estudio se decidió aumentar la concentración de la enzima a 0.5 % y adicional a esto, también se evaluó el diseño de experimentos para una concentración de enzima del 1%.

De igual forma, esta decisión en las concentraciones de la enzima se vio influenciada por el artículo “Effect of different papain concentrations on the properties of chicken skin protein hydrolysates” de Ni Made Puspawati¹, Sri Wahjuni, Ni Kadek Inda Kusmaning Ayu, Ahmad Fudholi, donde se estudió el efecto de diferentes concentraciones de la enzima papaína (3%, 4% y 5%) sobre el grado de hidrolisis del hidrolizado de la proteína de la piel de pollo donde se obtuvo que el grado de hidrolisis incrementa con al aumento de la concentración de la enzima papaína ya que una alta concentración de la enzima en el sustrato puede aumentar la velocidad de reacción de hidrolisis generando que más enlaces peptídicos den un mayor resultado de producción de proteína disuelta, así pues, los autores concluyeron que la concentración óptima de enzima es del 4% debido a que posee un grado de hidrolisis del 61.68% y el mejor resultado en las demás propiedades evaluadas durante su investigación.

Debido a este artículo y a la tesis de grado mencionada anteriormente, se tomó la decisión de que las concentraciones óptimas a evaluar fueran de 0.5% y 1% ya que con una mayor concentración desde 0.4% evaluadas en la tesis de Mara Nieto se benefician las propiedades del chicle, además que una concentración alta de enzima ayuda a mejorar el grado de hidrolisis generando más interacción entre la enzima y el sustrato, igualmente no se aumentó a concentración de enzima más del 1%, ya que pese a que el artículo de la proteína de piel de pollo ayuda a tener criterio sobre esta decisión, no se tomó el riesgo de usar una concentración de más del 1% porque la torta de Sacha Inchi y la piel de pollo no son similares así que no se

tiene certeza si al hidrolizar la torta de Sacha Inchi con una concentración del 4% o mayor como se hizo en el artículo, se va a tener los mismos resultados o simplemente puede que el sustrato se sature llegando al punto de que no se logre dar la hidrolisis de forma adecuada, además de que no se dispone de más antecedentes sobre el comportamiento de la enzima papaína y el sustrato a diferentes concentraciones y por otra parte, no se pueden realizar más ensayos variando la concentración de la enzima proteolítica para ser más conscientes del comportamiento entre la enzima y el sustrato ya que no se cuenta con el presupuesto suficiente para obtener toda la materia prima necesaria y realizar diversos ensayos sobre la determinación del grado de hidrolisis. Por tal motivo al tomar en cuenta solo esas dos concentraciones de enzima no se tendrán en cuenta la interacción de la enzima y el sustrato en las variables de respuesta.

3.1.2 Variables paramétricas

Las variables paramétricas para el caso de la formulación del chicle serán todos los ingredientes o compuestos que van a mantener su concentración constante por lo que no van a afectar el resultado de las variables de respuesta, estas variables paramétricas se obtuvieron de la formulación planteada en la tesis de grado “Desarrollo de un chicle biodegradable inhibidor del *Streptococcus mutans* involucrado en la formación de caries” de Mara Nieto Hernandez, adicional a esta tesis de grado y del Codex STAN 192-1995 se estableció cada una de las concentraciones de los compuestos asegurando que no fueran a incumplir alguna norma o decreto en cuanto se refiere a aditivos y estuviese dentro del rango propuesto, dichas variables paramétricas junto a su respectiva concentración se reflejan en la tabla 12.

Tabla 12.

Variables paramétricas

INGREDIENTE	Concentración propuesta
Solución acuosa Etanol al 70% P/P	36.2
Torta de sachá Inchi	13
Gelatina hidrolizada	13
Maltodextrina	5
Glucosa	10
Stevia	0.35
Ácido cítrico	2

Tabla 12. (Continuación)

INGREDIENTE	Concentración propuesta
Colorante	0.1
Saborizante	0.15

Nota. La tabla representa las variables paramétricas para el diseño de experimentos propuesto. Adaptado de [3], [63].

La concentración de la solución acuosa de etanol al 70% p/p representa el vehículo por lo cual este ingrediente se vio afectado cuando se varió la concentración de la enzima lo que indicó que no siempre está con un valor constante, sino que cambió con la variación del porcentaje de la enzima (0.5% y 1%) completando así el 100 % total de la suma de todos los ingredientes presentes en la formulación.

En el caso de la concentración de la torta de Sacha Inchi, se tomó la decisión de elegir el 13% para todos los ensayos basándose en la tesis de grado “Desarrollo de un chicle biodegradable inhibidor del *Streptococcus mutans* involucrado en la formación de caries” de Mara Nieto Hernandez, donde se trabajó con zeína de maíz y se recomienda que la concentración de esta fracción proteica debe ser menor al 26.5%, dicha concentración de proteína representa la suma entre la zeína y el etanol al 70%, teniendo así un 13% de zeína y el 13.5% es la concentración del etanol al 70% faltante para completar una suma del 100% entre las concentraciones de todos los ingredientes de la formulación del chicle.

3.1.3 Variables de respuesta

Para la evaluación de las variables de respuestas, fueron basadas en la tesis de grado “Desarrollo de un chicle biodegradable inhibidor del *Streptococcus mutans* involucrado en la formación de caries” de Mara Nieto Hernandez, y las variables de control de un proceso industrial de chicle, tal y como se explican en el numeral (1.2.3), con el fin de evidenciar qué tanto se parecen las propiedades de las formulaciones propuestas con respecto a las de un chicle comercial, por lo que se le realizan los mismos ensayos que las formulaciones propuestas al chicle comercial, para así tener el comparativo, y así mismo solucionar el diseño de experimentos postulando dos hipótesis:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$$

En donde H_0 , se refiere a la hipótesis nula, la cual va a indicar que entre la formulación de chicle propuesta y el chicle comercial no se obtiene ninguna diferencia significativamente estadística con respecto a la propiedad que se esté evaluando mientras que H_1 indica lo contrario.

Los ensayos o las variables de respuesta que harán posible la realización de este análisis comparativo son las siguientes:

- ❖ **Densidad:** La densidad es una propiedad básica y general implementada en la caracterización de los alimentos.
- ❖ **Análisis ATP:** El análisis de perfil de textura ayuda a conocer los parámetros mecánicos que son significativos dentro de la caracterización de los alimentos, ya que reflejan propiedades como durabilidad, tensión entre otras, pero para este caso solo se determinan las propiedades de **Dureza** y **% Alargamiento** [3].
- ❖ **Actividad del agua:** Esta propiedad va a permitir conocer la fracción del agua que está contenida en los alimentos, representando así el grado de interacción del agua con el resto de los ingredientes, esta medición de actividad del agua también es comúnmente un predicción de la estabilidad fisicoquímica y microbiológica dando así una aproximación de la vida útil de los alimentos [3].
- ❖ **% Biodegradabilidad:** Esta variable será una de las más importantes ya que permitirá saber si las formulaciones propuestas del chicle se demoran en degradar menos tiempo en comparación con el chicle comercial y así cumplir con el objetivo general del proyecto que es la obtención de un chicle biodegradable.

3.2 Formulación del chicle biodegradable a base de torta de Sacha Inchi

3.2.1 Solvente

El solvente en la formulación tiene la finalidad principal de disolver los componentes implícitos en la polimerización, es decir, la proteína, la enzima y el plastificante, por lo que debido que la torta de Sacha Inchi es el componente de mayor proporción en la formula y adicionalmente es la base de la polimerización, se elige el solvente a partir de la solubilidad de este en la torta de Sacha Inchi.

Partiendo de lo anterior, si la mayor parte de los aminoácidos son polares se diría que las proteínas son más solubles en agua y viceversa. La solubilidad de las proteínas se ve afectada por el pH del medio, para valores de pH y pI cercanos la solubilidad será mínima, esto debido a que la ausencia de cargas favorece la interacción entre los grupos apolares de las diferentes moléculas de proteínas. A su vez, la solubilidad se ve afectada por la concentración salina del medio, debido a esto las proteínas son más solubles en disoluciones salinas diluidas [64].

De acuerdo con los anterior, se elige la solución de etanol al 70% como solvente debido a que según [65] aproximadamente el 90% de las proteínas presentes en la torta de Sacha Inchi son solubles en solventes acuosos, las fracciones solubles en mayor proporción en proteínas acuosas según [66] son las albuminas, glutelinas y prolaminas. Dentro de los solventes propuestos por [66] para la torta de Sacha Inchi están: agua, cloruro de sodio (NaCl), tris-HCl, fosfato de sodio (Na₃PO₄), tampón salino de borato, dodecilsulfato sódico (NaC₁₂H₂₅SO₄), ácido acético (CH₃COOH), bicarbonato de sodio (NaHCO₃), sulfato de sodio (Na₂SO₄) y solución de Etanol 70% (v/v) (C₂H₆O).

A partir de esto se analizó que el agua a pesar de que sería el solvente ideal no se consideró como una buena opción ya que según el estudio realizado por [67], la solubilidad de la torta de Sacha Inchi es muy baja, aproximadamente del 7.96%, por lo que se analiza que el único tipo de proteínas que se lograría disolver serían las albuminas [68].

A partir de esto se procedió a evaluar los otros solventes, para ello se determinó el pH de cada uno de los solventes recopilados en la tabla 13, como se muestra a continuación:

Tabla 13.

pH de solventes seleccionados

Solventes	pH
Cloruro de sodio (NaCl)	7
Tris-HCl	8.8
Fosfato de sodio (Na₃PO₄)	12
Etanol 70% (C₂H₆O)	4-6
Tampón salino de borato	9.99-10.01
Dodecilsulfato sódico (NaC₁₂H₂₅SO₄)	9.1
Ácido acético (CH₃COOH)	2.4
Bicarbonato de sodio (NaHCO₃)	8.3
Sulfato de sodio (Na₂SO₄)	4-6

Nota. La tabla muestra los pH de las sustancias a estudiar como solventes, la información fue tomado de: pH de NaCl [69], pH de tris-HCl [70], pH de Na₃PO₄ [71], pH de C₂H₆O [72], pH de tampón salino de borato [73], pH de dodecilsulfato sódico [74], pH de CH₃COOH [75], pH de NaHCO₃ [76], pH de Na₂SO₄ [77].

De acuerdo con esto, y teniendo en cuenta que el punto isoeléctrico de la torta de Sacha Inchi es de 6 [56], se analiza que de los solventes seleccionados, la proteína de torta de Sacha Inchi tendrá una mayor solubilidad en pH lejanos de 6 puesto que se estima que la solubilidad más baja será en un rango de pH de 5 a 7, debido a esto los solventes evaluados se adaptarían a dicho parámetro, sin embargo, se analizó que el cloruro de sodio al estar más cerca del rango de pH no tendría tanta solubilidad con la torta de Sacha Inchi, pero, esto se contrarresta con la propiedad que tienen las proteínas de solubilizarse mejor en medios salinos [64].

Por otro lado, debido a que la idea es eliminar en su defecto este solvente en alguna fase de la elaboración del chicle, las temperaturas de ebullición de las sales contempladas por [66] no serían viables debido a que sus puntos de ebullición son muy elevados, por encima de los 200°C, lo cual incurre en mayores gastos energéticos; en el caso del bicarbonato de sodio, este se descompone a los 50°C [78] un factor no deseado ya que la temperatura óptima de la papaína cruda es de 65°C, por otra parte, en el caso del ácido bórico es de 300°C [79], del ácido

acético es de 118° C [80] y para el etanol es de 79°C [81], de esta manera, si bien las sales se encuentran en muchos alimentos, para poder mitigar el sabor salado del chicle se tendría que agregar otro ingrediente para poder mitigar este sabor o adicionar más cantidad de algún ingrediente presente en la formulación, lo cual incurre en mayores costos de materia prima.

3.2.2 *Formulación propuesta*

Se realizó la propuesta de seis formulaciones del chicle biodegradable teniendo en cuenta las variables controladas y paramétricas del diseño de experimentos, de estos seis ensayos, dos fueron dos pruebas (A0 y B0) las cuales se realizaron sin ningún tipo de plastificante, solamente se varió la concentración de enzima papaína con el fin de observar la importancia que tiene la presencia en el plastificante dentro del chicle en lo que corresponde a la textura sensorial de este, para estos dos ensayos no se realizaron réplicas ya que solo se quiso evidenciar el resultado comparativo entre estas dos formulaciones y el chicle comercial netamente de forma visual y sensorial. A los otros cuatro ensayos (A, B, C y D) sí se le adicionó el plastificante, para el ensayo A y C se utilizó el plastificante (ácido oleico) pero se varió la concentración de enzima, para A de 1% y C de 0.5%, en lo que corresponde a los ensayos B y D, se utilizó el plastificante (propilenglicol) y se varió la concentración de enzima para B de 1% y D de 0.5% como se observa en la tabla 14.

Tabla 14.

Formulaciones propuestas para el chicle biodegradable

FASE	INGREDIENTES	Función	A0%	B0%	A%	B%	C%	D%
1	Etanol al 70%	Diluir la torta de Sacha Inchi	55.4	55.9	27.9	27.9	28.4	28.4
1	Torta de sachá Inchi	Fuente de proteína	13	13	13	13	13	13
2	Enzima papaína	Enzima proteolítica	1	0.5	1	1	0.5	0.5
2	Ácido oleico	Plastificante 1	-	-	27.5	-	27.5	-
2	Propilenglicol	Plastificante 2	-	-	-	27.5	-	27.5
3	Gelatina hidrolizada	Mejorador de consistencia	13	13	13	13	13	13
3	Maltodextrina	Potenciador de sabor	5	5	5	5	5	5
4	Glucosa	Mejorador de consistencia	10	10	10	10	10	10

Tabla 14. (Continuación)

4	Stevia	Edulcorante	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
5	Ácido cítrico	Preservante orgánico	2	2	2	2	2	2
7	Colorante	Colorante	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
7	Saborizante	Saborizante	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15

Nota. La tabla representa cada una de las concentraciones de los ingredientes para cada ensayo. Adaptado de [3], [63]

La torta de Sacha Inchi utilizada en la elaboración del chicle biodegradable, se compró hidrolizada para garantizar que sea de consumo humano, lo cual evita intolerancia o algún tipo de problema digestivo para el consumidor en dado caso de por error u otra circunstancia este producto sea consumido, ya que puede contener oligosacáridos como rafinosa y arabinosa que generan menos digestibilidad y solubilidad de las proteínas [12].

Por otro lado, con el fin de conocer las propiedades con las que cuenta la torta de Sacha Inchi a utilizar, se realizó la prueba de ceniza, como se evidencia en el ANEXO 2 donde la metodología para este procedimiento se obtuvo de la tesis “Aislamiento de la proteína a partir de la torta de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* linneo)” [43]. Se obtuvo un porcentaje de ceniza de 3.51 %, inferior al obtenido por [21]. Lo que reafirma lo expuesto en el capítulo 1.1, el contenido nutricional es diferente dependiendo del lugar en el que se cultive este fruto.

Con respecto a la obtención de la enzima, el proveedor IVF de Colombia SAS optó por donar 20 gramos de la enzima papaína lo que evitó un gasto monetario para la investigación, además que esta materia prima está vigente con respecto a su lote de producción como se refleja en su certificado de análisis reflejado en el Anexo 1, en donde se encuentra la fecha de vencimiento y las propiedades características a la enzima entregada.

Adicional a los ingredientes de la tabla 14, se adiciona cierta cantidad no cuantificada de azúcar glas la cual se usa únicamente para poder amasar más fácil el chicle biodegradable y darle la forma deseada ya que los chicles se realizaron de forma manual.

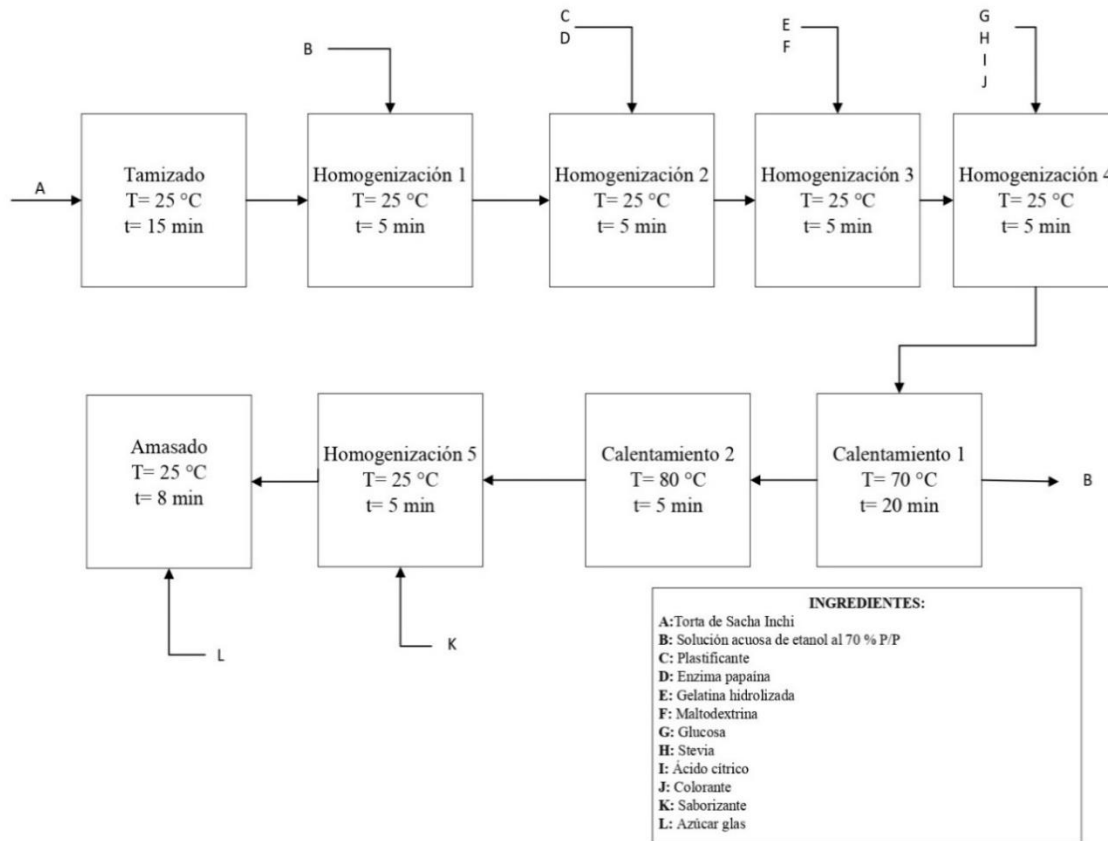
3.3 Producción del chicle biodegradable a base de torta de Sacha Inchi.

Para el procedimiento de producción del chicle biodegradable, se adaptó la metodología implementada en la tesis de grado “Desarrollo de un chicle biodegradable inhibidor del *Streptococcus mutans* involucrado en la formación de caries” de Mara Nieto Hernandez, sin embargo, dado que no se dispuso de un laboratorio para realizar este chicle, se realizó la experimentación desde casa de forma manual sin tener en cuenta las velocidades de agitación para cada homogenización presente en la figura 16, igualmente se intentó mantener la agitación aplicada manualmente para la homogenización lo más controlada y constante posible. Así pues, si el chicle se hubiera desarrollado en un laboratorio, inicialmente se tendría en cuenta aplicar una agitación de 120 rpm para cada etapa de homogenización presente en el proceso como lo planteó Mara Nieto.

Con respecto a las condiciones de temperatura y tiempo que dura cada operación se tomó el dato de la autora Mara Nieto, donde indicó que para los procesos de homogenización se realizaron a temperatura ambiente durante 5 minutos, mientras que para el calentamiento 1 se operó a 70°C durante 20 minutos ya que bajo estas condiciones según lo reportado por la autora, se efectuó la reacción de polimerización sin desnaturizar la enzima, en el caso del calentamiento 2 las condiciones se establecieron dependiendo de las condiciones en que la enzima se desnaturiza, según la autora, las condiciones para desnaturizar la enzima papaína fueron a 80° C durante 5 minutos, el tamizado se hizo con ayuda de un colador a temperatura ambiente y para tamizar 50 g de torta de Sacha Inchi se estimó un tiempo de 15 minutos, finalmente el amasado fue realizado a temperatura ambiente durante un tiempo de 8 minutos hasta que se obtuvo la forma deseada del chicle.

Figura 15.

Diagrama de bloques (BFD) chicle biodegradable a partir de la torta de Sacha Inchi



Nota. La figura muestra paso por paso para realizar el chicle biodegradable a partir de la torta de Sacha Inchi y las condiciones de operación que aplican para este proceso. Adaptado de: Mara Nieto Hernandez “Desarrollo de un chicle biodegradable inhibidor del Streptococcus mutans involucrado en la formación de caries “[En línea]. Disponible: <http://132.248.9.195/ptd2013/agosto/0699796/0699796.pdf> [Acceso: dic.08,2021]

Cada operación que se realizó en la figura 15 tiene su respectivo propósito como lo planteó la autora Mara Nieto, cada etapa se explica a continuación:

❖ **Tamizado:** Esta operación se realizó para reducir el tamaño de partícula de la torta de Sacha Inchi a tal punto que no genere ningún grumo en el chicle y se homogenice completamente en el etanol.

❖ **Homogenización 1:** La primera homogenización del proceso se realizó con el fin de solubilizar la torta de Sacha Inchi en una solución acuosa de etanol al 70 % P/P obteniendo una mezcla más homogénea la cual facilitó la incorporación de los demás ingredientes y no se

generó ningún tipo de grumo o sedimento que implique algún problema en la producción del chicle.

❖ **Homogenización 2:** En esta etapa del proceso, se buscó obtener una nueva mezcla adicionando la enzima proteolítica y el plastificante.

❖ **Homogenización 3:** En esta etapa, la mezcla anterior empezó a ganar viscosidad debido a la incorporación de la gelatina hidrolizada y el potenciado de sabor, además que se generó visualmente una gelatinización.

❖ **Homogenización 4:** Se incorporo la glucosa la cual ayudo ligeramente a que el chicle gane más viscosidad y se añadió la stevia la cual dio algo de dulzor. Luego se adiciono el colorante con el fin de que se incorporara totalmente en la mezcla y así se evitó que al momento en que se enfriara fuera más complicado que este se disolviera por todo el chicle y finalmente, se adiciono el ácido cítrico el cual ayudo a preservar el chicle el cual ayudo a reducir la pronta aparición de microorganismos no deseados en este chicle.

❖ **Calentamiento 1:** Este calentamiento se realizó con el fin de activar la enzima proteolítica e iniciar la reacción de polimerización obteniendo así un fluido viscoelástico y a su vez dando origen a lo que se conoce como goma base. También se evaporó la mayor cantidad de solución acuosa de etanol al 70% P/P presente en la mezcla.

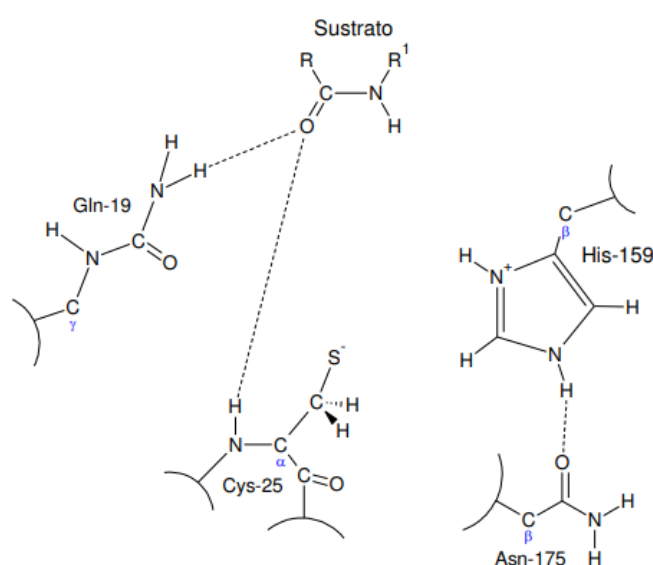
La reacción de polimerización se da gracias a la enzima papaína y el plastificante ya que la enzima hidroliza la proteína de la torta de Sacha Inchi generando monómeros los cuales serán unidos mediante enlaces de Van der Waals gracias estas interacciones se explican mejor a continuación:

1. Como se mencionó en el capítulo de la selección de la enzima, la temperatura optima de la papaína es de 65°C por lo que cuando se aumentó a 70° C provoco una mayor velocidad de reacción lo que hizo que esta enzima actuara, rompiendo los enlaces peptídicos que unían la cisteína contenida en la torta de Sacha Inchi ya que esta enzima se activa, esta activación se generó por el sitio activo de la papaína el cual se compone de dos aminoácidos: histidina 159 y cisteína 25 la geometría de este sitio activo de observa en la figura 16y el mecanismo de hidrolisis se basa en una deprotonación del sulhidrido de la

cisteína por parte del anillo de imidazol de la histidina. El átomo de azufre hizo un ataque nucleofílico al carbonilo de la proteína sustrato (torta de Sacha Inchi) dejando el oxígeno con carga negativa, el hidrógeno ácido del anillo de imidazol protona el nitrógeno del sustrato rompiendo el enlace peptídico que unen a la cisteína contenida en la torta de Sacha Inchi para que si la enzima papaína se pueda unir al aminoácido mediante puentes disulfuro ya que la papaína es activada gracias a la cisteína contenida en la torta de Sacha Inchi [3], [47].

Figura 16.

Geometría del sitio activo de la papaína



Nota. La figura hace referencia a la geometría del sitio activo de la papaína donde se encuentra la cisteína 25 y la histidina 159. Tomado de: Agustín Ángel Rodríguez Llegado “Inmovilización enzimática de papaína en soporte esférico de quitosano y determinación comparativa de su actividad enzimática sobre la caseína “[En línea]. Disponible: https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/10824/Rodriguez_lls.pdf?sequence=1&isAllowed=y. [Acceso: dic.09,2021]

2. Para que se diera esta reacción se tuvo que desnaturalizar la proteína (torta de Sacha inchi), las proteínas de la torta de Sacha Inchi se desnaturalizan a temperaturas superiores de 50°C [43] por lo que se aumentó la temperatura a 70°C desnaturalizando la enzima alterando su estructura, luego el plastificante interviene en la reacción logrando cambiar la polaridad del

medio e introduciendo fuerzas de Van der Waals para unir los monómeros mediante estos enlaces y generar el polímero [3].

Esta reacción es el motivo por el cual los primeros ingredientes en adicionarse son la torta de Sacha Inchi, la enzima papaína y el propilenglicol, además que según la autora Mara Nieto la enzima es la que se encarga de activar esta reacción por lo que si se adiciona la enzima sola y se hace la hidrolisis con la temperatura no se dará la reacción de polimerización ya que no se lograría esa interacción entre la enzima y el plastificantes, es por esto que se recomienda agregar los ingredientes como en la figura 15.

- ❖ **Calentamiento 2:** Luego de que se dio la reacción de polimerización y se generó la goma base, se realizó un segundo calentamiento el cual tiene como fin desnaturalizar la enzima para evitar que siga reaccionando.
- ❖ **Homogenización 5:** En este mezclado final el chicle ya estaba a temperatura ambiente y tenía aun fluidez para poder facilitar la adición del saborizante que dará ese sabor característico del chicle deseado.
- ❖ **Amasado:** Esta es la etapa final del proceso en la cual se le dio la forma deseada al chicle con ayuda de azúcar glas que dio un poco más de dulzor y evito que el chicle se pegue en la superficie y en las manos de la persona que lo manipula. Adicionalmente se dejó reposar el chicle a temperatura ambiente para que se vuelva un poco más fuerte y resistente.

3.4 Análisis de resultados de la producción del chicle biodegradable.

Al realizar el chicle biodegradable , se observó que para los ensayos A0% y B0% (los cuales no contenían ningún tipo de plastificante) no se obtuvo la textura deseada compara sensorialmente con la de un chicle comercial ya que ocasiono que el chicle sea más difícil de manipular generando la formación de un chicle totalmente rígido y duro para estirar por lo que se fracturó cuando se le ejerció determinada fuerza, por lo tanto sin importar que tanta concentración de enzima tenga el chicle, sin la ayuda del plastificante no se no se pudo obtener ningún tipo de textura elástica.

Esto está relacionado con la interacción entre la enzima y el plastificante ya que no existe la reacción de polimerización la cual ayudara a generar la goma base simplemente solo se realiza una hidrolisis enzimática con una desnaturalización de las proteínas de la torta de Sacha Inchi al estar expuesta a temperaturas superiores de 50°C lo que genera inestabilidad por el precipitado a causa del cambio en la estructura de las proteínas. Adicionalmente al no haber incorporado el plastificante no se cambió la polaridad del medio y no se generaron los enlaces de Van der Waals que permitían obtener un polímero moldeable. Igualmente, según la autora Nayeli Alejandra Yañez Pacheco las películas de proteínas o polímeros son en ocasiones más rígidas y quebradizas a causa interacciones en las cadenas de proteínas a través de enlaces de hidrógeno, fuerzas electrostáticas, unión hidrófoba y/o puentes de disulfuro [82].

Al tener en cuenta que es necesario y obligatorio el uso de un plastificante se realizaron cuatro ensayos (A, B, C, y D) el resultado de estos chicles se encuentran fotografiados en el Anexo 3, para los ensayos B y D se obtuvo una gran afinidad por parte del propilenglicol que ayudó a desarrollar un chicle con una textura superficial y visualmente similar a la de un chicle tradicional, además que en el momento en que se dio la reacción de polimerización se logró presenciar un fluido viscoelástico y más fácil de manipular, a su vez cuando se ejerció una fuerza externa sobre este no se presentó ninguna fractura en el chicle.

Con los ensayos A y C del chicle que contenían ácido oleico, dio un resultado totalmente opuesto a los ensayos B y D ya que esta interacción provoco que el chicle quedara muy grasoso en la parte superficial y no se incorporó totalmente el plastificante evidenciando una inestabilidad y separación entre la fase oleosa y sólida, igualmente en la polimerización se no se tuvo miscibilidad entre este plastificante y los demás ingredientes del chicle.

Los resultados de los ensayos con ácido oleico se explican debido a que tal y como se reflejó en el numeral (3.1.1. a) la interacción al usar la zeína de maíz y el plastificante de ácido oleico se evaluó según su polaridad, por lo que en este caso para la torta de Sacha Inchi aproximadamente el 90% de las proteínas presentes en la torta son solubles en solventes acuosos, por lo cual está en su mayor proporción es hidrofílica, mientras que el ácido oleico se considera como hidrofóbico, lo que ocasiono que se repelen y no formara una adecuada sinergia donde se logren incorporar. En el caso del propilenglicol este al ser un compuesto hidrofílico fue capaz de solubilizarse con las proteínas polares de la torta de Sacha Inchi por lo que no genero una inmiscibilidad evidenciando una separación de fases.

También el comportamiento de los dos plastificantes está relacionado con el peso molecular, en el caso del propilenglicol al tener una estructura química con una cadena de carbonos de solo 3 el peso molecular es más pequeño (76.09 g/mol) mientras que en el caso del ácido oleico el cual tiene una cadena de carbono de hasta 18 carbonos presente en su estructura química, el peso moléculas es mucho más grande (282.47 g/mol). Normalmente son más utilizados los plastificantes con un peso molecular relativamente pequeño ya que estos compiten principalmente por los puentes de disulfuro o la unión de hidrogeno y con este tipo de plastificantes es más fácil lograr esto ya que no se tiene una molécula más pesada y larga [82].

Debido a los resultados obtenidos de los 6 ensayos realizados, se decide únicamente analizar todas las variables de respuesta: densidad, actividad del agua, textura (dureza y % alargamiento) y % de biodegradabilidad a los chicles formulados B y D los cuales contienen propilenglicol, mientras que a las muestras A y C que contienen ácido oleico solo se les analizara la densidad. Con todos los ensayos realizados para este objetivo se evidencia que los mejores parámetros de operación para realizar este chicle son: usar plastificante de propilenglicol, tener en cuenta las condiciones operacionales de la figura 16 si se va a realizar este chicle de forma manual, ya si se realizan algunas de las etapas con uno homogenización lo mejor es hacerlo con una velocidad de 120 rpm inicialmente como lo planteo Mara Nieto y así con esto definido se tendrían los parámetros de operación del chicle biodegradable a partir de torta de Sacha Inchi.

4. EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FISICOQUIMICAS DEL CHICLE BIODEGRADABLE

Para poder comprender el diseño de experimentos planteado para cada una de las pruebas realizadas en la caracterización del chicle biodegradable es necesario aclarar que para el diseño de experimentos se realizó la prueba t de student bilateral para cada una de las propiedades obtenidas, con un nivel de significancia del 5%. Adicionalmente, para establecer la prueba de hipótesis en primer lugar se planteó si las varianzas son diferentes o similares, a continuación, en la tabla 15 se muestran las ecuaciones utilizadas para determinar los grados de libertad (v) y el estadístico de prueba (t) dependiendo si las varianzas son iguales o diferentes.

Tabla 15.

Métodos para hallar grados de libertad y estadístico de prueba para cada tipo de varianza

Método 1: si las Varianzas son iguales	Método 2: si las Varianzas no son iguales
$v = n_1 + n_2 - 2$	$v = \frac{\left(\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}\right)^2}{\frac{\left(\frac{S_1^2}{n_1}\right)^2}{n_1 - 1} + \frac{\left(\frac{S_2^2}{n_2}\right)^2}{n_2 - 1}}$
$t = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{sp \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$	$t = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$

Nota. Fórmulas para la prueba t-student dependiendo si las varianzas son iguales o no.

Por último, cabe aclarar que se establecen las siguientes hipótesis:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$$

En donde H_0 , se refiere a la hipótesis nula, la cual indica que entre la formulación planteada del chicle biodegradable y el chicle comercial no existe diferencia en el parámetro a estudiar, mientras que H_1 referente a la hipótesis alternativa, sería lo contrario.

Cabe aclarar que en los gráficos comparativos de cada una de las formulaciones la letra A hace referencia a aquellos que aceptan la hipótesis nula, mientras que la letra B hace

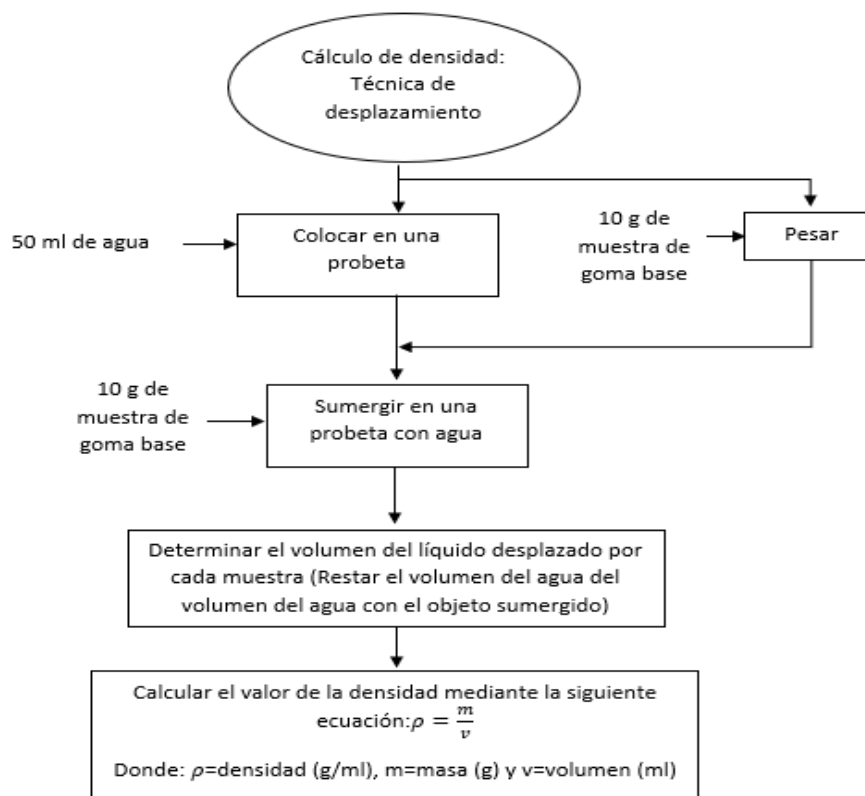
referencia a aquellos que rechazan la hipótesis nula. Adicional a esto, cuando se habla del patrón es referente a el chicle comercial.

4.1 Densidad

Para la determinación de la densidad de un sólido como lo es el chicle, se utilizó el método de desplazamiento del agua el cual se basa principalmente en el principio de Arquímedes que indica “todo cuerpo sumergido dentro de un fluido experimenta una fuerza ascendente llamada empuje, equivalente al peso del fluido desalojado por el cuerpo” [30] , por lo que se determinó primero el volumen del sólido por el desplazamiento del agua a través de la diferencia que tiene el agua cuando está sin y con el sólido sumergido, luego se dividió el peso de la muestra entre la diferencia de volumen, tal y como se muestra en la siguiente figura 17.

Figura 17.

Metodología para la medición de la densidad



Nota. La figura muestra el procedimiento realizado para la obtención de la densidad.

Para la evaluación de esta propiedad se realizó dos mediciones para cada una de las formulaciones. Según esto se obtiene que para el caso de las formulaciones A, C y D las varianzas son similares, mientras que la B son diferentes, por lo que se procedió a realizar la prueba de hipótesis para diferencia de medias ($\mu_1 - \mu_2$), desconociendo las varianzas y asumiendo que son similares para A, C y D, mientras que, para B, se desconoce las varianzas y se asumió que son diferentes.

A continuación, en la tabla 16, se muestran los resultados obtenidos del diseño de experimentos.

Tabla 16.

Prueba t de student, parámetro de densidad

	Patrón	A	B	C	D
Media (g/ml)	1.295	1.434	1.283	1.445	1.258
Desviación estándar	0.077	0.006	0.037	0.019	0.035
Estadístico t	-	3.704	-0.235	3.846	-0.865
P(T<=t) una cola		0.007	0.415	0.006	0.213
Valor crítico de t (una cola)		2.015	2.353	2.015	2.015
P(T<=t) dos colas		0.014	0.829	0.012	0.427
Valor crítico de t (dos colas)		2.571	3.182	2.571	2.571

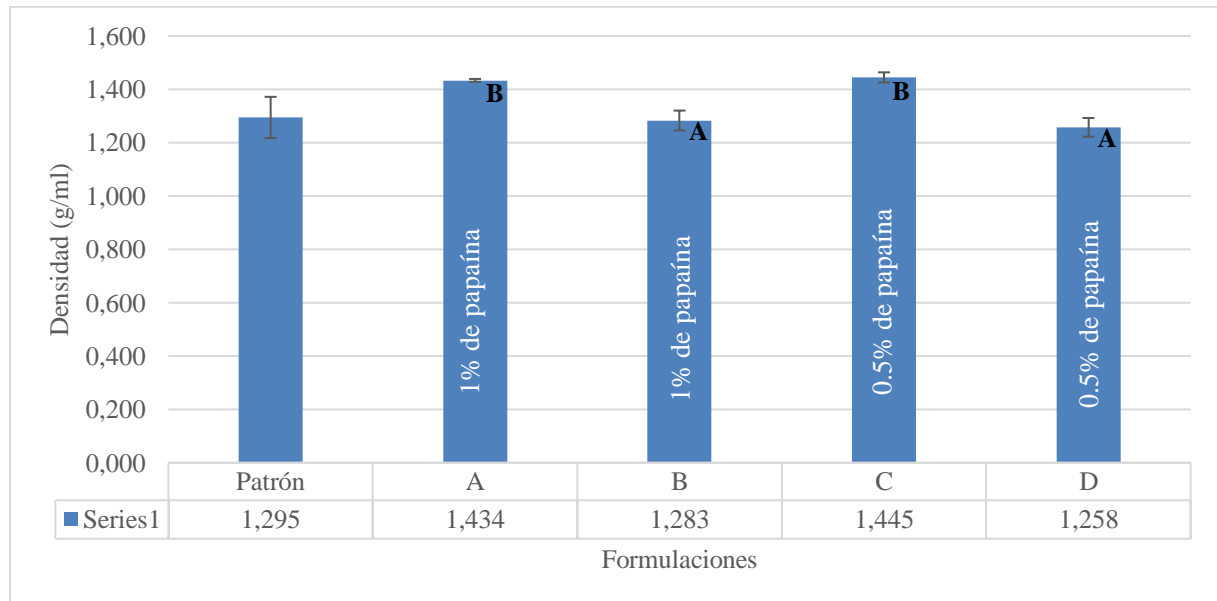
Nota. Se reflejan los datos calculados para establecer la prueba t de student. Elaboración propia.

De acuerdo con los datos calculados, se analiza que para las formulaciones B y D se acepta la hipótesis nula con una potencia del 82.9% y 42.7 % respectivamente, por lo que son evidencias bastante fuertes al estar alejadas del nivel de significancia del 5%, razón por la cual no habría diferencia entre dichas formulaciones y el chicle comercial. Mientras que para la formulación A y C, la potencia es muy cercana al 5%, 1.4% y 1.2% respectivamente, por lo que la probabilidad de que ocurra H_0 es muy baja, lo que comprueba que el 98.6% y 98.8%, respectivamente, acepta la hipótesis alternativa, refiriéndose a que si hay diferencia entre la formulación A y C con el chicle comercial.

A continuación, en la figura 18 se muestra el comportamiento la densidad de cada uno de los chicles:

Figura 18.

Gráfico comparativo de chicles, parámetro de densidad



Nota. Se presenta el promedio de los resultados de densidad. Allí la letra A hace referencia a aquellas formulaciones que aceptan la hipótesis nula, mientras que la letra B a aquellas formulaciones que rechazan la hipótesis nula. Elaboración propia.

Se evidencio que las formulaciones que poseen mayor similitud al del chicle comercial son la B y la D, mientras que las formulaciones A y C están más alejadas de este. Adicionalmente, se observó que el parámetro de densidad se ve afectado por el plastificante, esto se explica por la masa molecular de estos ya que la masa molecular del propilenglicol es menor a la del ácido oleico. Con respecto a la concentración de la enzima proteolítica no se vio alguna diferencia significativa entre los que tenían 1% y 0,5% de enzima, como se evidencio en la gráfica 1, donde la influencia de la enzima en la densidad es casi nula.

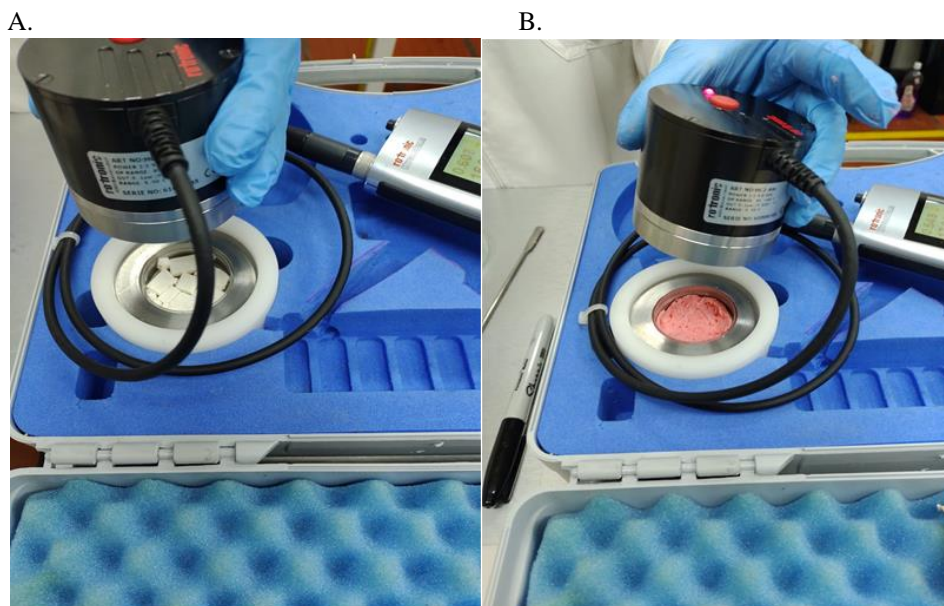
4.2 ACTIVIDAD DEL AGUA (A_W)

La actividad del agua A_W es un parámetro el cual está relacionado con la cantidad de agua que conforma un alimento o la que no está ligada al soluto, este también está proporcionado a la hora de conocer la vida útil de un alimento porque indica que la cantidad de agua que contenga el alimento se va a ver influenciada por el agua disponible para el crecimiento microbiano y, la actividad química y enzimática durante la conservación del alimento, lo cual conlleva a una afectación directa con la calidad de alimento. Los valores que toma el A_W están entre 0 a 1 donde 1 es el valor de agua pura por lo cual entre más alejado esté

él A_w de dicho valor la conservación del alimento será más fácil y tendrá una vida útil mucho más larga. La A_w al estar ligada con la vida útil del alimento, tendrá una influencia directa con su textura, sabor, color, gusto y valor nutricional. Para el cálculo o la determinación del A_w este se realizó a partir del equipo Rotronic Hygropalm, el cual es un analizador de laboratorio para mediciones de actividad del agua, este se muestra en la figura 19 [83], [84]. Para el cálculo o la determinación del A_w este se realizó a partir del equipo Rotronic Hygropalm, el cual es un analizador de laboratorio para mediciones de actividad del agua, este se muestra en la figura 19 [83], [84].

Figura 19.

Equipo de medición utilizado para el A_w



Nota. En la figura A se evidencia el chicle comercial mientras que en la figura B se observa el chicle biodegradable. Las fotografías fueron proporcionadas por la Fundación Universidad Agraria de Colombia. El equipo usado fue Rotronic Hygropalm.

De acuerdo con lo anterior se realizaron 6 mediciones para el caso de las formulaciones del chicle biodegradable, en el cual se cuentan los datos proporcionados por las réplicas de estas. En el caso de el chicle comercial se realizó tres mediciones. Estos datos fueron proporcionados por la Universidad Agraria de Colombia, en el Anexo 4 se muestran los resultados proporcionados por dicha universidad.

Para esta prueba se obtuvo que las varianzas son similares tanto para la formulación B como para la D, por lo que se procedió a realizar la prueba de hipótesis para diferencia de medias ($\mu_1 - \mu_2$), desconociendo las varianzas y asumiendo que son similares.

A continuación, en la tabla 17, se muestran los resultados del diseño de experimentos:

Tabla 17.

Prueba t de student, parámetro de actividad del agua

	<i>Patrón</i>	<i>B</i>	<i>D</i>
<i>Media (Aw)</i>	0.490	0.549	0.574
<i>Desviación estándar</i>	0.006	0.010	0.015
<i>Estadístico t</i>	-	9.379	9.209
<i>P(T<=t) una cola</i>		1.63E-05	1.84E-05
<i>Valor crítico de t (una cola)</i>		1.895	1.895
<i>P(T<=t) dos colas</i>		3.26E-05	3.67E-05
<i>Valor crítico de t (dos colas)</i>		2.365	2.365

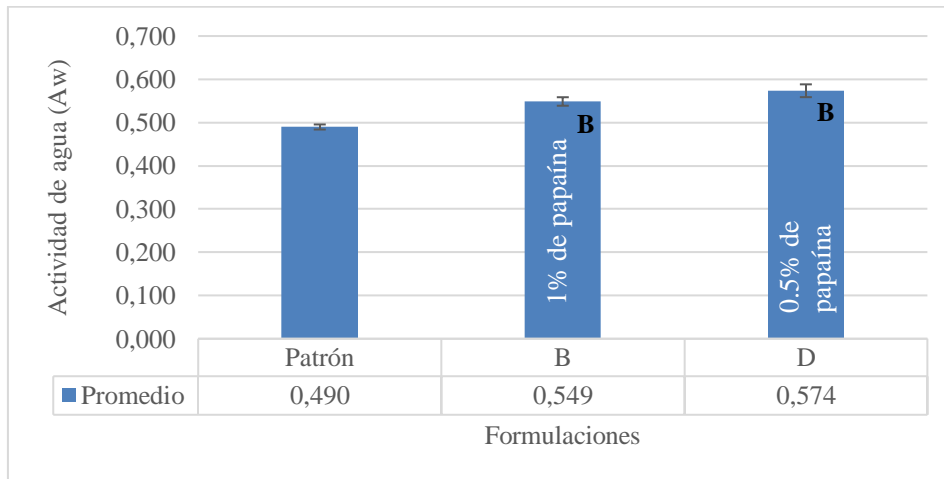
Nota. Allí se muestran datos calculados para establecer la prueba t de student.

De acuerdo con los datos obtenidos se analizó que tanto para la formulación B y D la potencia está muy cerca al intervalo de confianza del 5% por lo que la probabilidad de que ocurra H_0 es muy baja, lo que comprueba que el 99.9% acepta la hipótesis alternativa. Razón por la cual si hay diferencias estadísticamente significativas entre ambas formulaciones con respecto a el chicle comercial.

A continuación, en la figura 20 se evidencia el comportamiento de la actividad del agua para cada uno de los chicles:

Figura 20.

Gráfico comparativo de chicles, parámetro Aw



Nota. Se presenta el promedio de los resultados de Aw. Allí la letra A hace referencia a aquellas formulaciones que aceptan la hipótesis nula, mientras que la letra B a aquellas formulaciones que rechazan la hipótesis nula. Elaboración propia.

A partir de la figura 20, se infirió que la goma base con torta de Sacha Inchi tiene mayor afinidad con el agua, y por lo tanto la retiene a un % mayor en su estructura, que la goma base tradicional.

Con los resultados obtenidos del Aw se reflejó que el aumento de la concentración de la enzima papaína ayuda ligeramente a disminuir la actividad del agua beneficiando el aumento de la vida útil del chicle y la disminución de generación de microorganismos no deseados, esto se debe a que entre más alta sea la concentración de la enzima, esta generara muchas más interacciones entre el agua y el ingrediente, lo que ocasionara menor disponibilidad de agua libre [3].

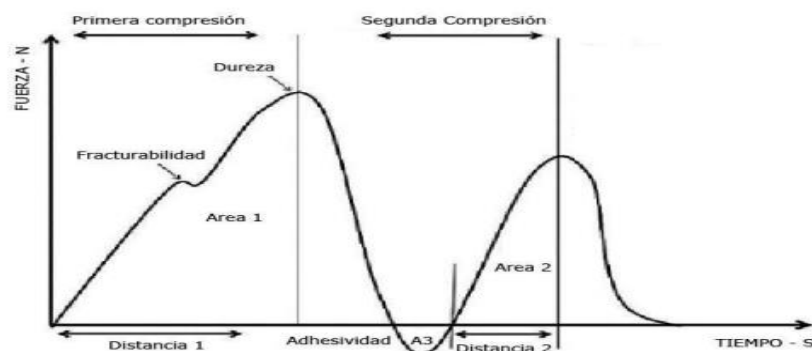
4.3 Perfil de textura (TPA)

El análisis de perfil de textura o TPA es un procedimiento instrumental en el cual se pueden medir varios parámetros relacionados con la textura de un alimento. Se define el análisis de textura como una prueba imitativa en la cual se pretende reproducir el masticado de un producto siendo útil en el proceso de control de calidad y manufactura de alimentos. “Este método consiste en una prueba de doble compresión donde se someten muestras del producto

a una compresión de 80 a 90% con respecto a su altura inicial” [85] y mediante un graficador se obtiene una gráfica similar a la que se muestra a continuación:

Figura 21.

Gráfica General de Análisis de Perfil de Textura - TPA



Nota. La figura muestra los diferentes comportamientos que existen en una gráfica realizada mediante un texturómetro universal. Tomado de: TECHLAB SYSTEMS “Analizador de TEXTURA / FIRMEZA computarizado FTM-50”, [En línea]. Disponible: https://www.metrotec.es/wpcontent/uploads/sites/30/2014/02/FTM50_Analizador_Textura-Firmeza_Alimentos.pdf [Acceso: Jul.27,2021]

En la tabla 18 se muestran los parámetros críticos del análisis de textura:

Tabla 18.

Parámetros críticos del análisis de textura

Variable	Ecuación
Cohesividad	A_2/A_1
Elasticidad	$Distancia\ 2 / Distancia\ 1$
Adhesividad	A_3
Masticabilidad	$Dureza * Cohesividad * Elasticidad$

Nota. La tabla representa las ecuaciones dadas para cada parámetro del análisis de textura. Tomado de: TECHLAB SYSTEMS “Analizador de TEXTURA / FIRMEZA computarizado FTM50”, [En línea].

Disponible: https://www.metrotec.es/wpcontent/uploads/sites/30/2014/02/FTM50_Analizador_Textura-Firmeza_Alimentos.pdf [Acceso: Jul.27,2021]

En la tabla 19, se muestra la definición de los parámetros críticos que se pueden obtener al realizar el TPA [86]:

Tabla 19.

Definición de los parámetros críticos del análisis de textura

Parámetro	Definición
Dureza	Fuerza necesaria para deformar un producto a una distancia dada; la necesaria para comprimirlo entre los molares, para cortarlo con los incisivos, o para comprimirlo entre la lengua y el paladar. Términos relacionados (Blando – Firme y Duro).
Adhesividad / Pegajosidad	Es el trabajo / fuerza necesaria para superar las fuerzas de atracción entre la superficie del producto y la superficie del material (sonda) con la que el producto entra en contacto. Es una propiedad de textura común que poseen productos de confitería, pastas alimenticias cocidas, productos de panadería crudos. Términos relacionados (pegajoso)
Cohesividad	Grado en el que la muestra se deforma antes de romperse cuando se muerde con los molares
Elasticidad	La elasticidad se define como la propiedad de un material por la que recupera su forma y dimensiones originales parcial o totalmente al cesar la acción del esfuerzo aplicado. Términos relacionados (plástico – elástico)
Fracturabilidad	Fuerza con la que la muestra se desmorona, agrieta o rompe. Incluye cómo (de desmenuzable, crujiente y quebradiza) es la muestra.
Masticabilidad	Términos relacionados (tierno, masticable y correoso)
Gomosidad	Energía necesaria para desintegrar un alimento semisólido a un estado apto para la deglución. Términos relacionados (crujiente, quebradizo, harinoso, pastoso, gomoso)

Nota. La tabla define cada termino de los puntos críticos del análisis de textura. Tomado de: TECHLAB SYSTEMS “Analizador de TEXTURA / FIRMEZA computarizado FTM50”. Disponible:https://www.metrotec.es/wpcontent/uploads/sites/30/2014/02/FTM50_Analizador_Textura-Firmeza_Alimentos.pdf [Acceso: Jul.27,2021]

4.3.1 Alargamiento

La prueba de evaluación de elasticidad del chicle, se realizó haciendo uso de una maquina universal, en la cual se tomaron dos mediciones tanto para la muestra de chicle y la réplica de esta, obteniendo diversas graficas las cuales fueron proporcionadas por la Fundación Universidad Agraria de Colombia, estas pueden ser visualizadas en el Anexo 5, donde se evidencio el momento exacto en el que el chicle se deforma al someterse a una respectiva fuerza y distancia de la probeta de la maquina universal. Los datos obtenidos de la longitud de la

probeta y la deformación (mm) se utilizaron para calcular el % de deformación o alargamiento mediante la ecuación 1:

Ecuación 1. Porcentaje de deformación o alargamiento.

$$\%e = \frac{L - L_0}{L_0} * 100$$

Donde:

e= Porcentaje de deformación o alargamiento

L₀= Longitud inicial de la probeta

L= Longitud de la probeta en un momento determinado

Para este caso se calculó que las varianzas son similares solo para la formulación D, mientras que en la formulación B las varianzas son iguales por lo tanto se utiliza el primer método como se encuentra en la tabla 15.

A continuación, la tabla 20 muestra los resultados obtenidos del diseño de experimentos:

Tabla 20.

Resultados de la prueba t de student, para el parámetro de deformación o alargamiento.

	Patrón	B	D
Media (%)	10.1	23.8	46.7
Desviación estándar	0.038	0.000	0.086
Estadístico t	-	8.308	5.505
P(T<=t) una cola		0.001	0.003
Valor crítico de t (una cola)		2.132	2.132
P(T<=t) dos colas		1.15E-03	0.005
Valor crítico de t (dos colas)		2.776	2.776

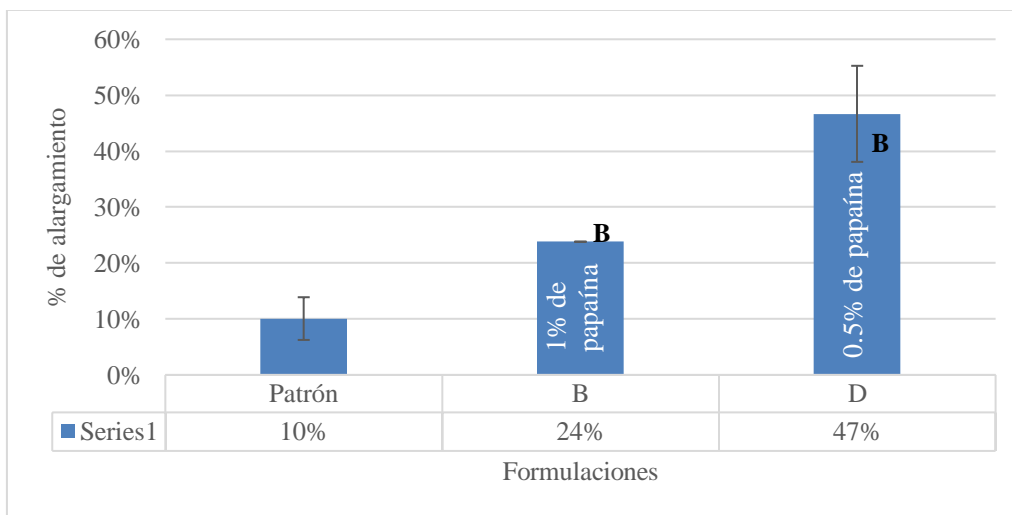
Nota. Resultados del % de deformación o alargamiento.

De acuerdo con los datos obtenidos se analiza que para la formulación B su potencia no está alejada del intervalo de confianza del 5% por lo que la probabilidad de que ocurra H₁ es muy baja. Razón por la cual no hay diferencias estadísticamente significativas entre el chicle B y el chicle comercial.

Con respecto a los resultados de la formulación D, la potencia está cerca del intervalo de confianza del 5% por lo que la probabilidad de que ocurra H_0 es muy baja, lo que comprueba que el 99,744% acepta la hipótesis alternativa, demostrando que si existen diferencias estadísticamente significativas entre el chicle D% y el chicle comercial. Estos resultados se pueden observar en la figura 22.

Figura 22.

Comparativo del % de deformación o alargamiento.



Nota. Resultados del % de deformación o alargamiento. Allí la letra A hace referencia a aquellas formulaciones que aceptan la hipótesis nula, mientras que la letra B a aquellas formulaciones que rechazan la hipótesis nula. Elaboración propia.

Con los resultados del % de alargamiento se evidenció que el chicle patrón tiene menor alargamiento, mientras que el chicle B y D obtuvieron un resultado superior lo que indica que el chicle a partir de torta de Sacha Inchi se puede estirar mucho más que un chicle comercial.

Con respecto a la concentración utilizada de enzima proteolítica se evidencia que esta afecta el % de alargamiento, ya que entre más alta sea, menor será el alargamiento del chicle, donde el chicle que tuvo mayor de alargamiento fue el D% el cual tiene una concentración de enzima del 0,5%.

4.3.2 Dureza

El parámetro de la dureza se hizo mediante un texturómetro brookfield, como se muestra en la figura 23 donde a el chicle se le ejerció determinada fuerza y se evaluó que tanto peso podía aguantar hasta el momento en que se deforme. Los resultados iniciales y finales de este ensayo realizado en el laboratorio de la Fundación Universidad Uniagraria de Colombia, se encuentran en el Anexo 6.

Figura 23.

Texturómetro Brookfield



Nota. En la imagen derecha se evidencia el chicle biodegradable y en la imagen de la izquierda se evidencia el chicle comercial. Las fotografías fueron proporcionadas por la Fundación Universidad Agraria de Colombia. El equipo usado es texturómetro Brookfield

Para este caso tanto la varianza de B y D son similares, por lo tanto, se usan las fórmulas del método 1 de la tabla 15. A partir de esto se obtuvieron los siguientes resultados del diseño de experimentos, evidenciados en la tabla 21.

Tabla 21.

Resultados de la prueba t de student, para el parámetro de dureza.

	<i>Patrón</i>	<i>B</i>	<i>D</i>
Media (g fuerza)	4172.833	919.567	747.083
Desviación estándar	254.529	58.731	72.815
Estadístico t	-	-31.768	-32.445
P(T<=t) una cola		3.96E-09	3.42E-09
Valor crítico de t (una cola)		1.895	1.895
P(T<=t) dos colas		7.92E-09	6.84E-09
Valor crítico de t (dos colas)		2.365	2.365

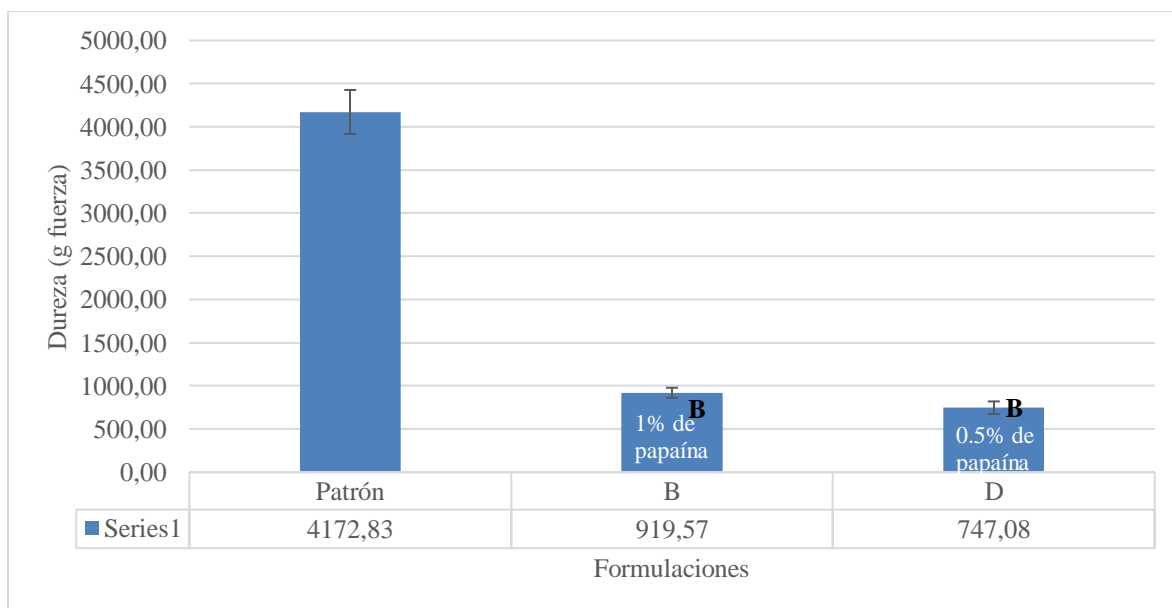
Nota. Resultados de la prueba t-Student para la dureza correspondiente a cada chicle.

De acuerdo con los datos obtenidos se analizó que para la formulación B y D la potencia está muy cercana al intervalo de confianza del 5% por lo que la probabilidad de que ocurra H_0 es muy baja, esto comprueba que para el B el 99.9% y para D el 99.9% acepta la hipótesis alternativa. Razón por la cual si existe diferencias estadísticamente significativas entre el chicle B% y D% con respecto al chicle comercial.

Los resultados para este ensayo encuentran en la figura 24.

Figura 24.

Comparativo de la dureza.



Nota. Resultado comparativo de la dureza de cada chicle. Allí la letra A hace referencia a aquellas formulaciones que aceptan la hipótesis nula, mientras que la letra B a aquellas formulaciones que rechazan la hipótesis nula.

Elaboración propia.

Con respecto a los resultados obtenidos en cuanto a la dureza, se analizó que tanto la formulación B y D están muy alejadas de esta propiedad comparado a la del chicle comercial, esto se debe al plastificante que se está utilizando, en este caso el propilenglicol ya que, al hacer uso de este se obtuvo un chicle con mayor suavidad, el resultado se evidenció con un análisis sensorial, mientras que el chicle comercial es mucho más duro, igualmente se prueba que a pesar de que la formulación B y D tienen diferente concentración de enzima la discrepancia entre los resultados de ambas no fue muy diferente aunque la de menor concentración de enzima si disminuyó ligeramente la dureza. Adicionalmente se evidenció que el chicle comercial al ser el que tiene menor actividad de agua tuvo una mayor dureza.

4.3.3 Dureza vs elongación

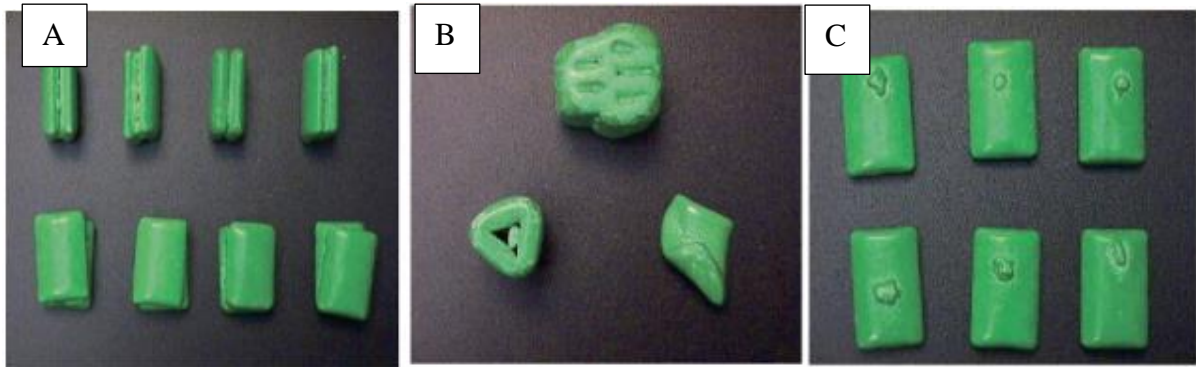
Según el artículo “Tensile elongation at break for polymers related to Vickers hardness”, se demuestra que la elongación y la dureza están inversamente relacionados para el caso de los materiales poliméricos, allí se demuestra que mientras que la elongación del polímero incrementa, la dureza decrece, por lo que se dice que los materiales con alta dureza no pueden poseer largas elongaciones [87].

Con base en esto se comprueba efectivamente con los resultados expuestos en figura 22 y 24, para el caso de las formulaciones planteadas debido que su dureza era mínima, su elongación era prolongada, mientras que para el caso del chicle comercial se demuestra que al este poseer una mayor dureza este obtuvo una menor elongación comparado con las formulaciones planteadas.

Por otro lado, se evidencia que en los resultados obtenidos hay una diferencia bastante fuerte entre las formulaciones planteadas y el chicle comercial en ambas propiedades, lo cual puede llegar a ser perjudicial a la hora de evaluar la producción de estos a nivel industrial, como se explica en el artículo [34], la dureza es una propiedad muy importante para obtener un chicle de buena calidad, tanto así que es una variable controlada en los procesos actuales de producción de chicle tradicional como se explica en el numeral (1.2.3), en particular allí se exponen los defectos que puede provocar un mal acondicionamiento en la producción de un chicle con recubrimiento, la figura 25 muestra las consecuencias de una dureza no deseada, como lo son pellets pegados, pellets deformados, pellets con partículas superficiales, como se muestra a continuación:

Figura 25.

Defectos producidos por mal acondicionamiento de chicle



Nota. La figura muestra algunos defectos que se pueden producir en el chicle por un mal acondicionamiento de esto, la imagen A representa pellets pegados, la imagen B pellets deformados y la imagen C pellets con partículas superficiales. Tomado de: Welti-Chanes, J., Vergara-Balderas, F., Pérez, E., Bermúdez, D., Valdez-Fragoso, A., & Mújica-Paz, H. (2008). “Phase Transitions and Hygroscopicity in Chewing Gum Manufacture”, [En Línea]. Disponible en: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-0-387-75430-7_8. [Acceso: Dic.10, 2021]

Con base en esto la reología de los materiales cobra importancia en este punto, ya que esta se aplica a operaciones como la extrusión, a partir de esto según [88] debido a que la extrusión es un proceso que involucra deformaciones superficiales del material, la viscosidad de alargamiento aquí juega un papel muy importante.

De acuerdo con lo anterior, en el artículo “The effects of extrusión processing on rheological and physicochemical properties of sesbania gum”, se evidencia que el proceso de extrusión puede modificar la estructura del producto, mejorando propiedades como solubilidad, viscosidad, hinchamiento de este, entre otras, por lo que la diferencia entre el chicle comercial y las formulaciones planteadas se pueden atribuir a que por un lado las formulaciones planteadas no fueron sometidas a este proceso, mientras que el chicle comercial lo más seguro es que si, debido a el procedimiento de producción que se lleva a cabo en la actualidad de acuerdo con lo expuesto por [34], por lo cual las características de dureza y alargamiento se ven afectadas por este hecho. A su vez en el proceso de la elaboración de las formulaciones planteadas no se tuvo en cuenta el enfriamiento, lo cual resulta ser un paso fundamental para llegar a la dureza adecuada, tal y como demuestra en el chicle comercial [34].

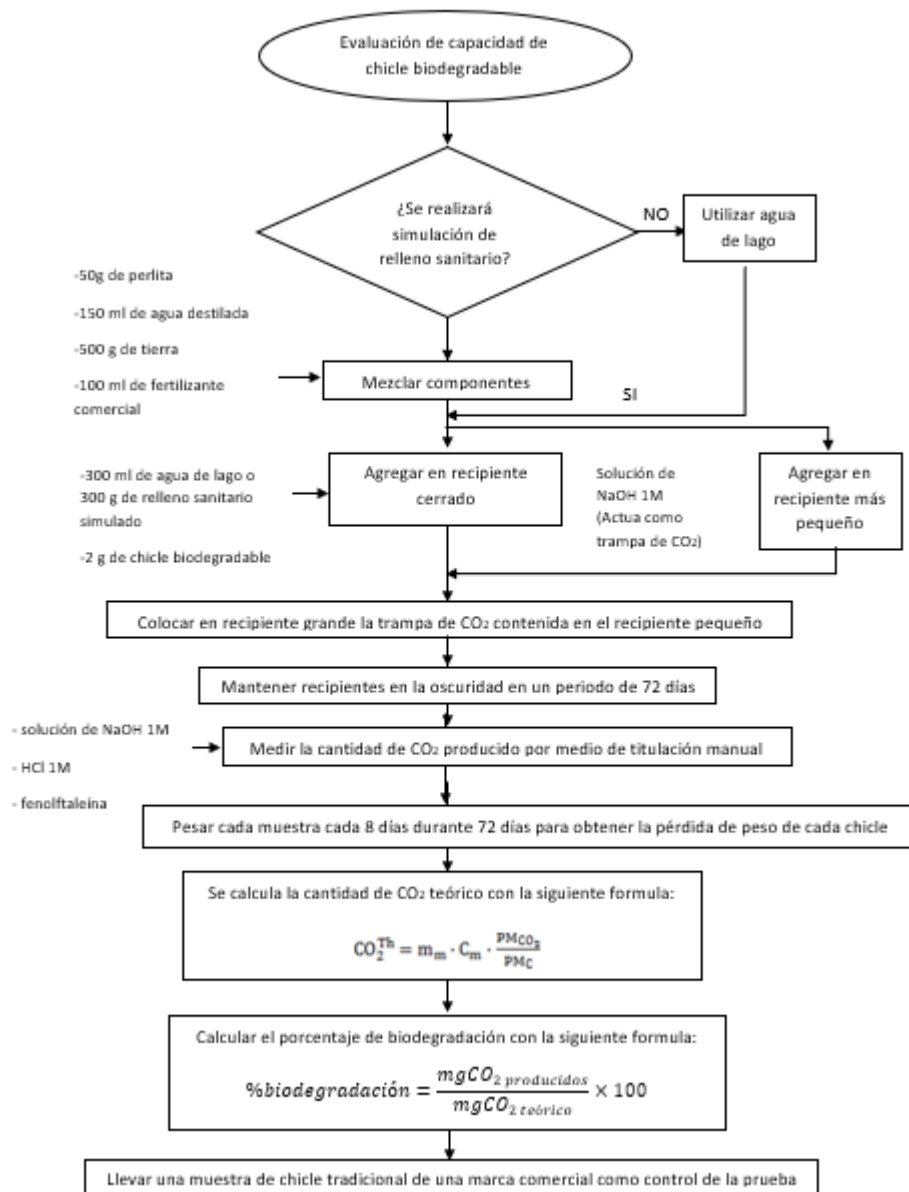
4.4 CAPACIDAD DE BIODEGRADACIÓN

4.4.1 Metodología para la prueba de biodegradabilidad

Se evaluó la capacidad de biodegradación mediante la acción metabólica de microorganismos presentes en tierra, para ello se tuvo en cuenta la metodología expuesta en la ASTM D 5988-3 y el procedimiento planteado por Nieto Hernández [2], [3]. A continuación, en la figura 26 se expone el procedimiento realizado para cada uno de los montajes de biodegradación.

Figura 26.

Procedimiento para la evaluación de capacidad de chicle biodegradable



Nota. Esta figura muestra el procedimiento realizado para evaluar la capacidad biodegradable del chicle. Información adaptado de: Nieto Hernández y ASTM D5988-96 [2], [3].

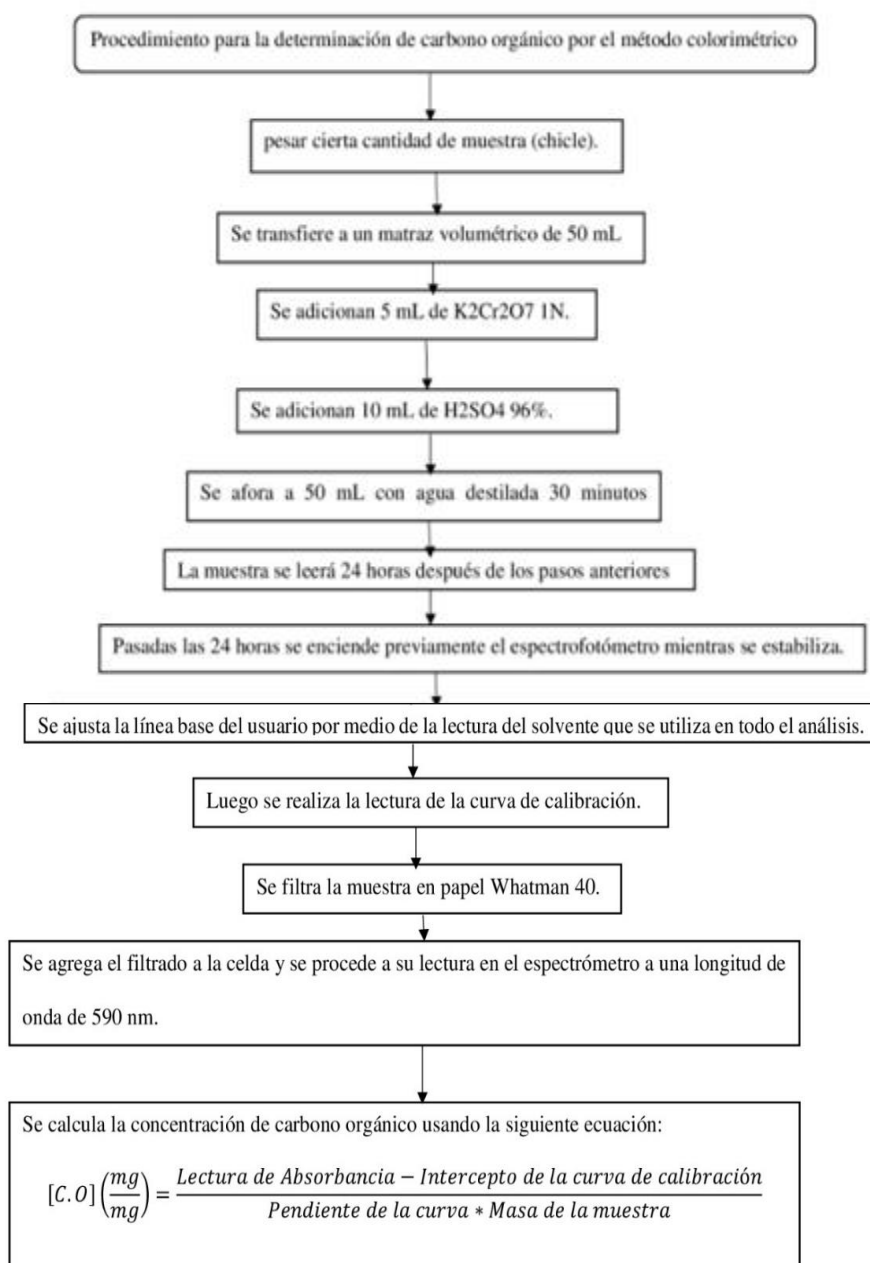
Una vez establecido lo anterior se procedió a tomar mediciones tanto del peso del chicle como de la titulación, cada 8 días como máximo. Se estableció el pH como parámetro importante a tener en cuenta durante la medición de esta prueba, ya que según la ASTM D 5988-3, el pH del medio debe mantenerse entre 6 y 8, en caso contrario de no cumplir con dicho rango, para un pH mayor a 8 significa la retención del CO₂ desprendido por los microorganismos a comparación de un suelo neutro, mientras que para un pH por debajo de 6 significa una población microbiana atípica, por lo que, se verían afectados los resultados de la titulación [35]. Debido a lo anterior, se realizaron las mediciones del pH para cada uno de los montajes de biodegradación, con el fin de controlar dicho parámetro.

Cabe recalcar que para los montajes de biodegradación como control de la prueba se llevó una muestra del chicle comercial, adicional a este un montaje denominado blanco para poder calcular los mg del CO₂ producidos por la muestra y otro recipiente con un material orgánico conocido para comprobar de que el montaje funcionará, en este caso se utilizó pasto. Todo esto teniendo en cuenta lo establecido en la ASTM D 5988-3. [2]

Antes de calcular el porcentaje de biodegradabilidad se procedió a determinar el carbono orgánico presente en cada formulación realizada (B% y D%) ya que este parámetro es necesario calcularlo para así poder aplicar la ecuación de la figura 26 la cual hace referencia al porcentaje de biodegradación. El cálculo del carbono orgánico se realizó mediante el método colorimétrico el cual se encuentra en la figura 27.

Figura 27.

Procedimiento para la determinación de carbono orgánico por el método colorimétrico



Nota. Esta figura muestra el procedimiento para determinar el carbono orgánico, esta metodología fue adaptado de la tesis “Comparación de dos técnicas para la determinación de carbono orgánico del suelo, en el departamento de química” [89].

Siguiendo el procedimiento de la figura 27, se procede a realizar 8 alícuotas para obtener la curva de calibración, estas alícuotas partieron de una solución madre la cual posee los parámetros establecidos en la tabla 22, se realizó una disolución de 258.3 mg en 50 ml de

agua destilada, posterior a esto se calcula la concentración de carbono y la masa de carbono presente en la sacarosa a partir de la fórmula de la sacarosa y el peso molecular de esta.

Tabla 22.

Parámetros iniciales para la curva de calibración

Masa de sacarosa (mg)	258.3
Masa de sacarosa (g)	0.258
Volumen (ml)	50
Concentración de carbono (mg C/ mL)	2.175
Masa de carbono presente en la sacarosa (mg C)	108.755

Nota. En esta tabla se establecen los parámetros iniciales para obtener los datos de la curva de calibración.

Una vez realizadas las alícuotas, se realiza el procedimiento planteado en la figura 27, obteniendo los resultados presentados en la tabla 23, allí se calcula la concentración de carbono y a partir de esta la masa de carbono presente en cada una de las alícuotas para así mismo obtener la curva de calibración en absorbancia vs mg de carbono.

Tabla 23.

Datos de la gráfica de calibración.

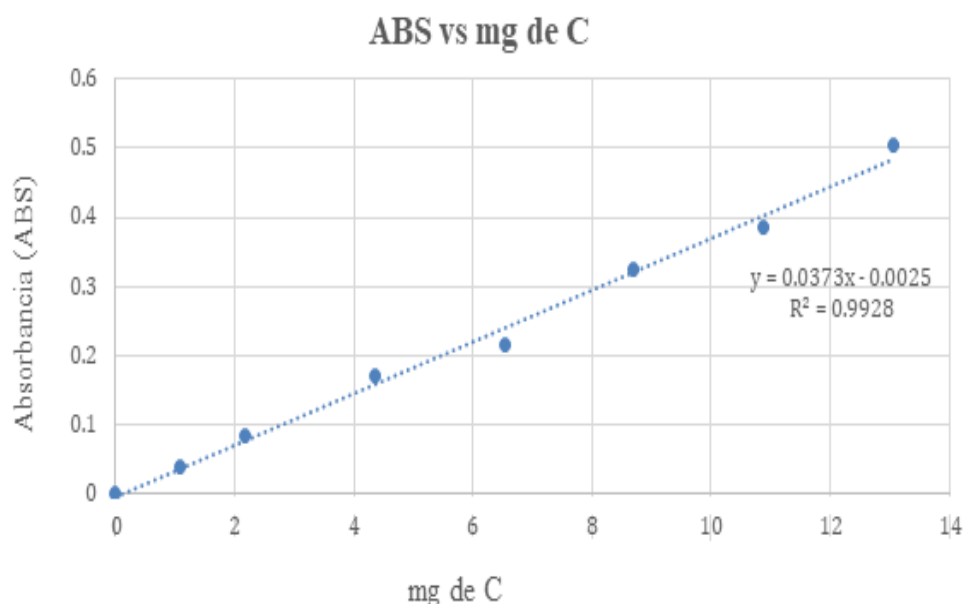
Alícuota (ml)	Concentración C (mgC/ mL)	Masa de carbono (mg)	Mediciones de absorbancia (ABS)			PROMEDIO
0	0	0	0	0	0	0
0.5	0.022	1.088	0.037	0.040	0.039	0.039
1.0	0.044	2.175	0.083	0.084	0.082	0.083
2.0	0.087	4.350	0.171	0.172	0.174	0.172
3.0	0.131	6.525	0.214	0.213	0.217	0.215
4.0	0.174	8.700	0.322	0.326	0.323	0.324
5.0	0.218	10.876	0.387	0.385	0.386	0.386
6.0	0.261	13.051	0.506	0.502	0.507	0.505

Nota. En esta tabla se encuentran los resultados de la absorbancia para cada alícuota de la sacarosa.

Luego de obtener los resultados de la curva de calibración se procede a realizar la curva de calibración donde se grafica la absorbancia contra los miligramos de carbono obteniendo así la figura 28.

Figura 28.

Curva de calibración por método colorimétrico



Nota. Gráfica de curva de calibración de la absorbancia de la sacarosa.

Con la gráfica de la curva de calibración se obtiene la pendiente y el intercepto los cuales son utilizados para encontrar la cantidad de carbono orgánico de cada muestra usando la ecuación expuesta en la figura 27. Para este experimento se pesa una cantidad pequeña de cada muestra de chicle con su respectiva replica tal y como se muestra en la tabla 24 y se sigue el procedimiento especificado en la figura 28, el resultado visual de las muestras utilizadas para la curva de calibración se encuentra en el Anexo 7, mientras que el resultado del cálculo del carbono orgánico teórico para cada muestra se presenta en la tabla 24, ya con estos resultados se procedió a calcular el porcentaje biodegradabilidad tanto de la muestra patrón como de las formulaciones planteadas.

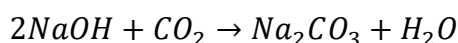
Tabla 24.

Resultados del carbono orgánico para cada muestra de chicle.

		Peso muestras (mg)	Promedio peso muestras (mg)	Absorbancia de muestras chicle biodegradable a 590 nm	Promedio (ABS)	[C.O] (mg/mg)
Muestra patrón (chicle comercial)	1	56.1	55.025	0.549	0.637	0.309
	2	55.9		0.496		
	3	55.3		0.764		
	4	52.8		0.738		
Muestra B	1	54.1	54.725	0.791	0.739	0.361
	2	55.8		0.601		
Muestra B replica	1	54.7		0.778		
	2	54.3		0.787		
Muestra D	1	56.3	56.175	0.751	0.738	0.351
	2	57.9		0.775		
Muestra D replica	1	57.4		0.775		
	2	53.1		0.652		

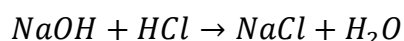
Nota. Resultados obtenidos del carbono orgánico teórico de cada muestra haciendo uso del método colorimétrico.

Por otro lado, con el fin de profundizar un poco más en el procedimiento planteado para la evaluación de la capacidad de biodegradación de las muestras, la siguiente reacción representa el proceso químico que sucede en los montajes de biodegradación:



Como se expuso en la figura 27, dentro de los montajes de biodegradabilidad se añade un recipiente con solución de hidróxido de sodio 1M ver Anexo 8, con el fin de que esta solución reaccione con el CO₂ que se libera del medio produciendo una sal, en este caso carbonato de sodio, por efecto del balance de la reacción se produce agua como producto a la vez. Debido a que el objetivo es cuantificar la cantidad de CO₂ que se desprende de la biodegradación del chicle, se titula esta solución de hidróxido de sodio 1M presente en el medio

de biodegradación con ácido clorhídrico y con ayuda del indicador de fenolftaleína. La reacción que ocurre durante esta titulación es la siguiente:

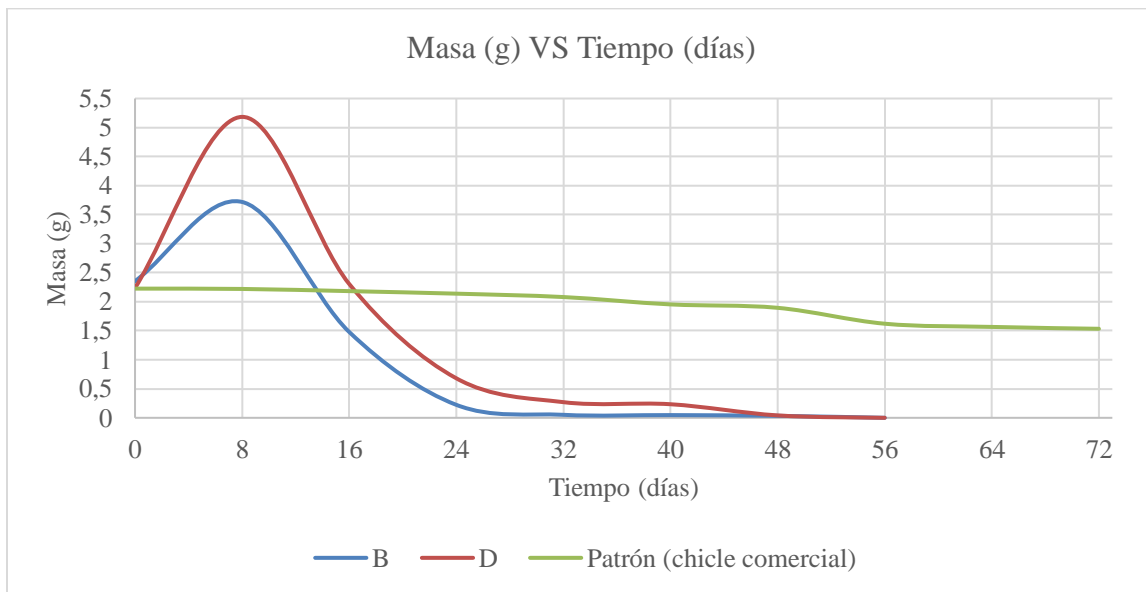


Partiendo de la relación estequiométrica que se muestra en la reacción se podría establecer que una mol de HCl es igual a una mol de NaOH, por lo que al titular se tendrá en cuenta la cantidad de HCl necesaria para titular el NaOH presente en el medio, dicha cantidad se convertirá en moles por medio de la concentración de HCl establecida desde un comienzo y por medio de la relación estequiométrica mencionada previamente se obtendrán los moles de NaOH que aún no han reaccionado en el medio de biodegradación. Sin embargo, estos aun no son los moles de NaOH liberados específicamente por la muestra por lo que se tuvo en cuenta un montaje llamado “blanco” en el que se cuantifica la cantidad de CO₂ liberado por el medio sin contener en él una muestra del chicle, por lo que una vez hallados los moles de NaOH en este blanco, se restarán a estas moles de NaOH, del blanco las del montaje con la muestra, con el fin de establecer los moles de NaOH sin reaccionar específicamente por la descomposición de la muestra. Por último, para conocer la cantidad de dióxido de carbono liberado por la biodegradación de la muestra se tiene en cuenta la relación estequiométrica de la reacción previamente expuesta del montaje de biodegradabilidad, en la cual se establece que 1 mol de CO₂ es equivalente a 2 moles de NaOH, partiendo de esto se calculan los gramos de CO₂ liberados por la muestra.

4.4.2 Resultados prueba de biodegradabilidad

Con base en lo anteriormente expuesto, se obtuvieron los siguientes resultados en cuanto a la pérdida de pesos de las muestras después de 72 días, como se muestra en la figura 29.

Figura 29. Resultado de pérdida de pesos en muestras



Nota. La grafica muestra el promedio de los pesos obtenidos a lo largo de los 72 días en los que se realizó la prueba, esto se midió cada 8 días.

Se observa que en el caso de los chicles biodegradables (formulación B y D) sufren un aumento de peso los primeros 8 días después de insertarlos en el medio de biodegradación, esto es debido que lo chicles absorben la humedad del medio, produciendo un hinchamiento inicial en estos, posteriormente en los siguientes días se observa de nuevo la disminución de estos progresivamente. Esto se puede ver evidenciado con las pruebas de actividad de agua (A_w) expuestas previamente, en el que se evidencia que las muestras de chicle biodegradable poseen una actividad de agua mayor a la del chicle comercial.

Por otro lado, la figura 29 evidencia que las formulaciones B y D muestran una disminución de peso en menor tiempo comparado con el chicle comercial, para el caso de las formulaciones de 56 días, adicionalmente el peso del chicle comercial a lo largo del tiempo se mantiene casi constante, por lo que se puede analizar que efectivamente las formulaciones B y D se están biodegradando en menor tiempo.

Para el cálculo del porcentaje de biodegradabilidad se encuentran los resultados en la tabla 25 después de realizar todos los procedimientos ya mencionados y hacer un seguimiento y un control en la titulación durante 72 días para cada montaje realizado del chicle patrón y las formulaciones planteadas. Por otro lado, en cuanto a los resultados obtenidos por la titulación, en el diseño de experimentos se obtiene que para este caso tanto la varianza de la formulación

B y D son similares, por cual se decide utilizar el método 1 propuesto en la tabla 15, obteniendo así los siguientes resultados de la prueba estadística en la tabla 25.

Tabla 25.

Resultados de la prueba t- Student para al porcentaje de biodegradabilidad.

	<i>Patrón</i>	<i>B</i>	<i>D</i>
Media (%)	7.992	93.642	76.944
Desviación estándar	1.211	2.011	5.106
Estadístico t	-	65.724	22.336
P(T<=t) una cola		0.000	0.000
Valor crítico de t (una cola)		1.943	1.943
P(T<=t) dos colas		0.000	0.000
Valor crítico de t (dos colas)		2.447	2.447

Nota. En la tabla se evidencia los resultados de la prueba de biodegradabilidad de cada chicle mediante el análisis estadístico de t-Student.

Se establecen las siguientes hipótesis:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$$

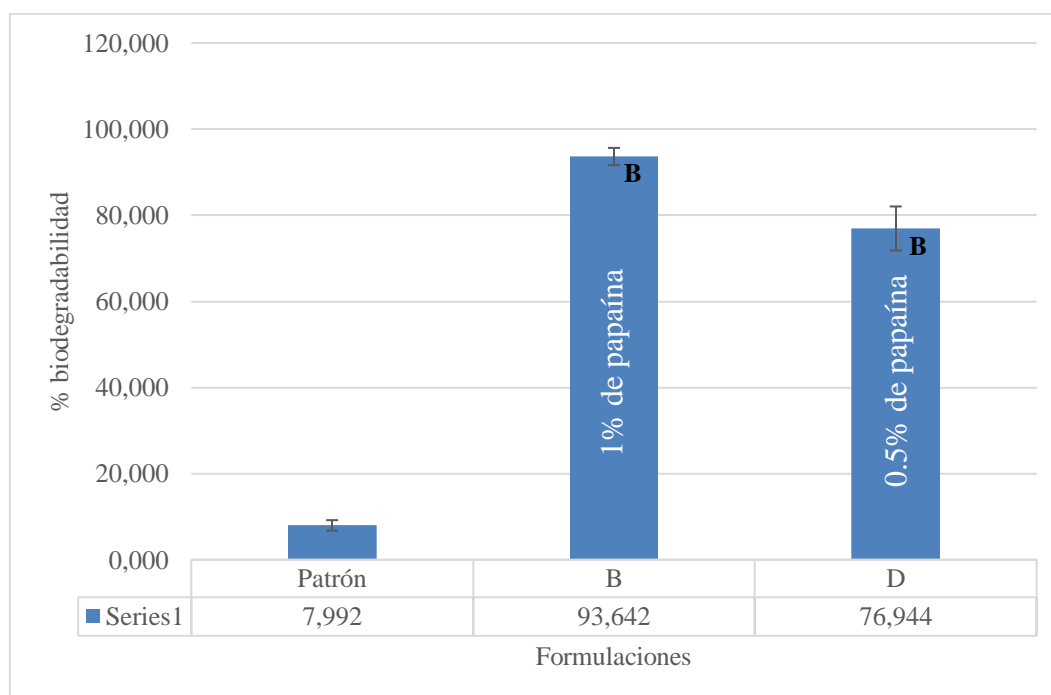
En donde H_0 , se refiere a la hipótesis nula, la cual hace referencia a que entre la formulación planteada del chicle biodegradable y el chicle comercial no existe diferencia en el % de biodegradabilidad, mientras que en H_1 referente a la hipótesis alternativa, sería lo contrario.

De acuerdo con los datos obtenidos se analiza que para la formulación B y D, la potencia está alejada del intervalo de confianza del 5 %, lo que comprueba que la probabilidad de que ocurra H_0 es muy baja, por lo que el 99.9% y 99.9% respectivamente para las formulaciones B y D acepta la hipótesis alternativa, es decir, que si hay diferencia en el % de biodegradación de las formulaciones B y D con respecto al del chicle comercial.

A continuación, en la figura 30 se evidencia el comportamiento del porcentaje de biodegradabilidad para cada uno de los chicles:

Figura 30.

Gráfica del porcentaje de biodegradabilidad para cada chicle.



Nota. En la gráfica se puede evidenciar la diferencia con respecto al porcentaje de biodegradabilidad tanto para la muestra patrón como para las formulaciones postuladas del chicle biodegradable.

Con respecto a los resultados obtenidos de la figura 30 se evidencia que efectivamente la formulación B y D son biodegradables y el tiempo requerido para degradarse es inferior al de un chicle tradicional presente en el mercado actualmente.

Por otra parte, como se mencionó anteriormente se llevó un montaje de control tal y como lo establece la ASTM D 5988-3 [2], en el que se insertó un material conocido por biodegradarse, en este caso un material celulósico (pasto), con el cual se obtuvo un porcentaje de biodegradabilidad de 72.3% transcurridos 45 días, por lo que se cumple lo establecido en la norma la cual indica que una como límite de biodegradación después de 6 meses de haber establecido la prueba se debe cumplir con al menos el 70% de la evolución teórica del CO₂ de este material conocido por su biodegradabilidad, de ser contrario la prueba debe considerarse inválida y repetirse, por lo tanto al tratarse de un % de biodegradabilidad mayor al 70%, se cumple con lo anteriormente mencionado.

Como se evidencia en la figura 29, los chicles alcanzan a biodegradarse en 56 días, demostrado por la desaparición de estos en los montajes de biodegradabilidad, sin embargo,

por medio del método establecido para evaluar la capacidad de biodegradabilidad como se muestra en la tabla 26, no se evidencia la biodegradación del 100%, por lo que se tiene como hipótesis, por un lado, que puede ser atribuido por el tipo de sustancia utilizada en la captura del CO_2 , en este caso se utilizó hidróxido de sodio (NaOH), sin embargo, se podría haber usado otro tipo de sustancias como el hidróxido de potasio (KOH) o el hidróxido de bario $\text{Ba}(\text{OH})_2$ como se muestra en la ASTM D 5988-3, debido a la diferencia de capacidad de absorber el CO_2 por parte de cada una de estas sustancias esto puede variar los resultados obtenidos, al ser este el componente principal para medir los mg de CO_2 desprendidos por el chicle en su degradación. Tanto en el artículo “On the CO_2 absorption velocity of NaOH and KOH solutions”, como “Rate of absorption of carbon dioxide effect of concentration and viscosity of caustic solutions”, realizan una comparación en cuanto a la velocidad de absorción de CO_2 por parte del NaOH y KOH, en los cuales se observa que la velocidad de absorción del CO_2 por parte del KOH es mayor a la del NaOH [90], [91] .

Por otro lado, al no utilizarse una aislación en la tapa de los envases, esto pudo haber causado fugas del CO_2 , por lo que la medición pudo verse afectada.

5. ANALISIS FINANCIERO DE LA PRODUCCIÓN DEL CHICLE BIODEGRADABLE

Para el análisis financiero de este proyecto, se tiene en cuenta cada parámetro que influye al flujo de caja, por lo cual primeramente se selecciona un área que supla con el espacio necesario de las zonas de la empresa, las cuales son: zona administrativa, una bodega que se divide en la recepción de materias primas y almacenamiento para el producto terminado, y finalmente la zona donde va a estar la planta de producción. Aproximadamente se espera tener un terreno de un área de 450 m² ya que los equipos a tienen dimensiones medianamente grandes que requieran de un área más extensa.

5.1 Ingresos

El chicle es un producto el cual se consume en varias etapas de la vida, ya sea que lo consuma desde un niño a una persona adulta, por lo tanto, en Colombia especialmente la demanda del chicle es tanta que el mercado de chicle mueve más de \$204'000.000.000 COP de ventas, además que el consumo per cápita es de 70 unidades. Marcas como Tumix, Chiclets y Trident producen en promedio casi 7000 toneladas anuales [92]. Basado en ese estudio se asume que para la producción de chicles biodegradables a partir de torta de Sacha Inchi se producirán alrededor de 350 toneladas anuales siendo este el 5% perteneciente a las 7000 toneladas que se producen al año de chicle, además que como es un producto recién en el mercado no se puede esperar una producción más grande en comparación con las marcas tradicionales que llevan años en la industria.

De las 350 toneladas anuales de chicle que se producirán se plantea vender al por mayor una caja que contiene 24 paquetes de chicles el cual consta de 10 chicles con un peso de 2 g esto basado en la venta online actual de la página Mayorista express del chicle Trident. Por lo tanto, se venderán hasta \$2,083,333.33 cajas de chicles anuales con un incremento anual de 0.5%. Teniendo en cuenta que para un chicle Trident con un peso neto de 30.6 g el gramo está a \$117.32 COP como se evidencia en página web de Tiendas Jumbo 2021, es el referente para este caso en el que el precio de gramo de chicle estará en \$99.722 COP debido a que inicialmente no causa el mismo impacto que un chicle Trident el cual lleva años en el mercado,

se considera que cada caja de chicles pesa alrededor de 480 g entonces el precio de venta de estas cajas de \$47,867 COP al por mayor con un incremento anual del 0.1%.

Tabla 26.

Total, de ingresos de producción durante 10 años

INGRESOS			
AÑO	Cajas de chicles vendidas	Precio unitario de caja al por mayor	Total, de ingresos
1	729,166	\$47,867.00	\$34,903,020,833.33
2	732,813	\$47,914.87	\$35,112,613,473.44
3	733,545	\$47,962.78	\$35,182,873,813.00
4	734,279	\$48,010.74	\$35,253,274,743.50
5	735,013	\$48,058.76	\$35,323,816,546.26
6	735,748	\$48,106.81	\$35,394,499,503.17
7	736,484	\$48,154.92	\$35,465,323,896.67
8	737,220	\$48,203.08	\$35,536,290,009.79
9	737,958	\$48,251.28	\$35,607,398,126.10
10	738,696	\$48,299.53	\$35,678,648,529.75

Nota. Análisis de las ventas y ganancias de la producción del producto terminado durante los próximos 10 años.

5.2 Costo de producción y depreciación

Para el cálculo de los costos necesarios de producción que se van a necesitar en los próximos años, se tiene en cuenta el precio de los equipos que se utilizarán en la producción a nivel industrial del chicle, adicionalmente se calcula la depreciación de cada equipo aplicando la ecuación 2. Según el decreto 3019 de 1989 la vida útil para maquinaria o equipos es de 10 años [93].

Ecuación 2. Depreciaciones de activos fijos

$$D = \frac{C}{n}$$

Donde:

D=depreciación anual

C=costo total del activo

n=Años de vida útil

Tabla 27.*Costos de equipos para producción del chicle biodegradable*

EQUIPO	UNIDAD	COSTO UNITARIO (COP)	COSTO TOTAL (COP)	VIDA UTIL (AÑOS)	DEPRECIACIÓN (COP/AÑOS)
Tamiz	1	\$13,223,560.00	\$13,223,560.00	10	\$1,322,356.00
Mezclador	1	\$18,890,800.00	\$18,890,800.00	10	\$1,889,080.00
Tanque de mezcla con agitador y calentador eléctrico	1	\$30,688,000.00	\$30,688,000.00	10	\$3,068,800.00
Banda transportadora	6	\$4,533,792.00	\$27,202,752.00	10	\$2,720,275.20
Extrusora	1	\$23,020,260.00	\$23,020,260.00	10	\$2,302,026.00
Maquina cortadora	1	\$65,224,070.00	\$65,224,070.00	10	\$6,522,407.00
Unidad de manipulación de aire	1	\$8,364,846.00	\$8,364,846.00	10	\$836,484.60
Maquina empaquetadora	1	\$46,040,520.00	\$46,040,520.00	10	\$4,604,052.00
TOTAL:			\$232,654,808.00	TOTAL:	\$23,265,480.80

Nota. En la tabla se evidencia los costos unitarios y el costo total de cada equipo utilizado para el proceso de producción del chicle biodegradable, todos los precios fueron obtenidos de: Xinxiang gaofu machinery co. Ltd, Guangzhou Kenchi Automatic Equipment Co., Ltd, Henan Yingda Heavy Industry Co., Ltd. Jiangsu Xinda Tech Limited. Beijing Holtop Air Conditioning Co., Ltd. Foshan Soontrue Mechanical Equipment Co., Ltd.

Para el costo total de la depreciación se incluye la del terreno, como ya se menciona anteriormente este tendrá un área de 450 m², y el precio que se tiene en cuenta es el del m² en la ciudad de Cali La Paila, ya que en este sitio se encuentran plantas similares dedicadas a la producción de productos de confitería. Adicional a esto para el cálculo de la depreciación se sabe que la vida útil del terreno será de 45 años [93].

Tabla 28.

Depreciación y costo del terreno

Área del terreno m ²	Precio del m ² (COP)	Precio total (COP)	Vida Útil (años)	Depreciación (COP)
450	\$2'155.000[94], [95]	\$969,750,000.00	45	\$21,550,000.00

Nota. En la tabla se evidencian los costos del terreno y la depreciación que tendrá esta edificación.

Para los demás costos de producción se incluye el salario mínimo para dos técnicos los cuales se encargarán de manejar las máquinas y de estandarizar los tiempos de producción para lograr el objetivo semanal. Este salario mínimo tendrá un aumento en los próximos años de un 5% ya que se promedió el precio histórico del salario mínimo en Colombia durante los últimos 5 años [96]. Adicionalmente se tiene en cuenta los gastos para la materia prima necesaria los cuales están en la tabla 29 realizada inicialmente para producir una sola tonelada, ya en la tabla 30 esta extrapolada para la cantidad que se necesitara anualmente, el costo de la materia prima aumenta anualmente en un 0,1%.

Para calcular los costos que se requieren para producir una tonelada de chicle biodegradable, se hace uso de la siguiente formula donde se compara con el precio y cantidades disponibles de venta en el mercado:

Ecuación 3. Cálculo del costo de producción de una tonelada de chicle

$$Y_1 = \frac{X_1 * Y}{X}$$

Donde:

Y= Precio En el mercado (COP)

X= Cantidad de venta en el mercado

Y₁= Precio para producir una tonelada (COP)

X₁= Cantidad en gramos necesaria para producir 1 tonelada

Adicional a esto no se tiene en cuenta el precio del ácido oleico ya que esta opción fue descartada por poca afinidad con los ingredientes iniciales del chicle, solo se contemplan los ingredientes de la tabla 29.

Tabla 29.*Costos de producción de una tonelada de chicle.*

INGREDIENTES	% En la formulación	Cantidad de venta en el mercado	Precio En el mercado (COP)	Cantidad en gramos necesaria para producir 1 tonelada	Precio para producir una tonelada (COP)
Etanol al 70%	39.5%	623 g	\$5,900	395.000 g	\$3,740,770.47
Torta de Sacha Inchi	5%	1000 g	\$50,000	50.000 g	\$2,500,000.00
Enzima papaína	1%	1000 g	\$135,000	10.000 g	\$1,350,000.00
Propilenglicol (Opción 2)	27.5%	700 g	\$35,000	275.000 g	\$13,750,000.00
Gelatina hidrolizada	13%	250 g	\$23,500	130.000 g	\$12,220,000.00
Maltodextrina	5%	1000 g	\$29,000	50.000 g	\$1,450,000.00
Glucosa	10%	453,6 g	\$6,000	100.000 g	\$1,322,751.32
Stevia	0.35%	500 g	\$26,500	3.500 g	\$185,500.00
Ácido cítrico	2%	250 g	\$4,600	20.000 g	\$368,000.00
Colorante	0.10%	12 g	\$4,800	1.000 g	\$400,000.00
Saborizante	0.15%	56 g	\$3,500	1.500 g	\$93,750.00
TOTAL:	\$37,380,771.79				

Nota. En la tabla se evidencia la cantidad total de dinero necesario para producir una tonelada de chicle biodegradable.

Tabla 30.*Gastos de producción del proyecto*

GASTOS DE PRODUCCIÓN				
AÑO	Técnico 1	Técnico 2	Materia prima	Total, costos de producción
1	\$12,179,760.00	\$12,179,760.00	\$33,642,694,609.42	\$33,667,054,129.42
2	\$12,788,748.00	\$12,788,748.00	\$33,810,908,082.46	\$33,836,485,578.46
3	\$13,428,185.40	\$13,428,185.40	\$33,844,718,990.55	\$33,871,575,361.35
4	\$14,099,594.67	\$14,099,594.67	\$33,878,563,709.54	\$33,906,762,898.88
5	\$14,804,574.40	\$14,804,574.40	\$33,912,442,273.25	\$33,942,051,422.05
6	\$15,544,803.12	\$15,544,803.12	\$33,946,354,715.52	\$33,977,444,321.77
7	\$16,322,043.28	\$16,322,043.28	\$33,980,301,070.24	\$34,012,945,156.79
8	\$17,138,145.44	\$17,138,145.44	\$34,014,281,371.31	\$34,048,557,662.19
9	\$17,995,052.72	\$17,995,052.72	\$34,048,295,652.68	\$34,084,285,758.11
10	\$18,894,805.35	\$18,894,805.35	\$34,082,343,948.33	\$34,120,133,559.03

Nota. En la presente tabla se ven reflejados el costo total de la producción durante los próximos 10 años

Los gastos fijos se generan en el primer año de inicio de la producción y son la inversión inicial del proyecto, proceden del costo total de los equipos y del terreno.

Tabla 31.

Gastos fijos del proyecto

GASTOS FIJOS	
Costo total de equipos (COP)	\$232,654,808.00
Costo total del terreno (COP)	\$969,750,000.00
Total, gastos fijos (COP)	\$1,202,404,808.00

Nota. En la tabla se presenta el costo total de los gastos fijos que se tienen en el proyecto.

5.3 Gastos Administrativos.

Los gastos administrativos hacen referencia especialmente al personal que no pertenece al trabajo en la planta de producción sin embargo si hace parte de la actividad económica, y gerencial que tiene una empresa normalmente. Para este caso solo se tiene en cuenta el salario de la secretaria y la gerente como se observa en la Tabla 32.

Tabla 32.

Gastos administrativos del proyecto

GASTOS ADMINISTRATIVOS			
AÑO	Secretaria	Gerente	Total, costos administrativos
1	\$12,179,760.00	\$24,179,760.00	\$36,359,520.00
2	\$12,788,748.00	\$25,388,748.00	\$38,177,496.00
3	\$13,428,185.40	\$26,658,185.40	\$40,086,370.80
4	\$14,099,594.67	\$27,991,094.67	\$42,090,689.34
5	\$14,804,574.40	\$29,390,649.40	\$44,195,223.81
6	\$15,544,803.12	\$30,860,181.87	\$46,404,985.00
7	\$16,322,043.28	\$32,403,190.97	\$48,725,234.25
8	\$17,138,145.44	\$34,023,350.52	\$51,161,495.96
9	\$17,995,052.72	\$35,724,518.04	\$53,719,570.76
10	\$18,894,805.35	\$37,510,743.94	\$56,405,549.30

Nota. Costos totales administrativos durante los próximos 10 años.

Los gastos administrativos para el personal de la tabla 32, iran aumentando los próximos años en un 5%.

5.4 Gastos Comerciales

Para los gastos comerciales solo se tiene en cuenta la cantidad de dinero que se necesitara para el transporte que se encargara de distribuir los chicles a lugares como tiendas, supermercados y almacenes de cadena de todo el país, no se opta por el momento en comprar un camión, se decide únicamente hacer uso de servicio de empresa de mensajería como lo es Servientrega la cual ofrece tarifas asequibles para cargas de un peso mayor a 6 kg como se muestra en la figura 31.

Figura 31.

Tarifas de Servientrega

SOLUCIÓN MERCANCÍA PREMIER (Después 6 Kg.)			
Condiciones Comerciales	Tipo despacho		
	Nacional	Zonal	Urbano
Peso mínimo por unidad	30	30	30
Flete Fijo Mínimo Por Unidad	\$ 20.300	\$ 14.200	\$ 11.300
Tasa de Manejo por Unidad	1,00%	1,00%	1,00%
Costo Mínimo de Manejo	\$ 7.900	\$ 7.500	\$ 7.100
Flete Total mínimo	\$ 28.200	\$ 21.700	\$ 18.400

Factor de conversión peso volumen 400 Kg./m³.

Nota. La figura muestra las diferetes tarifas disponible de la empresa servientrega para cargas superiores a los 6 kg. Tomado de: Servientrega. Disponible: https://www.servientrega.com/wps/portal/tarifas!/ut/p/z1/04_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfljo8ziTS08TTwMTAz93f1cTAwCg5yMfP0MHT2DvI31w8EKDHAARwP9KGL041EQhd_4cP0oPFYYOfoaQRXgMaMgNzTCINNREQABHpnn/dz/d5/L2dBISEvZ0FBIS9nQSEh/ [Acceso: Oct.15,2021]

Se establece que se usara el servicio nacional y zonal y que la tarifa del transporte aumentara cada año un 2%.

Tabla 33.*Gastos comerciales*

GASTOS COMERCIALES		
AÑO	Transporte	Total, costos comerciales
1	\$15,000,000.00	\$15,000,000.00
2	\$15,300,000.00	\$15,300,000.00
3	\$15,606,000.00	\$15,606,000.00
4	\$15,918,120.00	\$15,918,120.00
5	\$16,236,482.40	\$16,236,482.40
6	\$16,561,212.05	\$16,561,212.05
7	\$16,892,436.29	\$16,892,436.29
8	\$17,230,285.01	\$17,230,285.01
9	\$17,574,890.72	\$17,574,890.72
10	\$17,926,388.53	\$17,926,388.53

Nota. Total, de gastos comerciales durante los próximos 10 años.

5.5 Indicadores Financieros

Los indicadores financieros que ayudaran a saber si el proyecto es viable o no es el cálculo del Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa de retorno (TIR). El VAN va a representar el valor presente de los flujos efectivos netos de un proyecto, es decir de cuanto será la diferencia entre los ingresos y los egresos ya sea de forma mensual o anual, así se puede entender si el proyecto cumplirá las expectativas de ganancia o si por lo menos es viable invertir en este para lograr llevar al máximo las ganancias con respecto a la inversión inicial. En cuanto a la TIR es muy similar al VAN ya que también da un indicio de la viabilidad del proyecto, sin embargo, este indicador se basa en señalar el rendimiento generado por los fondos invertidos en el proyecto, es decir, mide el dinero mantenido en el proyecto [97].

Otro indicador importantes es el Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI) este indicador mide el tiempo en el que se recupera toda la inversión al valor presente , indicando en qué fecha o en qué año se cubre toda la inversión total [98].

Para calcular el VNA, TIR y el PRI, se realiza un flujo de caja en el que se tiene en cuenta los ingresos que tendrá el proyecto y los egresos donde se incluyen: gastos fijos, de

producción, administrativos, comerciales y la depreciación. El flujo de caja para este proyecto es evaluado a 10 años y se establece una tarifa de impuestos del 32% [99].

Tabla 34. Flujo de caja para la producción de chicle biodegradable

Periodo	Ingresos	Costos producción	Gastos adm	Gastos ventas	Depreciación y amort. difer.	Utilidad antes de impuestos	Impuesto (32%)	Utilidad después de impuestos	Depreciación y amort. difer.	Inversión fija	Flujo de caja neto (COP)
0										- 1,202,404,808	-\$1,202,404,808
1	\$34,903,020,833	\$33,667,054,129	\$36,359,520	\$15,000,000	\$44,815,481	\$1,139,791,703	\$364,733,345	\$775,058,358	\$44,815,481		\$819,873,839
2	\$35,112,613,473	\$33,836,485,578	\$38,177,496	\$15,300,000	\$44,815,481	\$1,177,834,918	\$376,907,174	\$800,927,744	\$44,815,481		\$845,743,225
3	\$35,182,873,813	\$33,871,575,361	\$40,086,371	\$15,606,000	\$44,815,481	\$1,210,790,600	\$387,452,992	\$823,337,608	\$44,815,481		\$868,153,089
4	\$35,253,274,743	\$33,906,762,899	\$42,090,689	\$15,918,120	\$44,815,481	\$1,243,687,554	\$397,980,017	\$845,707,537	\$44,815,481		\$890,523,018
5	\$35,323,816,546	\$33,942,051,422	\$44,195,224	\$16,236,482	\$44,815,481	\$1,276,517,937	\$408,485,740	\$868,032,197	\$44,815,481		\$912,847,678
6	\$35,394,499,503	\$33,977,444,322	\$46,404,985	\$16,561,212	\$44,815,481	\$1,309,273,504	\$418,967,521	\$890,305,982	\$44,815,481		\$935,121,463
7	\$35,465,323,897	\$34,012,945,157	\$48,725,234	\$16,892,436	\$44,815,481	\$1,341,945,589	\$429,422,588	\$912,523,000	\$44,815,481		\$957,338,481
8	\$35,536,290,010	\$34,048,557,662	\$51,161,496	\$17,230,285	\$44,815,481	\$1,374,525,086	\$439,848,027	\$934,677,058	\$44,815,481		\$979,492,539
9	\$35,607,398,126	\$34,084,285,758	\$53,719,571	\$17,574,891	\$44,815,481	\$1,407,002,426	\$450,240,776	\$956,761,649	\$44,815,481		\$1,001,577,130
10	\$35,678,648,530	\$34,120,133,559	\$56,405,549	\$17,926,389	\$44,815,481	\$1,439,367,552	\$460,597,617	\$978,769,935	\$44,815,481		\$1,023,585,416

Nota. Flujo de caja neto para la producción de chicle biodegradable a partir de torta de Sacha Inchi

Para el cálculo del VAN se utilizó la ecuación 4 y para la TIR se utilizó también la ecuación 4 despejando la i .

Ecuación 4. Valor Anual Neto [100].

$$VNA = \sum_{j=0}^n \frac{I_j}{(1+i)^j} - \sum_{j=0}^n \frac{E_j}{(1+i)^j}$$

Donde:

t =Periodo

I = ingresos

I = Tasa (TD) valor desconocido

E = Egresos

n = Último periodo

Para el cálculo del PRI se utiliza la ecuación 5.

Ecuación 5. Periodo de recuperación de la inversión [100].

$$PRI = a + \frac{(b - c)}{d}$$

Donde:

a = Año inmediato anterior en que se recupera la inversión.

b = Inversión Inicial.

c = Flujo de Efectivo Acumulado del año inmediato anterior en el que se recupera la inversión.

d = Flujo de efectivo del año en el que se recupera la inversión.

El VNA, TIR y el PRI se calcularon en Excel obteniendo los resultados de la tabla 35.

Tabla 35.

Resultado financiero

INDICADOR FINANCIERO	RESULTADO
VNA	\$897,889,163.60COP
TIR	71%
PRI	3 años

Nota. Resultado de los indicadores financiero del proyecto para producir un chicle biodegradable de torta de Sacha Inchi.

5.6 Análisis De Resultados Del Estudio Financiero

Para un periodo de 10 años el valor actual neto (VNA) es \$897,889,163.60 COP, un resultado positivo que indica que realizar la inversión de este proyecto garantiza por lo menos obtener ganancias con respecto a lo que se invirtió en el año 0, por lo que, la producción de un chicle biodegradable a partir de torta de Sacha Inchi es un proyecto rentable en el cual se puede invertir.

Con respecto a la tasa interna de retorno (TIR) la cual indica el beneficio de pérdida o ganancia que tendrá la misma, se puede afirmar que para la producción de chicle biodegradable a partir de torta de Sacha Inchi en un periodo de 10 años ofrece una TIR de beneficio de hasta un 71% indicando que tiene una rentabilidad muy buena para el futuro del proyecto.

Adicionalmente con el resultado del Periodo de recuperación de la inversión (PRI) se obtiene que para este proyecto el capital invertido en el año 0 se recupera en el tercer año de iniciada la producción.

6. CONCLUSIONES

Se eligió la Papaína como la enzima más adecuada, debido a que los sitios activos presentes en esta, son los aminoácidos en mayor proporción presentes en la Torta de Sacha Inchi, en comparación con la Neutrasa, por otro al comparar el punto isoeléctrico de la torta de Sacha Inchi junto con el pH óptimo de la Papaína y la Neutrasa, la papaína es la que tiene un rango del pH óptimo en el cual se logra la mayor solubilidad con la torta de Sacha Inchi. Adicionalmente la actividad específica de la papaína es mucho mayor al de la enzima Neutrasa, por lo que si se utiliza la papaína requiere una menor cantidad de enzima para hidrolizar un sustrato. Por último, esta es más económica y con mayor disponibilidad en Colombia ya que al ser originaria de la papaya hay un mayor abastecimiento de esta fruta, caso contrario con la Neutrasa que al originarse de una cepa de *Bacillus* su disponibilidad puede llegar a ser limitada en Colombia y mucho más costosa.

El ácido oleico no se consideró un buen plastificante para las formulaciones planteadas, ya que este no interactuó bien con la torta de Sacha Inchi al dar un resultado de un chicle con un aspecto grasoso y poco agradable debido a sus carácter hidrofóbico, por lo que el mejor plastificante para las formulaciones planteadas en la producción de chicle a partir de la torta de Sacha Inchi fue el propilenglicol el cual aportó una textura sensorial agradable y una muy buena afinidad durante todo el proceso de producción ocasionado por su carácter hidrofílico una buena unión con las proteínas mayormente hidrofílicas de la torta de Sacha Inchi.

Se obtuvo que las formulaciones planteadas B y D son biodegradables, pues su tiempo de degradación fue de 56 días, a comparación del chicle comercial el cual tarda 5 años en degradarse. Partiendo de esto, la mejor formulación de chicle biodegradable a partir de la torta de Sacha Inchi que puede ser una alternativa para el chicle tradicional es la B que contiene 27.5% de propilenglicol y 1% de papaína, ya que demuestro características similares o no tan alejadas a la del chicle tradicional en cuanto a la densidad, actividad del agua, porcentaje de alargamiento, dureza y biodegradabilidad.

La producción de chicle biodegradable a partir de torta de Sacha Inchi es un proceso rentable, ya que a partir del análisis de costos e ingresos fue posible determinar una tasa interna de

retorno del 71% y una recuperación de 2 años del dinero invertido en el año 0, evidenciando así una muy buena rentabilidad a futuro para el proyecto.

BIBLIOGRAFIA

- [1] M. C. Suárez Peña, “Un colombiano Consume 70 Chiclos Cada Año.” 2016, [En Línea]. Disponible: <https://www.larepublica.co/empresas/un-colombiano-consume-70-chiclos-cada-ano-2401276>
- [2] ASTM D5988-03, “Standard Test Method for Determining Aerobic Biodegradation in Soil of Plastic Materials or Residual Plastic Materials After Composting,” ASTM Int., Pp. 1–6, 2012, [En Línea]. Disponible: <https://pdfstandards.net/wp-content/uploads/2019/03/D-5988.pdf>
- [3] M. Nieto Hernández, “Desarrollo de un Chiclo Biodegradable Inhibidor del Streptococcus Mutans Involucrado en la Formación de la Caries,” Universidad Nacional Autónoma de México Facultad, 2013, [En línea]. Disponible: <http://132.248.9.195/ptd2013/agosto/0699796/0699796.pdf>
- [4] A. N. Alayón y I. Echeverri J., “Sacha Inchi (Plukenetia Volubilis Linneo): ¿Una Experiencia Ancestral Desaprovechada? Evidencias Clínicas Asociadas a su Consumo” Rev. Chil. Nutr., Vol. 43, No. 2, Pp. 167–171, 2016, Doi: 10.4067/S0717-75182016000200009, [En línea]. Disponible: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rchnut/v43n2/art09.pdf>
- [5] D. C. Vásquez Osorio, “Aprovechamiento de Subproductos de Sacha Inchi (Plukenetia Volubilis L.): Desarrollo de un Producto Alimenticio, Empleando Harina Proveniente de Torta Residual en la Extracción del Aceite,” Corporación Universitaria Lasallista, 2016, [En línea]. Disponible: http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/1691/1/Aprovechamiento_subproductos_sacha_inchi.pdf
- [6] L. Y. Quispe Quispe y M. Rojas Villanueva, “Hidrolisis Enzimática del Sustrato Obtenido de la Torta de Sacha Inchi (Plukenetia Volubilis Linneo) Para Mejorar la Calidad Proteica,” Universidad Nacional Del Centro Del Perú, 2013, [En línea]. Disponible: <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/2191/Quispe%20quispe%20-Rojas%20Villanueva.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [7] M. V. Luque Guillen, “Estructura y Propiedades de las Proteínas,” 2011, [En línea]. Disponible: https://www.uv.es/tunon/pdf_doc/proteinas_09.pdf

- [8] L. Jingping, L. Weisheng, y J. Foster, “Ingestible and Degradable Chewing Gum Including Enzymatic Hydrolyses of Proteins,” 2001, [En línea]. Disponible: <https://patentimages.storage.googleapis.com/bf/af/35/eab8e799ce3104/WO2001001788A1.pdf>
- [9] M. I. Piedra Alfaro, “Grasas,” Guías Alimentarias para la educación nutricional en Costa Rica, 2018, [En línea]. Disponible: https://www.ministeriodesalud.go.cr/gestores_en_salud/guiasalimentarias/grasas.pdf
- [10] F. Pérez Romero, “Evaluación de Cuatro Temperaturas de Prensado en la Calidad del Aceite Virgen de Sacha Inchi (Plukenetia Volubilis L.),” Universidad Nacional del Centro del Perú, 2008, [En línea]. Disponible: <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/2634/PerezRomero.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [11] J. Wagner, “La Utilización de Soja en la Alimentación Humana,” [En línea]. Disponible: <http://www.ms.gba.gov.ar/calidadalimentaria/ciclo1/4conf.htm>
- [12] W. F. Salas Valerio, “Obtención de Bebida de Soya en Polvo a Partir de Frijol de Soya (Glycine Max),” Universidad Nacional Agraria - La Molina, 1981, [En línea]. Disponible: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/1818>
- [13] Agronet, “Sacha Inchi, Proteína Para Bebida Funcional de Mango y Piña.” 2019, [En línea]. Disponible: <https://www.agronet.gov.co/noticias/paginas/sacha-inchi,-proteína-para-bebida-funcional-de-mango-y-piña.aspx>
- [14] D. Vásquez, J. Jaramillo, G. Hincapié, y L. Vélez, “Desarrollo de Galletas Empleando Harina de Sacha Inchi (Plukenetia Volubilis L.) Obtenida de la Torta Residual,” Ugcienza, No. December, Pp. 101–113, 2017, [En línea]. Disponible: <https://revistas.ugca.edu.co/index.php/ugciencia/article/view/781/1192>
- [15] D. Vásquez Osorio, G. A. Hincapié Llanos, M. Cardona, D. I. Jaramillo, y L. Vélez Acosta, “Formulación de una Colada Empleando Harina de Sacha Inchi (Plukenetia Volubilis L.) Proveniente del Proceso de Obtención de Aceite,” *Perspect. En Nutr. Humana*, Vol. 19, No. 2, Pp. 167–179, 2017, Doi: 10.17533/Udea.Penh.V19n2a04, [En línea]. Disponible: <https://revistas.udea.edu.co/index.php/nutricion/article/view/328012/20790654>
- [16] K. S. Simbala Loor y M. E. Orrala Alume, “Estudio del Sacha Inchi (Plukenetia

- Volubilis) y su Aplicación en la Repostería Ecuatoriana,” Universidad de Guayaquil, 2019, [En línea]. Disponible: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/42169/1/BINGQ-GS-19P46.pdf>
- [17] A. M. Vanegas-Azuero y L. F. Gutiérrez, “Physicochemical and Sensory Properties of Yogurts Containing Sacha Inchi (*Plukenetia Volubilis* L.) Seeds And B-Glucans from *Ganoderma Lucidum*,” *J. Dairy Sci.*, Vol. 101, No. 2, Pp. 1020–1033, 2018, Doi: 10.3168/Jds.2017-13235, [En línea]. Disponible: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2017-13235>
- [18] Wipo IP Portal, “1. WO2008003638 - Cosmetic Preparation Comprising an Anti-Aging Skin Care Complex.” 2007, [En línea]. Disponible: <https://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=WO2008003638>
- [19] J. Alcívar-Cobeña, “Torta de Sacha Inchi (*Plukenetia Volubilis*) Sustituto Parcial de Soya Para Alimentar Pollos Broiler: Sacha Inchi Cake (*Plukenetia Volubilis*) Partial Substitute For Soya to Feed Broiler Chickens,” *REV CIENT FAC CIEN V*, Pp. 134–141, 2021, [En línea]. Disponible: <https://produccioncientificaluz.org/index.php/cientifica/article/view/35746>
- [20] R. Miranda Gelvez y C. Guerrero Alvarado, “Efecto de la Torta de Sacha Inchi (*Plukenetia Volubilis*) Sobre el Desempeño Productivo de Juveniles de Tilapia Roja (*Oreochromis Sp.*),” *Respuestas*, Vol. 20, 2015, [En línea]. Disponible: https://www.researchgate.net/publication/319916153_efecto_de_la_torta_de_sacha_inchi_plukenetia_volubilis_sobre_el_desempeno_productivo_de_juveniles_de_tilapia_roja_oreochromis_sp
- [21] S. Vélez P y S. Vélez Pérez, “Exploración De La Sacha Inchi (*Plukenetia Volubilis*) Como Fuente de Proteína Para Uso en Nutrición Animal en Colombia [Recurso Electrónico],” P. 26, 2013, [En línea]. Disponible: <http://repository.eafit.edu.co/handle/10784/1327>
- [22] E. G. Torres Sánchez, B. Hernández-Ledesma, y L. F. Gutiérrez, “Sacha Inchi Oil Press-Cake: Physicochemical Characteristics, Food-Related Applications and Biological Activity,” *Food Rev. Int.*, Vol. 00, No. 00, Pp. 1–12, 2021, Doi: 10.1080/87559129.2021.1900231, [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.1900231>

- [23] Z. A. Hurtado Ordoñez, “Análisis Composicional de la Torta y Aceite de Semillas de Sacha Inchi (*Plukenetia Volubilis*) Cultivada en Colombia,” Universidad Nacional De Colombia Facultad, 2013, [En línea]. Disponible: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/21717/7609501.2013.pdf?sequence=1>
- [24] S. Rawdkuen y D. Murdayanti, “Chemical Properties and Nutritional Factors of Pressed-Cake from Tea and Sacha Inchi Seeds,” *Food Biosci.*, Vol. 15, 2016, [En línea]. Disponible: https://www.researchgate.net/publication/303499724_chemical_properties_and_nutritional_factors_of_pressed-cake_from_tea_and_sacha_inchi_seeds
- [25] B. Hamaker Et Al., “Amino Acid and Fatty Acid Profiles of the Inca Peanut (*Plukenetia Volubilis*),” *Cereal Chem.*, Vol. 69, 1992, [En línea]. Disponible: https://www.cerealsgrains.org/publications/cc/backissues/1992/documents/69_461.pdf
- [26] RELAB, “Libro de Estructura de Proteínas y Enzimas”, [En línea]. Disponible: <https://laboratoriosportatiles.cl/wp-content/uploads/2016/11/Libro-Proteinas-y-Enzimas2.pdf>
- [27] Facultad De Química UNAM, “Los Aminoácidos” [En línea]. Disponible: <http://depa.fquim.unam.mx/proteinas/estructura/EPamm1.html>
- [28] Agronet, “Área, Producción y Rendimiento Nacional Por Cultivo.” [En línea]. Disponible: <https://www.agronet.gov.co/estadistica/paginas/home.aspx?cod=1#>
- [29] PROCOLOMBIA, “El Aceite Colombiano de Sacha Inchi Pisa Fuerte en el Mercado Internacional.” 2021, [En línea]. Disponible: <https://procolombia.co/noticias/el-aceite-colombiano-de-sacha-inchi-pisa-fuerte-en-el-mercado-internacional>
- [30] ICGA, “What Is Chewing Gum?”, [En línea]. Disponible: <http://www.gumassociation.org/index.cfm/facts-figures/frequently-asked-questions/>
- [31] E. Nix, “Chew on This: The History of Gum,” 2015, [En línea]. Disponible: <https://www.history.com/news/chew-on-this-the-history-of-gum>
- [32] ICGA, “The Science and Technology Behind Chewing Gum Ingredients.”, [En línea]. Disponible: <http://www.gumassociation.org/index.cfm/science-technology/ingredients-technology/>

- [33] Chemicalsa Fety Facts, “Conservadores.”, [En línea]. Disponible: <https://www.chemicalsafetyfacts.org/es/conservantes/>
- [34] M.-P. H. Elti-Chanes J., Vergara-Balderas F., Pérez E., Bermúdez D., Valdez-Fragoso A., “Phase Transitions y Hygroscopicity in Chewing Gum Manufacture.” Food Eng. Ser., 2008, [En línea]. Disponible: https://doi.org/10.1007/978-0-387-75430-7_8
- [35] ICGA, “Manufacturing Proces.”, [En línea]. Disponible: <http://www.gumassociation.org/index.cfm/science-technology/manufacturing-process/>
- [36] Semana, “Chicles Biodegradables Contra el Cambio Climático.” 2012, [En línea]. Disponible: <https://www.semana.com/chicles-ecologicos-contra-cambio-climatico/161785/>
- [37] Make Change, “How Long Does It Take for Gum to Decompose?” [En línea]. Disponible: <https://Makechange.Aspiration.Com/How-Long-Does-It-Take-For-Gum-To-Decompose/>
- [38] V. Maranhão FS, Marques D, “Chewing Gum Degradation as an Environmental Awakening Tool,” MOJ Poly Sci, 2018, [En línea]. Disponible: <http://medcraveonline.com/mojps/chewing-gum-degradation-as-an-environmental-awakening-tool.html>.
- [39] El Tiempo, “Botar Chicles y Colillas a la Calle: Más Cerca de Afectar su Bolsillo,” 2017, [En línea]. Disponible: <https://www.eltiempo.com/bogota/avanza-proyecto-que-penalizaria-botar-chicles-y-cigarrillos-en-la-calle-126242>
- [40] M. Ávila Bohórquez, “Limpieza de la Vía Pública. Eliminación de Restos de Goma de Mascar de la Calzada.” Escuela Técnica Superior De Ingeniería Universidad De Sevilla, 2014, [En línea]. Disponible: <https://docplayer.es/30051428-Limpieza-de-la-via-publica-eliminacion-de-restos-de-goma-de-mascar-de-la-calzada.html>
- [41] CHICZA, “Chicles Chicza.” [En línea]. Disponible: <https://chicza.com/>
- [42] R. Cook, “Conferections Compriseng a Proteinaceous Chewable Base,” 1996, [En línea]. Disponible: http://abpat.kipris.or.kr/abpat/remoteFile.do?method=fullText&publ_key=US000005482722A1&cntry=US&patno_fg=PAN
- [43] L. C. Rodríguez Peña, “Aislamiento de la Proteína a Partir de la Torta de Sacha Inchi

- (*Plukenetia Volubilis* Linneo),” Universidad Santo Tomás, Bucaramanga, 2020, [En línea]. Disponible: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/23229/2020laurarodriguez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [44] EHU, “Enzimas,” Curso de Biomoléculas, [En línea]. Disponible: <http://www.ehu.eus/biomoleculas/enzimas/enz1.htm>
- [45] L. Santín, “Aplicaciones Enzimáticas en Procesos de Conservación y Restauración de Obras de Arte. Consolidación de Celulosa,” 2011, [En línea]. Disponible: <https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/14292/4-%20Cap%C3%ADtulo%20I.%20Las%20enzimas.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- [46] F. Del R. Bermudez Molina and R. G. Lipe Sanabria, “Estudio Preliminar de la Actividad Proteolítica de la Enzima Papaina Sobre Cicatrices de Tipo Queloides y Estrias,” 2005, [En línea]. Disponible: <https://docplayer.es/17034544-Estudio-preliminar-de-la-actividad-proteolitica-de-la-enzima-papaina-sobre-cicatrices-de-tipo-queloides-y-estrias.html>
- [47] F. Ramírez, “La Papaína y su Potencial Como Producto de Valor Agregado en Costa Papain and Its Potential as a Value-Added Product in Costa Rica,” 2019, [En línea]. Disponible: https://www.researchgate.net/publication/332738556_La_papaina_y_su_potencial_como_producto_de_valor_agregado_en_Costa_Papain_and_its_potential_as_a_value-added_product_in_Costa_Rica
- [48] A. M. Puig Rodriguez, “Desarrollo de un Proceso Para la Extracción de Papaína en Colombia,” 2008, [En línea]. Disponible: <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/23586/u303039.pdf>
- [49] C. Banchon, “Inmovilización de Papaína en Soporte de Quitosano,” Repos. Univ. Guayaquil, 2005, [En línea]. Disponible: http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/413/1/TESIS_955.pdf
- [50] C. Halim, “How Does the Change in Temperature of Papain Affect It Is Reaction Rate with Gelatin?” 2016, [En línea]. Disponible: https://issuu.com/kellyhalim/docs/sci_-_bio_enzyme_lab_report.docx
- [51] J. Balcázar Valencia, David, y A. M. Victoria Stearling, “Obtención de Papaína a Partir

- del Látex de la Carica Papaya Por Medio de un Sistema de Dos Fases Acuosas,” 2012, [En línea]. Disponible: <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/16744/0470293.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [52] S. Rawdkuen, N. Rodzi, y S. Pinijsuwan, “Characterization of Sacha Inchi Protein Hydrolysates Produced by Crude Papain and Calotropis Proteases,” *Lwt*, Vol. 98, 2018, Doi: 10.1016/J.Lwt.2018.08.008, [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.08.008>
- [53] Z. Chen, Y. Wang, W. Liu, J. Wang, y H. Chen, “A Novel Cross-Linked Enzyme Aggregates (Cleas) of Papain and Neutrase-Production, Partial Characterization and Application,” *Int. J. Biol. Macromol.*, Vol. 95, Pp. 650–657, 2017, Doi: 10.1016/J.Ijbiomac.2016.11.083, [En línea]. Disponible: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.11.083>
- [54] Y. S. Viguera-Morales, “Enzimas Proteolíticas: Generalidades y la Importancia de las Aspartil Proteasas Fúngicas,” *CIERMMI Mujeres en la Cienc. T.4*, Pp. 1–15, 2019, Doi: 10.35429/H.2019.4.1.15, [En línea]. Disponible: https://www.ecorfan.org/handbooks/Handbooks_Mujeres_en_la_Ciencia_TIV/Handbooks_Mujeres_en_la_Ciencia_TIV_1.pdf
- [55] S. Damrongsakkul, K. Ratanathampan, K. Komolpis, y W. Tanthapanichakoon, “Enzymatic Hydrolysis of Rawhide Using Papain and Neutrase,” *J. Ind. Eng. Chem.*, Vol. 14, No. 2, Pp. 202–206, 2008, Doi: 10.1016/J.Jiec.2007.09.010, [En línea]. Disponible: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1226086X07000299>
- [56] J. L. Mercado, C. C. Elías, y G. J. Pascual, “Obtención de un Aislado Proteico De Torta de Sacha Inchi (*Plukenetia Volubilis* L.) y Evaluación de Sus Propiedades Tecnofuncionales Protein Isolated From Cake Of Sacha Inchi (*Plukenetia Volubilis* L .),” *an. Científicos*, Vol. 76, No. 1, Pp. 160–167, 2015, [En línea]. Disponible: <https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/acu/article/view/777/745>
- [57] SCRIBD, “Propilenglicol Usos y Propiedades.” [En línea]. Disponible: <https://es.scribd.com/document/368392761/propilenglicol-usos-y-propiedades-docx>
- [58] Ecured, “Ácido Oleico.” [En línea]. Disponible: https://www.ecured.cu/ácido_oleico

- [59] Unidad de Informática del Instituto de Química, “Ácido Oleico.” 2019, [En línea]. Disponible: <https://uniiquim.iquimica.unam.mx/compuesto-item/acido-oleico-0001>
- [60] Universidad Del País Vasco Euskal Herriko Umbertistatea, “Ácidos Grasos y Sus Derivados.” [En línea]. Disponible: <http://www.ehu.eus/biomoleculas/lipidos/lipid31.htm>
- [61] Biomodel UAH, “Propiedades de los Ácidos Grasos.” [En línea]. Disponible: <http://biomodel.uah.es/model2/lip/acgr-prop.htm>
- [62] B. A. McGowan, G. W. Padua, y S. Y. Lee, “Formulation of Corn Zein Chewing Gum and Evaluation of Sensory Properties by The Time-Intensity Method,” *J. Food Sci.*, Vol. 70, No. 7, Pp. S475–S481, 2005, Doi: 10.1111/J.1365-2621.2005.Tb11495.X, [En línea]. Disponible: [http://lib3.dss.go.th/fulltext/Journal/Journal of food science/2005 v.70/no.7/26466jfsv70n7pS0475-0481ms20040742%5B1%5D.pdf](http://lib3.dss.go.th/fulltext/Journal/Journal%20of%20food%20science/2005%20v.70/no.7/26466jfsv70n7pS0475-0481ms20040742%5B1%5D.pdf)
- [63] Codex Alimentarius, “Programa Conjunto FAO/OMS Sobre Normas Alimentarias Comité del Codex Sobre Aditivos Alimentarios,” *J. Chem. Inf. Model.*, Vol. 53, No. 9, Pp. 1689–1699, 2019, [En línea]. Disponible: https://www.fao.org/gsfaonline/docs/CXS_192s.pdf
- [64] J..Valderrey, Menéndez, “Propiedades de Proteínas.” 2021, [En línea]. Disponible: <https://www.asturnatura.com/articulos/proteinas/propiedades-de-las-proteinas.php>
- [65] K. Nate, “Sacha Inchi (*Plukenetia Volubilis* L.)-From Lost Crop of The Incas to Part of The Solution to Global Challenges?” *Planta*, 2020, Doi: 10.1007/S00425-020-03377-3. PMID: 32185506, [En línea]. Disponible: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32185506/>
- [66] S. G. Sathe SK, Kshirsagar HH, “Solubilization, Fractionation, and Electrophoretic Characterization of Inca Peanut (*Plukenetia Volubilis* L.),” *Plant Foods Hum Nutr*, Vol. 3, 2012, Doi: 10.1007/S11130-012-0301-5. PMID: 22886084, [En línea]. Disponible: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22886084/>
- [67] J. Alcivar, “Technical note on physical-chemical composition of Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) cake,” *Cuba. J. Agric. Sci.*, Vol. 54, 2020, [En línea]. Disponible: <http://cjas.science.com/index.php/CJAS/article/view/934/1053>
- [68] L. A. Chel-Guerrero, L. Corzo-Rios, y D. A. Betancur-Ancona, “Estructura y Propiedades Funcionales de Proteínas de Leguminosas,” *Rev. La Univ. Autónoma*

- Yucatán, Vol. 18, Pp. 34–43, 2003, [En línea]. Disponible: <https://www.revistauniversitaria.uady.mx/pdf/227/ru2275.pdf>
- [69] E. De I. I.- Uva, “Propiedades Ácido - Base de las Sales: Hidrólisis,” Pp. 1–4, [En línea]. Disponible: <http://www.eis.uva.es/organica/practiclas/P4-Hidrolisis.pdf>
- [70] Clinisciencias, “Tris-Hcl (Ph 8.8).” [En línea]. Disponible: <https://www.clinisciencias.com/es/-186/tris-hcl-ph-8-8-7001159.html>
- [71] ROTH, “Ficha de Datos de Seguridad, Fosfato Trisódico Dodecahidrato, Puro,” 2019, [En línea]. Disponible: <https://www.carlroth.com/medias/SDB-8613-ES-ES.pdf?context=bWFzdGVyfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0c3wyNDU5NTd8YX BwbGljYXRpb24vcGRmfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0cy9oMjQvaGU4Lzg5O DcwMjY1ODc2NzgucGRmfGZIYWQyOWNhMGMxNjQ2Y2UxOGM3MTdlMWJfj MTBjNGNINDBIMTA2MzM3YTdmN2Y5YTYxNGRhMDM0NWI5OWI3Y2Y>
- [72] Todo Químicos, “Hoja de Seguridad Alcohol Industrial Desnaturalizado 70%.” 2020, [En línea]. Disponible: <https://recintodelpensamiento.com/comitecafeteros/hojasseguridad/files/hojasseg/hsalcoholindustrial202058183010.pdf>
- [73] ROTH, “Ficha de Datos de Seguridad, Solución Tampón Ph 10,00 ±0,01 (20° C) ROTI®STAR.” 2020, [En línea]. Disponible: <https://www.carlroth.com/medias/SDB-9983-ES-ES.pdf?context=bWFzdGVyfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0c3wyNDAYnZf8YX BwbGljYXRpb24vcGRmfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0cy9oYmIvaDdhLzg5O DA3NjM1MDg3NjYucGRmfDZmMWY1N2JlZDZmZDc5NjhhZDdlZWE4ZDQyM2 E5MGEzZTIjY2Y1YjE3OWIxOWIwNDRIYjBhYWY4ZWM2OWFINzc>
- [74] ROTH, “Ficha de Datos de Seguridad, Dodecil Sulfato de Sodio ≥99,3 %, Blotting-Grade.” 2021, [En línea]. Disponible: <https://www.carlroth.com/medias/SDB-0183-ES-ES.pdf?context=bWFzdGVyfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0c3wyOTAzNDB8Y XBwbGljYXRpb24vcGRmfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0cy9oZmEvaDQwLzk wMjY1NDc4NzU4NzAucGRmfGVmMzU5ZDI1OWRjYVhZMzZmZDc5NjhhZDdlZWE4ZDQyM2 g0ZjAwMDQwZjliNjE3MjZlODU3ZjAyOWU1NjJmYWY4ZWM2OWFINjI>
- [75] ROTH, “Ficha de Datos de Seguridad, Ácido Acético ROTIPURAN® 100 %, P.A.” 2021, [En línea]. Disponible: <https://www.carlroth.com/medias/SDB-3738-ES-ES.pdf?context=bWFzdGVyfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0c3wyOTBhZmEvaDQwLzkwMjY1NDc4NzU4NzAucGRmfGVmMzU5ZDI1OWRjYVhZMzZmZDc5NjhhZDdlZWE4ZDQyM2 g0ZjAwMDQwZjliNjE3MjZlODU3ZjAyOWU1NjJmYWY4ZWM2OWFINjI>

- ES.pdf?context=bWFzdGVyfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0c3wzMzkyNzJ8YXBwbGljYXRpb24vcGRmfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0cy9oZjQvaDJhLzkwMzk0MTQ2MjQyODYucGRmfGMxYTc5YTc0Njg0ZDRiZWYxNjQwNTIIN2U2ZmZhYTg1YzYyOWM4MjZiMTk0Y2VmNzZmM2NzJmNDFIZDlmM2ZmMGQ
- [76] Avantor, “Hoja de Datos de Seguridad.” 2011, [En línea]. Disponible: https://www.javeriana.edu.co/documents/4486808/5015300/bicarbonato+de+sodio+_avantor.pdf/e708f092-d863-4b57-bed0-7f1df546e063?version=1.0
- [77] ROTH, “Información de Seguridad Voluntaria Apoyándose en el Formato de Ficha de Datos de Seguridad Conforme al Reglamento (CE) N.º 1907/2006 (REACH).” 2019, [En línea]. Disponible: <https://www.carlroth.com/medias/SDB-HN68-ES-ES.pdf?context=bWFzdGVyfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0c3wyMjg2MDN8YXBwbGljYXRpb24vcGRmfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0cy9oMDgvaDdmLzkwMjQ1NjMxODM2NDYucGRmfDkxNDEyNTUzM2Q3NTVmMTRhZjY0ZjVmOGU4ZTdiZmNkNjU3NzZjYTA2MjRjZTUyYmI0NGM0NzVjODk5YzZiYWE>
- [78] Química PIMA, “Hoja de Datos de Seguridad de Materiales.” 2009, [En línea]. Disponible: http://www.quimicapima.com/industrial/Bicarbonato_de_Sodio_HDS.pdf
- [79] Química PIMA, “Hoja de Datos de Seguridad de Materiales Ácido Bórico.” 2009, [En línea]. Disponible: http://www.quimicapima.com/industrial/Acido_borico_HDS.pdf
- [80] Insst, “Documentación Toxicológica Para la Actualización del Límite de Exposición Profesional del Ácido Acético.” 2018, [En línea]. Disponible: <https://www.insst.es/documents/94886/431980/dlep+119+ácido+acético++año+2018.pdf/1d5b5a9a-4438-4105-8b77-3e68196f2701?version=1.0&t=1551310408920>
- [81] Ebd, “Fichas Internacionales de Seguridad Química.” 2000, [En línea]. Disponible: <http://www.ebd.csic.es/lie/PDF/ETANOL.pdf>
- [82] N. A. Yañez Pacheco, “Elaboración de Películas a Partir de las Fracciones Minoritarias de Zeína de Maíz Criollo Azul,” Benemérita Universidad Autónoma De Puebla, 2018, [En línea]. Disponible: <https://repositorioinstitucional.buap.mx/bitstream/handle/20.500.12371/7307/130618TL.pdf?sequence=1>

- [83] E. Becerra, “Agua y Actividad de Agua”, Universidad Nacional de San Agustín, 2016, [En línea]. Disponible: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/3291/IAbecue03.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [84] F. Cardona, “Actividad del Agua en Alimentos: Concepto, Medida y Aplicaciones,” Dep. Tecnol. Aliment. Univ. Politécnica Val., 2019, [En línea]. Disponible: [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/121948/cardona - actividad del agua en alimentos%3a concepto%2c medida y aplicaciones.pdf?sequence=1&isallowed=y](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/121948/cardona%20-actividad%20del%20agua%20en%20alimentos%3a%20concepto%2c%20medida%20y%20aplicaciones.pdf?sequence=1&isallowed=y)
- [85] A. G. Muñoz Rojas y J. A. Vega Viera, “Análisis Instrumental de Productos Agroind.” 2014, [En línea]. Disponible: <https://es.slideshare.net/vegabner/determinacin-de-la-textura>
- [86] TECHLAB SYSTEMS, “Analizador de Textura / Firmeza Computarizado Ftm-50,” Metrotec. [En línea]. Disponible: https://www.metrotec.es/wp-content/uploads/sites/30/2014/02/FTM50_Analizador_Textura-Firmeza_Alimentos.pdf
- [87] B. Witold y D. Zhang, “Tensile Elongation at Break for Polymers Related to Vickers Hardness, Materials Letters,” Vol. 276, 2020, [En línea]. Disponible: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167577X20308843>
- [88] AZO MATERIALS, “Rheology of Polymers.” 2015, [En línea]. Disponible: <https://www.azom.com/article.aspx?articleid=12099>
- [89] M. Alemán y F. Guido, “Comparación de Dos Técnicas Para la Determinación de Carbono Orgánico del Suelo, en el LAFQA Departamento De Química,” 2015, [En línea]. Disponible: <https://repositorio.unan.edu.ni/2722/1/71958.pdf>
- [90] B. Lauren, “Rate of Absorption of Carbon Dioxide Effect of Concentration and Viscosity of Caustic Solutions,” [En línea]. Disponible: <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/ie50299a008#>
- [91] M. Kiyoshi, “On the Co2 Absorption Velocity of Naoh- And Koh-Solutions,” J. Biochem., Vol. Xiii, Pp. 211–217, [En línea]. Disponible: https://www.jstage.jst.go.jp/article/biochemistry1922/13/1/13_1_211/_pdf
- [92] SECTORIAL, “Tumix, Chiclets y Trident Lideran la Venta de Chicles en Colombia.”

- 2016, [En línea]. Disponible: <https://www.sectorial.co/informativa-chocolate-y-confiteria/item/51893-tumix,-chiclets-y-trident-lideran-la-venta-de-chicles-en-colombia>
- [93] JURISCOL, “Decreto 3019 de 1989.” 1989, [En línea]. Disponible: <http://www.suin-juriscol.gov.co/viewdocument.asp?ruta=decretos/1507895>
- [94] OIKOS, “Conozca el Precio del Metro Cuadrado en 5 Ciudades en Colombia.” 2019, [En línea]. Disponible: <https://www.oikos.com.co/inmobiliaria/noticias-inmobiliaria/precio-del-metro-cuadrado-de-5-ciudades-de-colombia#:~:text=bogotá%3a el precio promedio de,de estrato 4 desde %243.969>
- [95] Finca Raiz, “Valor del Metro Cuadrado de Vivienda Nueva en Cali.” 2019, [En línea]. Disponible: www.fincaraiz.com.co
- [96] Noticias Laborales, “Definido Salario Mínimo en Colombia Para 2021.” 2020, [En línea]. Disponible: <https://www.eempleo.com/co/noticias/noticias-laborales/definido-salario-minimo-en-colombia-para-2021-6221>
- [97] R. Mete, “Valor Actual Neto y Tasa de Retorno o Rendimiento,” *Inst. Investig. En Ciencias Económicas Y Financ. Univ. La Salle - Boliv.*, Vol. 7, Pp. 67–85, 2014, [En línea]. Disponible: http://www.scielo.org/bo/pdf/rfer/v7n7/v7n7_a06.pdf
- [98] ESAN, “El PRI: uno de los indicadores que más llama la atención de los inversionistas.” 2017, [En línea]. Disponible: <https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2017/01/el-pri-uno-de-los-indicadores-que-mas-llama-la-atencion-de-los-inversionistas/>
- [99] La República, “La Tarifa Del Impuesto de Renta a Empresas en Colombia es de las Más Altas de la Ocede.” 2021, [En línea]. Disponible: <https://www.larepublica.co/economia/la-tarifa-del-impuesto-de-renta-a-empresas-en-colombia-es-de-las-mas-altas-de-la-ocde-3152287>
- [100] F. Londoño, “Desarrollo de la Ingeniería Conceptual de una Planta de Producción de Biodiesel a Condiciones Súper Críticas Para la Empresa Proptelma Felipe,” 2018, [En línea]. Disponible: <http://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/6734/1/6112702-2018-I-IQ.pdf>

ANEXOS

ANEXO 1

CERTIFICADO DE ANALISIS DE LA ENZIMA PAPAÑA UTILIZADA PARA PRODUCIR EL CHICLE BIODEGRADABLE.



Analytical report / Certificado de Análisis

PAPAÑA

Lote/batch: PSM100-20-179
Fecha de fabricación/man. date: Marzo 04, 2020
Fecha de expiración/exp. date: Marzo 03, 2022

Origen/origin: Bélgica
Cantidad/quantity: 500 kg

Propiedades	Estándar (Método)	Resultados
Apariencia	Polvo, con Maltodextrina, extracto de la fruta Carica Papaya L	Conforme
Color	Blanco a amarillo pálido	Conforme
Olor	Típico a Papaña	Conforme
Actividad enzimática	100 TU/mg min. (IT.Lab.11)	110 TU/mg
pH	4.8 – 6.2 (IT.Lab.19)	5.96
Humedad	≤ 7.0% (IT.Lab.20)	3.83%
Recuento aeróbico microbiano	≤ 1000 CFU en 1 g (ISO 4833)	< 100 CFU/g
Recuento de hongos y levaduras	≤ 100 CFU en 1 g (NF V 08-059)	< 100 CFU/g
Enterobacteriaceae total	≤ 10 CFU en 1 g (ISO 21528-2)	< 10 CFU/g
Coliformes totales	≤ 30 CFU en 1 g (AFNOR BRD 07/8-12/04)	< 10 CFU/g
Escherichia Coli	No detectado (AFNOR BRD 07/7-12/04)	No detectado
Staphylococcus Aureus	No detectado (AFNOR BRD 07/9-02/05)	No detectado
Salmonella spp.	Ausente en 25 g (AFNOR BRD 07/11-12/05)	0

La información contenida aquí no es considerada como garantía del producto, nosotros certificamos que esta información es una fiel copia del certificado de análisis de nuestro proveedor, por lo tanto, no libera al cliente de hacer la verificación de su pedido. Los documentos electrónicos no requieren firma/ The information content on this document is not considered a guarantee of the product. Under this term, we certificate that the information is provided by the certificate of analysis of the supplier, the above information does not release the customer from making his own control upon receipt of goods. The electronic document does not require firms.

EMITIDO POR:


ASEGURAMIENTO DE CALIDAD
Jefe de Calidad

Nota. Certificado de análisis otorgado por el proveedor de la enzima papaña que se utilizó para realizar el chicle

ANEXO 2

PRUEBA DE CENIZAS PARA LA TORTA DE SACHA INCHI.

Se siguió la metodología y ecuación expuesta por [43], como se muestra a continuación:

1. Se pesó alrededor de 2 g por muestra en un crisol previamente pesado
2. Se calentó el crisol en una placa de calentamiento hasta que la muestra se carbonizo
3. Se llevó a la mufla a 550°C hasta mostrar cenizas
4. Para el cálculo de cenizas se utilizó la siguiente ecuación:

$$\%Cenizas = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} * 100\%$$

Donde:

m_0 = Peso del crisol vacío (g)

m_1 = Peso del crisol con la muestra(g)

m_2 = Peso del crisol con ceniza cruda (g)

Como resultados se obtuvo lo siguiente, la prueba se repitió por triplicado:

Muestra	Peso de muestra	m_0	m_1	m_2	% Ceniza
1	2.0424	18.3364	20.3788	18.4013	3.177634156
2	2.027	20.0875	22.1145	20.1525	3.206709423
3	2.0341	16.6825	18.7166	16.7667	4.139422841




En promedio el porcentaje de ceniza obtenido es de 3.51 %



Nota. Secuencia fotográfica de la determinación de cenizas para la torta de Sacha Inchi.

ANEXO 3

SECUENCIA FOTOGRAFICA DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS FORMULACIONES DEL CHICLE BIODEGRADABLE CON SU REPLICA.

A	B	C	D
			
A (RÉPLICA)	B (RÉPLICA)	C (RÉPLICA)	D (RÉPLICA)
			

Nota. fotografías de los resultados de las formulaciones del chicle biodegradable, se hizo una cantidad grande por lo cual todas quedaron con esa forma

ANEXO 4

RESULTADOS DEL ENSAYO DE ACTIVIDAD DEL AGUA PARA EL CHICLE PATRÓN Y LA FORMULACION B Y D CON SUS REPLICAS.



FUNDACION UNIVERSITARIA AGRARIA DE COLOMBIA

DIRECCION SECCIÓN DE LABORATORIOS

LABORATORIO DE NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN

FECHA DE RECEPCIÓN	08 de septiembre de 2021
ANALISTA	Olga Marín Mahecha
TIPO DE MUESTRA	*Chicle Biodegradable
ANÁLISIS SOLICITADO	Contenido de agua
TÉCNICA UTILIZADA	EQUIPO MEDIDOR ACTIVIDAD AGUA

MUESTRA (chicle-tradicional-trident)	Aw	Temperatura
Replica No 1	0.483	16.44
Replica No 2	0.492	16.68
Replica No 3	0.494	16.79

MUESTRA -B	Aw	Temperatura
Replica No 1	0.538	16.89
Replica No 2	0.549	17.04
Replica No 3	0.547	17.21

MUESTRA REPLICA -B	Aw	Temperatura
Replica No 1	0.543	17.43
Replica No 2	0.548	17.42
Replica No 3	0.567	17.43

MUESTRA -D	Aw	Temperatura
Replica No 1	0.558	17.27
Replica No 2	0.561	17.24
Replica No 3	0.562	17.22

MUESTRA REPLICA -D	Aw	Temperatura
Replica No 1	0.584	17.28
Replica No 2	0.592	17.29
Replica No 3	0.584	17.24

*Datos reportados con base en una muestra de 10 gramos en estado sólido

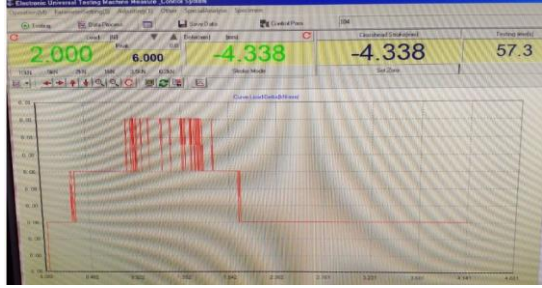
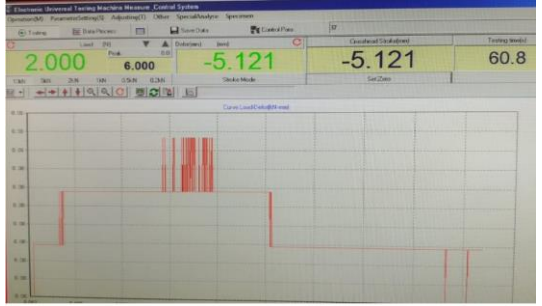
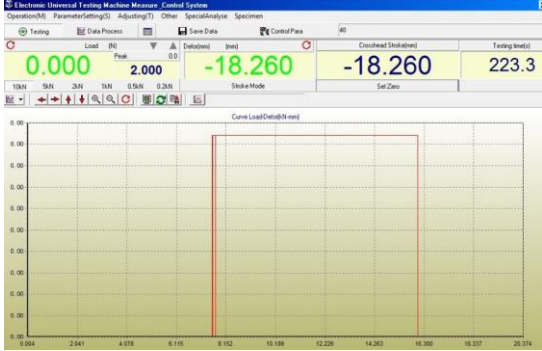
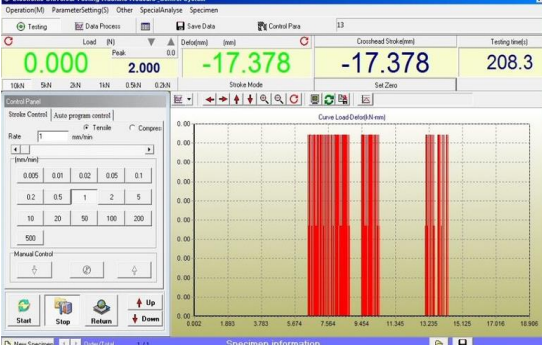


Olga Marín M.

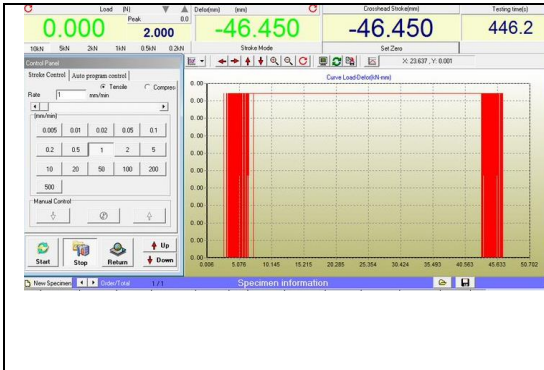
FIRMA RESPONSABLE

Nota. Resultados reportados por el laboratorio de la Universidad Uniagraria para el ensayo de actividad del agua de los chicles B, D y el Patrón

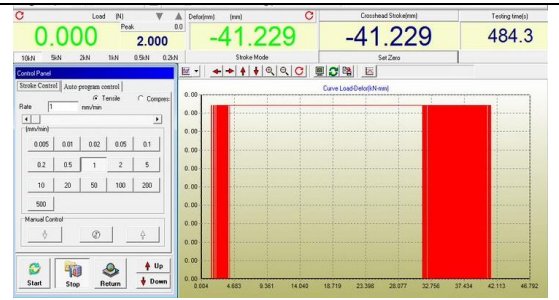
ANEXO 5

RESULTADOS DEL ENSAYO DE ELASTICIDAD PARA EL CHICLE PATRÓN Y LA FORMULACION B% Y D% CON SUS REPLICAS.

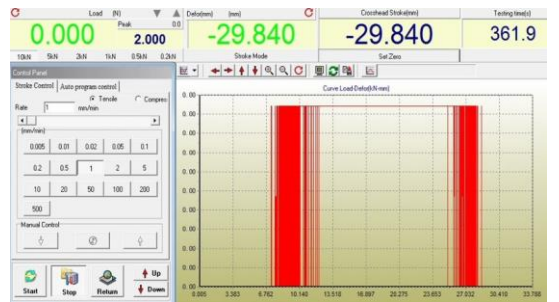
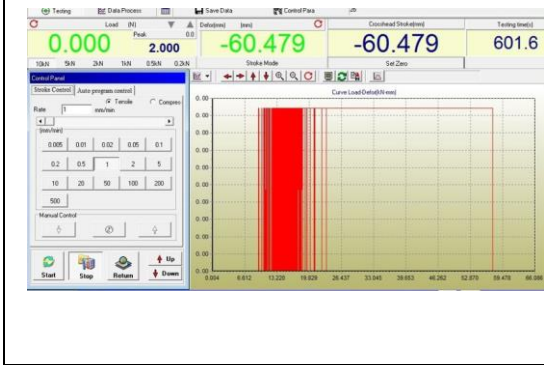
<p>Chicle comercial Primera medida</p> 	<p>Chicle comercial Segunda medida</p> 
<p>Chicle B% Primera medida</p> 	<p>Chicle B% Segunda medida</p> 
<p>Chicle B% Replica Primera medida</p> 	<p>Chicle B% Replica Segunda medida</p> 
<p>Chicle D% Primera medida</p>	<p>Chicle D% Segunda medida</p>



Chicle D% Replica Primera medida



Chicle D% Replica Segunda medida



Nota. Resultados reportados por el laboratorio de la Universidad Uniagraria para el ensayo de elasticidad de los chicles B, D y el Patrón

ANEXO 6

RESULTADOS DEL ENSAYO DE DUREZA PARA EL CHICLE PATRÓN Y LA FORMULACION B% Y D% CON SUS REPLICAS.

FUNDACION UNIVERSITARIA AGRARIA DE COLOMBIA



DIRECCION SECCIÓN DE LABORATORIOS

LABORATORIO DE INSTRUMENTACIÓN ANALÍTICA

DATOS TEXTUROMETRO PARA MUESTRA DE CHICLE		
TEST	NORMAL	
TRIGGER	20.0 G	
DISTANCE	10.0 mm	
SPEED	1.0 mm/s	
MUESTRA	PEAK LOAD	FINAL LOAD
CONTROL O TRADICIONAL (TRIDENT)		
REPLICA 1	4582.5 g	4252.5 g
REPLICA 2	4502.5 g	4378.0 g
REPLICA 3	3957.5 g	3888.0 g
MUESTRA B		
REPLICA 1	906.0 g	906.0 g
REPLICA 2	865.0 g	858.5 g
REPLICA 3	849.0 g	848.0 g
MUESTRA REPLICA -B		
REPLICA 1	946.5 g	945.5 g
REPLICA 2	970.0 g	967.5 g
REPLICA 3	995.0 g	992.0 g
MUESTRA D		
REPLICA 1	739.0 g	734.0 g
REPLICA 2	709.0 g	707.0 g
REPLICA 3	638.0 g	638.0 g
MUESTRA REPLICA - D		
REPLICA 1	755.0 g	755.0 g
REPLICA 2	850.0 g	845.0 g
REPLICA 3	803.5 g	803.5 g

Deiris Suárez Rivero
Docente- Investigador
FIRMA RESPONSABLE

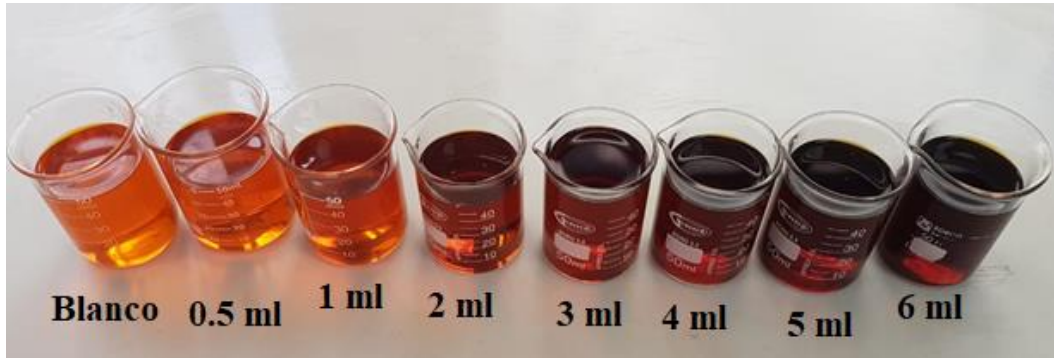
Olga María Mateocha
VoBo DIR SECCIÓN LABORATORIOS

Nota. Resultados reportados por el laboratorio de la Universidad Uniagraria para el ensayo de dureza de los chicles B, D y el Patrón

ANEXO 7

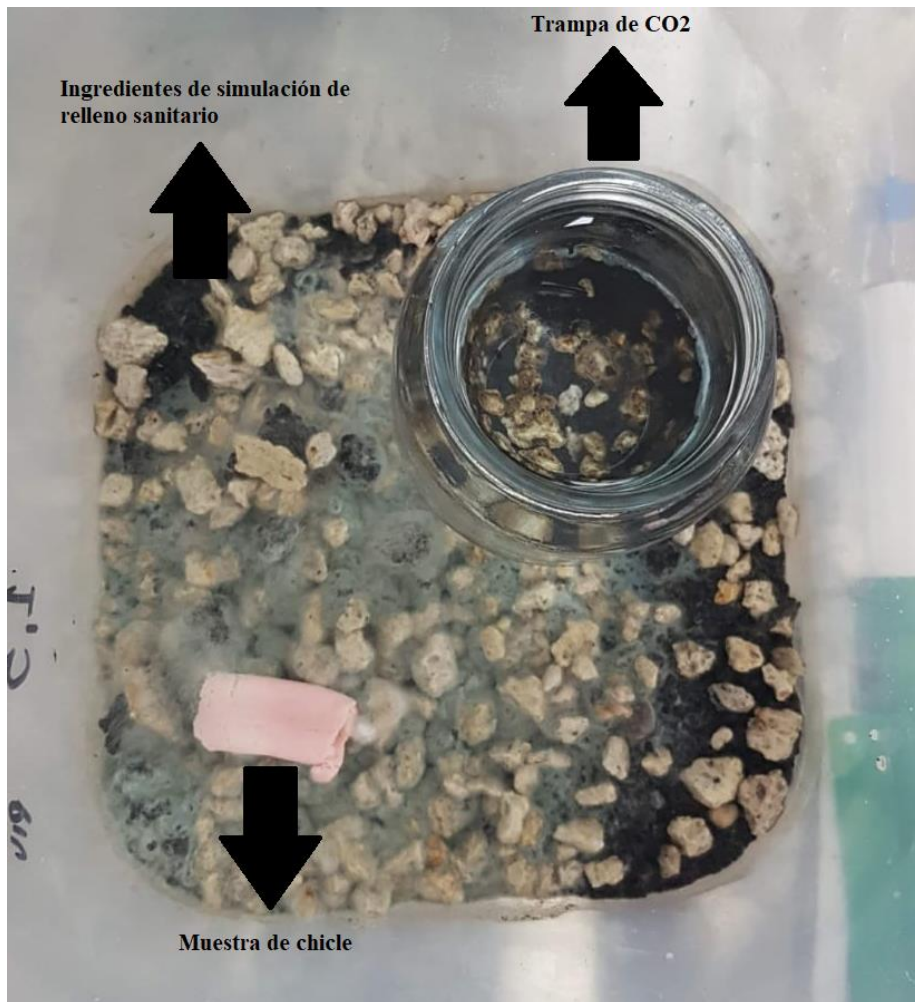
RESULTADOS DE LA FILTRACION DE LAS MUESTRAS PARA DETERMINAR EL CARBONO ORGANICO MEDIANTE EL METODO DE COLORIMETRIA.

A continuación, se observan los resultados obtenidos para la curva de calibración de la prueba de colorimetría, en el cual se varió la cantidad de alícuotas de la solución de sacarosa.



Nota. Resultados de la filtración de las muestras para el ensayo de colorimetría.

ANEXO 8
MONTAJES DE BIODEGRADACIÓN



Nota. Montaje de relleno sanitario para la prueba de biodegradabilidad del chicle.

ANEXO 9

RECOMENDACIONES

A manera de recomendación se indica lo siguiente:

Se recomienda probar otro tipo de plastificante que no provengan de alguna grasa o compuestos oleosos ya que estos compuestos son hidrofóbicos lo que ocasiona poca sinergia con la torta Sacha Inchi ya que la mayor cantidad de proteínas presentes en estas son hidrofílicas, preferiblemente realizar un nuevo estudio con plastificantes pertenecientes a la familia de los Polialcohol ya que se demostró una buena afinidad con la torta de Sacha Inchi y el propilenglicol.

Implementar una etapa de enfriamiento en el proceso planteado para la elaboración de chicle biodegradable, ya que este podría llegar a mejorar la dureza de estos, evitando problemas ocasionados al no poseer la ideal. A su vez implementar etapa de extrusión con el fin de evaluar los posibles problemas que en esta se puede presentar en el momento de ensayar en planta industrial la producción de este.

Ampliar el rango de las concentraciones establecidas de la enzima papaína en el diseño de experimentos con el fin de evaluar más a fondo el comportamiento de esta en el sustrato, además aplicar la cinética enzimática donde se incluya la gráfica de Michaelis-Menten así poder obtener los niveles de saturación de esta enzima y conocer más a fondo la interacción de enzima sustrato para este chicle.

Realizar un estudio de temperatura de transición vítrea, con el fin de conocer si las formulaciones planteadas se encuentran dentro de la temperatura vítrea establecida para un chicle, a su vez realizar un estudio por calorimetría diferencial de barrido (DSC), para evidenciar si los cambios de dureza debido a los efectos de la temperatura están relacionados con la transición vítrea de los chicles.

Para el análisis financiero se recomienda evaluar el estudio y los indicadores financieros implementando el costo del mantenimiento que tiene cada equipo utilizado para la

producción a nivel industrial. Además, realizar un balance de masa del proceso de producción planteado teniendo más claro las cantidades de materia prima que se van a requerir y a consumir.