

**EVALUACIÓN DEL PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE EXTRACTO DE SEMILLA
DE GUAYABA (*Psidium guajava* L.) PARA SU USO EN LA INDUSTRIA
ALIMENTARIA**

**VALENTINA CAMELO MONTENEGRO
FRANCY LORENA ROMERO GIRALDO**

**Proyecto integral de grado para optar al título de:
INGENIERO QUÍMICO**

Director:

FELIPE CORREA MAHECHA

Ingeniero Químico

Magister en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BOGOTÁ D.C.**

2023

NOTA DE ACEPTACIÓN

Felipe Correa Mahecha
Firma Director

Jurado 1

Jurado 2

Bogotá D.C., 10 de junio del 2023

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 GUZMAN

Vicerrector Administrativo y Financiero

Dr. RICARDO ALFONSO PEÑARANDA CASTRO

Secretario General

Dr. JOSE LUIS MACIAS RODRIGUEZ

Decana Facultad de Ingenierías

Ing. NALINY PATRICIA GUERRA PRIETO

Directora Facultad de Ingeniería Química y Ambiental

Ing. NUBIA LILIANA BECERRA OSPINA

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y los docentes no son responsables por las ideas y conceptos emitidos en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores

DEDICATORIA

Principalmente, agradezco a mi madre Johana Giraldo quien me brindó la oportunidad de poder estudiar esta carrera y gracias a ella puedo ser la persona que soy hoy en día, por haberme dado la sabiduría y la fortaleza necesaria para completar un logro más en mi vida. De igual manera, a mis abuelos Carmen Peña y Arturo Giraldo quienes han sido un apoyo incondicional a lo largo de mi formación académica y personal. A Manuel, Cristian, Jhon Giraldo y a mis Padrinos, quienes también han estado ahí para apoyarme. Y claramente a Valentina Camelo Montenegro que más que una compañera de tesis, se convirtió en mi amiga, y que sin planearlo iniciamos y terminamos una etapa juntas, gracias a ella por la paciencia, la confianza y las risas del día a día, puedo decir que fue un gusto compartir esta travesía con ella. Hoy se termina un ciclo de aprendizaje, pero será el inicio de algo mucho más grande.

Francy Lorena Romero Giraldo

En primer lugar, quiero dedicarle este trabajo a Dios por darme la oportunidad de tener unos padres que con su apoyo y esfuerzo he logrado estudiar. Principalmente a mis padres, Cesar Camelo quien gracias a él tengo la oportunidad de realizar estudios profesionales y ha sido un apoyo incondicional durante la carrera, y Jenmy Montenegro quien siempre estuvo a mi lado para apoyarme y ser un soporte en cada paso. A todos mis abuelitos que siempre estuvieron dándome consejos y apoyo en los momentos más duros. Por otro lado, gracias a Andrés Jiménez quien me ha impulsado a seguir adelante desde el día uno de la carrera y que con su ayuda en los momentos más difíciles he logrado llegar hasta acá. Por último, a mi compañera Francy Lorena, gracias por elegirme como tu compañera de tesis, sin duda alguna hacemos un equipo excepcional, donde todos los momentos de estrés se hicieron más amenos con nuestras risas, gracias por hacer parte de esta etapa que como tú lo dices, iniciamos y terminamos juntas.

Valentina Camelo Montenegro

AGRADECIMIENTOS

Queremos principalmente agradecer a nuestro director Felipe Correa Mahecha por confiar en esta propuesta de investigación, apoyarnos y ser nuestro guía para la correcta realización y entrega de este proyecto. Asimismo, al semillero ProCycles y al profe Juan Sandoval por sus palabras de apoyo.

Agradecemos a los laboratorios de la Universidad de América resaltando la colaboración de Jeidy Faisuly y Sara Rincón, por su disposición para ayudarnos siempre con lo que lo necesitamos.

A las empresas de bocadillo Los Guayabos la Villa, El cristal, El Ruiz, La Selección y La Moniquireña por el suministro de la materia prima (semillas de guayaba) para la ejecución de esta investigación. A Juan González de laboratorios Leptón por su ayuda y a todas aquellas personas que contribuyeron para la culminación de este trabajo de grado.

Francy Lorena Romero Giraldo - Valentina Camelo Montenegro

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
RESUMEN	17
INTRODUCCIÓN	18
OBJETIVOS	20
1. MARCO TEÓRICO	21
1.1. Extracto	21
1.2. Plantas Oleaginosas	21
1.2.1. <i>Semillas oleaginosas</i>	21
1.3. Guayaba (<i>Psidium guajava</i> L.)	22
1.3.1. <i>Taxonomía</i>	23
1.3.2. <i>Origen y producción</i>	23
1.3.3. <i>Valor nutricional, propiedades y beneficios</i>	25
1.4. Semillas de guayaba (<i>Psidium guajava</i> L.)	26
1.4.1. <i>Perfil fitoquímico y antioxidante</i>	26
1.4.2. <i>Perfil nutricional</i>	28
1.5. Extracto de semilla de guayaba	31
1.5.1. <i>Aplicaciones</i>	34
2. METODOLOGÍA PARA LA OBTENCIÓN DEL EXTRACTO DE SEMILLA DE GUAYABA (<i>Psidium guajava</i> L.)	36
2.1. Caracterización de la materia prima	36
2.1.1. <i>Fuentes de recolección de las semillas de guayaba</i>	37
2.1.2. <i>Caracterización básica</i>	38
2.1.3. <i>Pretratamiento</i>	39
2.1.4. <i>Matriz multicriterio de selección de materia prima</i>	41
2.1.5. <i>Caracterización fisicoquímica de la semilla de guayaba</i>	43
2.2. Obtención del extracto	51
2.2.1. <i>Tratamiento de materia prima</i>	51
2.2.2. <i>Matriz multicriterio para la elección del solvente</i>	55
2.2.3. <i>Proceso de extracción Soxhlet</i>	57
2.2.4. <i>Evaluación de factores</i>	59
2.2.5. <i>Condiciones de operación establecidas</i>	67

2.3.	Diseño de experimentos	70
2.3.1.	<i>ANOVA (análisis de Varianza)</i>	72
2.4.	Justificación y alternativas de extracción	73
3.	CARACTERIZACIÓN DEL EXTRACTO DE SEMILLA DE GUAYABA (<i>Psidium guajava L.</i>)	75
3.1.	Análisis fisicoquímico	75
3.1.1.	<i>Índice de Refracción</i>	75
3.1.2.	<i>Grados Brix</i>	76
3.1.3.	<i>pH</i>	76
3.1.4.	<i>Índice de Yodo</i>	77
3.1.5.	<i>Índice de Peróxidos</i>	78
3.1.6.	<i>Índice de Saponificación</i>	78
3.1.7.	<i>Índice de Acidez</i>	79
3.1.8.	<i>Densidad</i>	80
3.1.9.	<i>Determinación de Azúcares</i>	80
3.2.	Análisis y resultados fisicoquímicos	82
3.3.	Análisis fitoquímico	86
3.3.1.	<i>Determinación de Fenoles</i>	87
3.3.2.	<i>Terpenos</i>	88
3.3.3.	<i>Taninos</i>	88
3.3.4.	<i>Esteroides</i>	88
3.3.5.	<i>Saponinas</i>	89
3.4.	Análisis de resultados fitoquímicos	89
3.5.	Análisis cromatográfico	90
3.6.	Análisis microbiológico	92
3.7.	Análisis sensorial	92
3.8.	Aplicación a la industria de alimentos	94
4.	DISEÑO CONCEPTUAL DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE ESG A ESCALA PILOTO	95
4.1.	Diagrama de flujo de bloques del proceso (BFD) – Planta extractora	95
4.1.1.	<i>Lista de corrientes BFD</i>	96
4.1.2.	<i>Balance de materia</i>	96
4.2.	Operaciones unitarias (planta extractora) para la extracción de ESG	100

4.2.1.	<i>Recepción y almacenamiento de MP</i>	100
4.2.2.	<i>Lavado</i>	101
4.2.3.	<i>Secado</i>	103
4.2.4.	<i>Limpieza</i>	104
4.2.5.	<i>Molienda</i>	105
4.2.6.	<i>Tamizado</i>	107
4.2.7.	<i>Extracción</i>	108
4.2.8.	<i>Destilación</i>	109
4.2.9.	<i>Clarificación</i>	109
4.3.	Fase de refinación	110
4.4.	Diagrama de flujo de proceso (PFD) – Planta extractora	111
5.	CONCLUSIONES	114
	BIBLIOGRAFÍA	116
	ANEXOS	125

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Guayaba (<i>Psidium guajava</i> L.)	23
Figura 2. Jerarquía taxonómica de la guayaba	24
Figura 3. Producción nacional de guayaba (<i>Psidium guajava</i> L.)	25
Figura 4. Nivel de contenido fenólico total de semillas frutales	28
Figura 5. Compuestos fitoquímicos de la semilla de guayaba	29
Figura 6. Pretratamiento de las semillas en estado húmedo	41
Figura 7. Rotulado y empaque de las semillas de guayaba recolectadas	42
Figura 8. Método de cuarteo para la selección de las semillas a caracterizar	44
Figura 9. Ancho, grosor y longitud de las SG	46
Figura 10. Tamaños de la semilla de guayaba	47
Figura 11. Determinación de cenizas en la semilla de guayaba	48
Figura 12. Determinación del contenido de humedad libre mediante secado al sol	50
Figura 13. Determinación del contenido de humedad ligada	52
Figura 14. Diferencia entre las semillas antes y después de realizar una limpieza general	53
Figura 15. Secado al sol y secado en horno de semillas de guayaba enteras	53
Figura 16. Representación de los 3 molinos ensayados	54
Figura 17. Tamaño de partícula original de la semilla de Guayaba	54
Figura 18. Diferencia de tamaños para las 3 molidas en el molino de discos	55
Figura 19. Tamizado de la semilla entera antes y después de la molienda	56
Figura 20. Montaje extracción Soxhlet y rota evaporador	58

Figura 21. Evaporación de solvente	60
Figura 22. Apariencia del extracto obtenido para las diferentes empresas	62
Figura 23. Apariencia del extracto obtenido afectada por el factor temperatura	65
Figura 24. Proceso de secado del ESG en balón y cajas Petri	66
Figura 25. Separación de fases por diferencia de densidades en el ESG	67
Figura 26. Proceso de obtención de ESG a las condiciones establecidas	70
Figura 27. Resultados del extracto de semilla de guayaba	70
Figura 28. Diagrama de bloques del proceso experimental (BFD)	71
Figura 29. Determinación índice de refracción y grados Brix	77
Figura 30. Determinación de pH	77
Figura 31. Determinación índice de yodo	78
Figura 32. Determinación índice de peróxidos	79
Figura 33. Determinación índice de y saponificación	80
Figura 34. Determinación índice de acidez	81
Figura 35. Determinación de la densidad	81
Figura 36. Curva de calibración: Determinación de azúcares	82
Figura 37. Curva de calibración: Determinación de fenoles	88
Figura 38. Determinación de fitoquímicos en ESG	90
Figura 39. Resultados análisis sensorial	94
Figura 40. Diagrama de bloques del proceso a nivel planta piloto (BFD)	96
Figura 41. Tanque de almacenamiento	102
Figura 42. Equipo de lavado	103
Figura 43. Equipo de secado	104

Figura 44. Equipo de Limpieza (tamizado y venteo)	106
Figura 45. Equipo de molienda	107
Figura 46. Equipo de tamizado	108
Figura 47. Equipo de extracción sólido/líquido	109
Figura 48. Equipo clarificador	111
Figura 49. Diagrama de flujo de proceso a nivel planta piloto (PFD)	114

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Componentes reportados en la semilla de guayaba	30
Tabla 2. Perfil lipídico reportado de la semilla de guayaba	31
Tabla 3. Minerales reportados de la semilla de guayaba	32
Tabla 4. Componentes bioactivos y actividad antioxidante del aceite de semilla de guayaba	33
Tabla 5. Perfil lipídico (%) reportado en el aceite de semilla de guayaba	34
Tabla 6. Características fisicoquímicas reportadas en el aceite de semilla de guayaba	35
Tabla 7. Fuentes de recolección de SG, cantidad de residuo generado	39
Tabla 8. Matriz multicriterio para la selección de las empresas	43
Tabla 9. Características fisicoquímicas de la semilla de guayaba: Peso	45
Tabla 10. Características fisicoquímicas de la semilla de guayaba: Forma	46
Tabla 11. Características fisicoquímicas de la semilla de guayaba: Densidad aireada y empacada	48
Tabla 12. Porcentaje de cenizas en SGM	49
Tabla 13. Determinación de humedad: libre	51
Tabla 14. Matriz multicriterio para la selección del solvente	57
Tabla 15. Rendimientos preliminares ESG	63
Tabla 16. Tratamiento de MP	68
Tabla 17. Extracción Soxhlet	69
Tabla 18. Separación extracto concentrado más aceite	69

Tabla 19. Rendimientos evaluados frente al tiempo de secado vs variedad de guayaba por empresa	72
Tabla 20. ANOVA- Análisis de Varianza	73
Tabla 21. Resultados fisicoquímicos de la caracterización del ESG	83
Tabla 22. Comparación del ESG con aceite de semilla de guayaba	85
Tabla 23. Comparación del ESG con aceite de cucúrbita	86
Tabla 24. Comparación del ESG con diferentes aceites vegetales	87
Tabla 25. Perfil lipídico del extracto de semilla de guayaba	92
Tabla 26. Lista de corrientes del proceso	97
Tabla 27. Resultados balance de materia	100
Tabla 28. Especificaciones técnicas del equipo	103
Tabla 29. Especificaciones técnicas del equipo de secado	105
Tabla 30. Especificaciones técnicas del equipo de secado	106
Tabla 31. Especificaciones técnicas del equipo de molienda	107
Tabla 32. Especificaciones técnicas del equipo de tamizado	108
Tabla 33. Especificaciones técnicas del equipo de extracción sólido/líquido	110
Tabla 34. Especificaciones técnicas del equipo de clarificación	111
Tabla 35. Lista de operaciones del proceso	113

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo 1. Pruebas fisicoquímicas	126
Anexo 2. Ecuaciones	135
Anexo 3. Obtención del extracto	139
Anexo 4. Condiciones de operación	141
Anexo 5. Caracterización del ESG	144
Anexo 6. Resultados laboratorio externo	146
Anexo 7. Balance de materia	150
Anexo 8. Fichas técnicas	156
Anexo 9. Cálculos de consumo energético	157

LISTA DE ABREVIATURAS

- AG:** ácido graso
- AGL:** ácidos grasos libres
- AGPI:** ácidos grasos poliinsaturados
- ANOVA:** análisis de varianza
- AOAC:** asociación de Químicos Analíticos Oficiales
- ASG:** aceite de semilla de guayaba
- ATC:** compensación automática de temperatura a 20°C
- DNS:** 3,5-ácido dinitrosalicílico
- ESG:** extracto de semilla de guayaba
- GAE:** extracto ácido gálico
- GC:** cromatografía de gases
- IA:** índice de acidez
- IP:** índice de peróxidos
- IR:** índice de refracción
- IS:** índice de saponificación
- ITIS:** sistema integrado de información taxonómica
- IY:** índice de yodo
- LDL:** lipoproteínas de baja densidad
- MD:** molino de discos
- MP:** materia prima
- MUFAs:** ácidos grasos monoinsaturados
- NTC:** norma técnica colombiana
- PUFAs:** ácidos grasos poliinsaturados
- ROS:** especies reactivas de oxígeno
- SFA:** ácidos grasos saturados
- SG:** semilla de guayaba
- SGM:** semilla de guayaba molida
- TPC:** contenido de polifenoles totales

RESUMEN

La presente investigación teórico-experimental tiene como objetivo la evaluación del proceso de obtención de extracto de semilla de guayaba por método Soxhlet para su uso en la industria alimentaria, con la intención de aprovechar los bioactivos, antioxidantes y ácidos grasos que contienen dichos residuos orgánicos, provenientes de las industrias de bocadillo.

Se realizó una revisión bibliográfica de las generalidades de la guayaba, así como las características fisicoquímicas y propiedades de sus semillas, además de las fuentes de obtención de dichos residuos en Colombia. Posterior a ello, se recopiló información acerca de las investigaciones experimentales enfocadas hacia el ESG. En segundo lugar, se caracterizó la materia prima y se realizó un seguimiento detallado de los factores que influyen en la calidad final del extracto, para establecer las condiciones adecuadas de operación del proceso. Mediante un ANOVA se estudió la influencia del tiempo de secado y la variedad de guayaba frente a los rendimientos del extracto, teniendo como resultado un rendimiento promedio del 3,418%.

Seguido a ello y basados en las reglamentaciones de la NTC y artículos de referencia se realizó la caracterización del extracto teniendo en cuenta las características fisicoquímicas, fitoquímicas, y sensoriales. De igual manera, se hizo el análisis cromatográfico y microbiológico. Todo lo anterior con el fin de evaluar la posible aplicación del ESG en la industria de alimentos.

Finalmente, se estableció el diseño conceptual de la extracción con el propósito de analizar el esquema del proceso a nivel planta piloto junto con las respectivas operaciones unitarias que abarca el diseño.

Palabras Clave: Extracto de semillas de guayaba, Extracción Soxhlet, Semillas de guayaba, Bocadillo.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la industrialización en un país trae consigo ventajas favorables como lo es el aumento de la calidad de vida de la población, sin embargo, la convierte en una sociedad de consumo generando cada vez mayor cantidad de residuos como resultado de la transformación de materias primas en productos terminados [1].

Actualmente, en Colombia uno de los mercados que genera mayor impacto en dicha problemática es el sector agrícola gracias a su privilegiada condición geográfica que le permite producir gran variedad de frutas, en este sentido, se generan desperdicios en cantidades significativas provenientes de las industrias que utilizan materia prima de origen vegetal. Es por ello, que día a día aumenta la preocupación, pues su disposición es inadecuada y ocasiona alteraciones en los diferentes medios bióticos y abióticos, llegando también a generar pérdida de oportunidades económicas para las empresas pues en la mayoría de los casos estos subproductos no son posteriormente incluidos en la cadena de producción [2].

En Colombia la mayor producción de residuos viene asociada a la cantidad de toneladas de fruta producida y a la frecuencia de consumo diario. En relación con la guayaba, se calcula que la producción anual asciende a unas 81.800 toneladas al año. Alrededor del 69% de esta producción se destina al consumo en su forma fresca, mientras que el resto se emplea en la elaboración de dulces, conocidos localmente como bocadillos [3]. Posicionando así a Colombia en el sexto lugar como productor de guayaba en el ranking mundial siendo Santander su mayor productor [4]. Considerando que, dentro de su procesamiento se generan desperdicios de cáscara, fibras y semillas que constituyen aproximadamente el 12% del peso de la fruta [5].

Al no darle un adecuado manejo a la disposición de los residuos provenientes de las frutas, se convierten en un foco de contaminación ambiental generando impactos negativos hacia el medio ambiente. Como se sabe las características químicas y biológicas de los residuos agroindustriales dependen del proceso de transformación que haya tenido, los cuales pueden provocar alteraciones en el medio por proliferación de plagas, contaminación en el recurso hídrico por lixiviados o malos olores que causan

enfermedades para el ser humano. Asimismo, al tener gran cantidad de biomasa lignocelulósica rica en polímeros de celulosa y hemicelulosa (entre el 75% - 80%) que registran una velocidad de degradación muy baja, al no ser sometidos a un proceso de aprovechamiento pueden llegar a terminar en lugares que no cuentan con un control adecuado [2]. Lo anterior convirtiéndose en una fuente importante de emisiones hacia el ambiente contribuyendo de forma negativa al incremento del efecto invernadero y el calentamiento global [6].

Con base en lo anterior, surge la necesidad de implementar una alternativa que permita el aprovechamiento de los residuos orgánicos específicamente las semillas de guayaba. Debido a la información reportada sobre sus propiedades y beneficios, se tomó la iniciativa de realizar una investigación teórico-experimental enfocada a la obtención de un extracto a partir de las semillas de guayaba (*Psidium guajava* L.) por método Soxhlet con el fin de aprovechar en la industria de alimentos el contenido de bioactivos, antioxidantes y ácidos grasos que estas contienen. Asimismo, se pretende contribuir al cumplimiento de las metas de desarrollo sostenible mediante su objetivo número doce que va enfocado hacia la producción y consumo razonable, contribuyendo de esta manera al desarrollo de la capacidad científica y tecnológica hacia el consumo y producción sostenible, reduciendo la generación de desechos.

Por otro lado, la materia prima (semillas) será obtenida mediante la colaboración de las empresas de producción de bocadillo ubicadas en Bogotá D.C., Barbosa, Vélez y Monquirá, quienes apoyarán la ejecución del proyecto de investigación, teniendo en cuenta que en Colombia es la industria que genera mayor cantidad de subproductos de guayaba (*Psidium guajava* L.).

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el proceso para la obtención de extracto de semilla de *guayaba* (*Psidium guajava* L.) para su uso en la industria alimentaria.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la metodología teórico-experimental requerida para la obtención de extracto de semilla de guayaba (*Psidium guajava* L.) por método Soxhlet.
- Caracterizar el extracto de semillas de guayaba (*Psidium guajava* L.).
- Realizar el diseño conceptual del proceso de obtención de extracto de semilla de guayaba (*Psidium guajava* L.).

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Extracto

Los extractos son compuestos producidos de la obtención de sustancias biológicamente activas que se encuentran presentes en los tejidos de las plantas, por el uso de un solvente y a su vez un proceso de extracción adecuado. El extracto puede tener mayor actividad que el principio activo aislado y purificado, pues como compuesto, los extractos suelen tener mejor estabilidad, actividad y tolerabilidad, sin efectos adversos, ni formación de residuos en la mayoría de los casos [7].

Los extractos de plantas son obtenidos a partir de fuentes vegetales por medios físicos, químicos y/o microbiológicos los cuales son aplicados en diversos ámbitos, se pueden usar en industria alimentaria, química, farmacéutica y medicina [8].

1.2. Plantas Oleaginosas

Las plantas oleaginosas son vegetales de cuya semilla o fruto puede extraerse aceite, para uso industrial o comestible [9].

1.2.1. Semillas oleaginosas

Son aquellas que permiten la extracción de aceite, debido a que contienen altos porcentajes de ácidos grasos y proteínas que pueden ser transformados gracias al campo de la oleoquímica en diversos productos industriales. Las semillas oleaginosas se componen de cuerpos lipídicos y proteicos [10].

- a) Cuerpos proteicos: Contienen entre el 60% y el 70 % de la proteína total presente en las semillas oleaginosas y su tamaño varía entre 8 μm y 20 μm .
- b) Cuerpos lipídicos: Denominados oleosomas, actúan como reservas de las semillas oleaginosas donde almacenan sus lípidos y en las cuales se sitúan grandes cantidades de triglicéridos en forma de aceites [10].

1.3. Guayaba (*Psidium guajava* L.)

Figura 1.

Guayaba (Psidium guajava L.)



Nota. La Figura representa a la guayaba (*Psidium guajava* L.). Tomado de: Microsoft Start, [En línea] <https://www.msn.com/es-mx/recetas/noticias/6-beneficios-de-las-hojas-de-guayaba-para-tu-salud/ar-AASMoE3>

Psidium guajava L. conocida comúnmente como guayaba (figura 1) es una especie de la familia de las Mirtáceas que ha sido cultivada durante miles de años como fuente de alimento para el consumo humano, especialmente en países tropicales y regiones subtropicales del mundo [12].

La guayaba es una fruta tropical muy popular en el procesamiento industrial para la producción de gran variedad de productos incluidos jugos, concentrados, purés, néctares, fruta enlatada, mermeladas, barras de frutas y fruta en polvo, gracias a su sabor distintivo y fuerte. Aunque también se puede encontrar en forma fresca o lista para consumir en algunos lugares, se enfrenta al desafío de lograr un equilibrio adecuado entre la madurez de la fruta y su vida útil. Sin embargo, en términos de procesamiento, generalmente no se presentan problemas relacionados con la textura, forma o ennegrecimiento de la pulpa [12].

En Colombia es una fruta con alta demanda, la mayoría del fruto es cosechado, vendido y consumido dentro del país con un rango bajo de exportaciones debido a que a nivel nacional este fruto es usado para generar una transformación agroindustrial de productos

como mermeladas, fruta en almíbar, refrescos, lácteos, panadería y principalmente en la producción de bocadillo [13].

1.3.1. Taxonomía

Según el Sistema Integrado de Información Taxonómica (ITIS) que es una fuente que suministra información sobre las especies biológicas [14]. La clasificación de la guayaba se evidencia en figura 2.

Figura 2.

Jerarquía taxonómica de la guayaba

JERARQUÍA TAXONÓMICA	
Kingdom (Reino)	Plantae (Vegetal)
Subkingdom (Subreino)	Vidriplantae Plantas Verdes
Infrakingdom (Infrareino)	Streptophyta Plantas terrestres
Superdivision (Supervisión)	Embryophyta Embriofita
División (División)	Tracheophyta Plantas Vasculares
Subdivisión (Subdivisión)	Spermatophytina Espermatofitos
Class (Clase)	Magnoliopsida
Superorder (Superorden)	Rosanae
Order (Orden)	Myrtales
Family (Familia)	Myrtaceae
Genus (Genero)	<i>Psidium L.</i>
Species (Especies)	<i>Psidium guajava L.</i>

Nota. En la tabla de evidencia la clasificación taxonómica de la guayaba (*Psidium guajava L.*). Tomada de: Integrated Taxonomic Information System. [En línea] https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=27240#null

1.3.2. Origen y producción

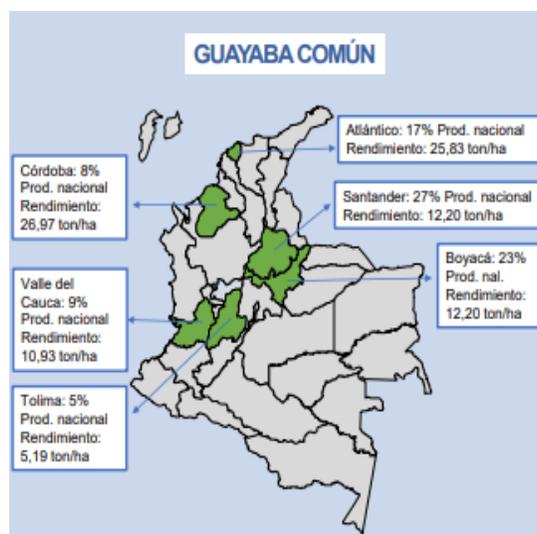
El árbol tropical de guayaba se considera originario de Centroamérica y Suramérica en zonas situadas en la franja paralela al Ecuador [13].

En el mundo se producen unas 2.075.000 toneladas de guayaba, siendo el principal productor a nivel mundial Pakistán con una participación del 22%, seguido por Brasil con un 17%, India 16%, México 15% y Egipto el 12%. Colombia ocupa el sexto lugar como productor de guayaba en el ranking mundial [4].

Respecto a Colombia comúnmente es cultivada en departamentos de Santander, Boyacá y Atlántico con cerca del 67% de la producción nacional seguido a ellos se encuentra Valle del Cauca, Tolima, Cundinamarca y Bolívar. Entre los municipios que mayormente se destacan en su cultivo son Vélez, Guavatá, Jesús María, Barbosa, Puente Nacional y Moniquirá [16]. En la producción de esta fruta fresca, se hace notable la región norte del departamento del Valle del Cauca, así como la zona cafetera. En los últimos años, se ha observado un aumento en la producción de frutas en el piedemonte del departamento del Meta, especialmente en los municipios del alto Ariari [4].

Figura 3.

Producción nacional de guayaba (Psidium guajava L.)



Nota. La figura representa el porcentaje de la producción nacional de la guayaba en diferentes zonas del país colombiano junto con su rendimiento. Tomado de: Min agricultura, [En línea]. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Guayaba/Documentos/2020-03-31%20Cifras%20Sectoriales.pdf>

Durante la cadena productiva de la guayaba se presentan diferentes tipos de residuos como lo son las hojas post-cosechas el cual tienen fibras lignocelulósicas beneficiosas para diferentes usos, dentro de estos está el té a partir de las hojas de guayaba que contribuye a la salud de las personas que sufren de diabetes. Esto se debe a que ayuda a reducir niveles de azúcar en la sangre sin aumentar la producción de insulina. De igual manera es muy eficaz contra la diarrea y disentería por sus propiedades antibacterianas. Por otro lado, se encuentran los residuos industriales derivados del proceso de transformación para diferentes productos; a partir del proceso de despulpado quedan las semillas que pueden ser usadas como materia prima para usos industriales como bioadsorbentes de bajo costo. Las fibras son usadas como suplemento dietario y para usos en la industria farmacéutica, dentro de los beneficios está la prevención de diabetes y la obesidad como se mencionó anteriormente [15].

1.3.3. Valor nutricional, propiedades y beneficios

La guayaba como fruta se caracteriza por tener un porcentaje alto de humedad mayor al 74% junto a un bajo contenido de carbohidratos de los cuales la fibra dietética arroja un resultado entre 2,80 a 5,50 %. Asimismo, los azúcares contenidos en la fruta oscilan entre un porcentaje de 6,24% a 13,10%, dependiendo de su grado de madurez [12].

Según el Instituto Colombiano de Bienestar familiar en su informe “Tabla de composición de los alimentos colombianos” en el año 2018 especifica para la guayaba: 0,30 g de lípidos, 0,90 g de proteína, 13 mg de calcio y 33 g de fósforo un alto contenido de potasio y magnesio. En cuanto a los aminoácidos esta fruta es rica en vitamina C [17].

Asimismo, mediante datos recopilados por Rincón L. respecto a las características físico químicas de la guayaba se evidencia un alto porcentaje de lignina (25%) y hemicelulosa (65%) [13].

De igual manera, esta fruta es una de las fuentes más importantes de efectos farmacológicos y medicinales, para la prevención, manejo y tratamiento de enfermedades [19]. Lo anterior debido a que cuenta con buena cantidad de licopeno que es un fitonutriente carotenoide que tiene propiedades antitumorales y protege del cáncer de próstata, incluso, este es un antioxidante que protege la piel de ser dañado por los

rayos UV y la contaminación ambiental. Por otra parte, la guayaba es rica en magnesio por lo que actúa como relajante nervioso, ayuda a relajar los músculos y nervios del cuerpo, de manera que las personas que sufren de dolor crónico pueden usar la fruta y beneficiarse de sus propiedades antiinflamatorias [18].

1.4. Semillas de guayaba (*Psidium guajava* L.)

Las semillas de guayaba obtenidas luego del procesamiento de la fruta poseen un potencial sin explotar en el campo de la industria de alimentos, debido a la presencia de una diversidad de compuestos nutricionales y bioactivos que aportan a sus características nutraceuticas. Según lo reportado en varios estudios, las semillas de guayaba son una fuente abundante de diversos nutrientes y componentes, incluidos polisacáridos, minerales, vitaminas, carotenoides y fibra dietética, junto con una amplia gama de bioactividad y propiedades funcionales [19].

En particular el procesamiento de una tonelada de guayaba produce 80 kg de residuos [19]. Según N.B.L. Prasad y G. Azeemoddin en su artículo reportan que las semillas constituyen del 6% al 12% del peso total de la fruta [20] concordando con lo que especifica Athayde A. en su investigación, pues menciona que las semillas ocupan del 4% al 12% [21]. Contrario a lo que reporta Chang YP que afirma que de toda la fruta la parte comestible constituye el 50%, la cáscara el 20% y las semillas un 30% [22].

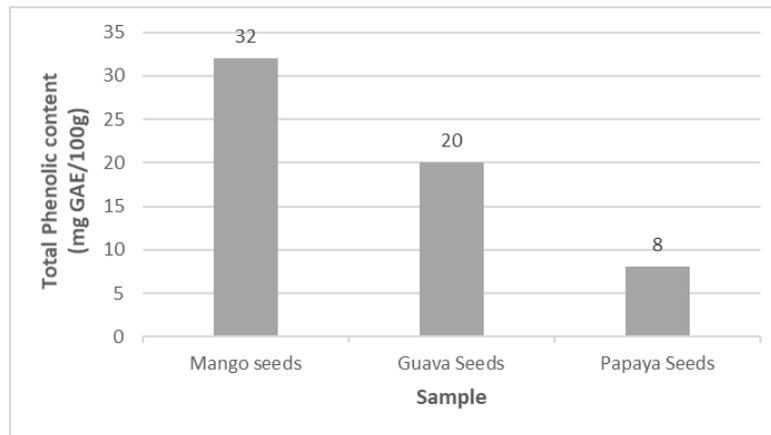
La forma ovalada de las semillas de guayaba tiene un diámetro de 0.5 mm [22]. Pese a su tamaño pueden aprovecharse de muchas maneras, debido a su riqueza en micronutrientes en particular su contenido de lípidos y proteínas pues se registra en diversos estudios una importante cantidad con una alta concentración de ácidos grasos esenciales poliinsaturados acompañados de compuestos fenólicos [19].

1.4.1. Perfil fitoquímico y antioxidante

Las semillas de las frutas demuestran una capacidad antioxidante total y un contenido fenólico significativamente más alto que la porción comestible, lo que es importante en el campo investigativo, ya que los antioxidantes son aquellas sustancias capaces de inhibir o retrasar el daño oxidativo de proteínas, ácidos nucleicos y lípidos causado por un aumento dramático de especies reactivas de oxígeno (ROS) [23].

Figura 4.

Nivel de contenido fenólico total de semillas frutales



Nota. En la figura se muestra el contenido fenólico total de la semilla de mango, guayaba y papaya por cada 100g de peso de semilla. Tomado de: Antioxidant levels and activities of selected seeds of Malaysian tropical fruits. Malaysian journal of nutrition. 16. 149-59. (2010). [En línea] <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22691862/>

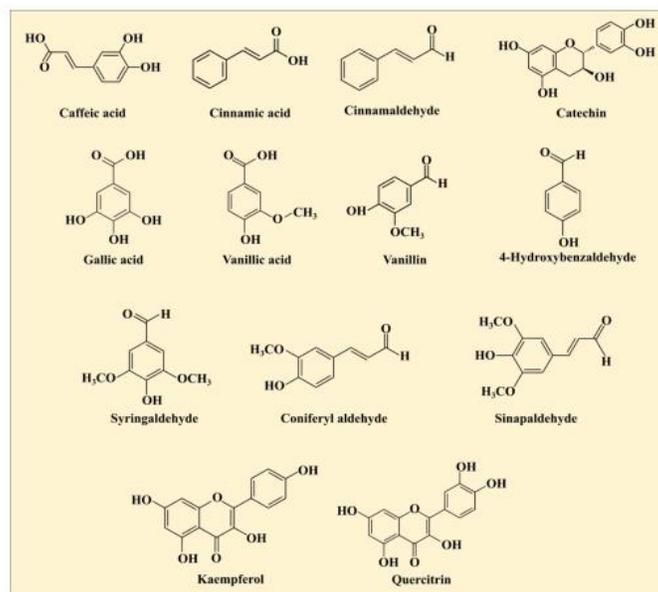
Norshazila et al., mencionan en su investigación que las semillas de guayaba son ricas en antioxidantes y ayudan a reducir la incidencia de enfermedades degenerativas. En dicho estudio, analizaron la capacidad antioxidante de tres tipos de semillas frutales de las cuales concluyen mediante los estudios de TPC (contenido de polifenoles totales) que la semilla de guayaba si es un potencial antioxidante incluso mucho más que la semilla de papaya [23].

Lo anterior, debido a que se ha encontrado que las semillas de guayaba contienen varios grupos fenólicos en su perfil fitoquímico principalmente numerosos flavonoides (isoflavonoides, flavanonas, neoflavonoides, flavonoles y flavanoles monoméricos), taninos hidrolizables, proantocianidinas, ácido gálico y derivados del ácido fenólico. Además, se manifiesta que los compuestos se encontraron en niveles más altos en las cáscaras y semillas de guayaba que en la misma pulpa de guayaba [19]. Según Chang et al., las semillas de guayaba contienen cantidades considerables de taninos y ácidos fílicos proporcionando efectos beneficiosos sobre el metabolismo de las proteínas [22].

Con base en la Figura 5, M. Kumar et al. muestra que estos residuos contienen estructuras con altos potenciales antioxidantes como lo son el ácido cafeico, el ácido gálico y el ácido cinámico. A su vez contiene compuestos con propiedades bioactivas como el siringaldehído y propiedades antimicrobianas como la queratina y el cinamaldehído.

Figura 5.

Compuestos fitoquímicos de la semilla de guayaba



Nota. En la figura se muestran estructuras de algunos de los compuestos fitoquímicos de las semillas de guayaba. Tomado de: "Guava (*Psidium guajava* L.) seed: A low-volume, high-value byproduct for human health and the food industry. Tomado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814622006562>

1.4.2. Perfil nutricional

El índice de desperdicio en los cultivos de guayaba asciende al 30% después del procesamiento, constituido principalmente por semillas con alto valor nutritivo. Entre los componentes reportados por los estudios realizados por A. M. Athayde Uchôa-thomaz et al., se encuentra que entre los azúcares reductores de las semillas de guayaba existe un contenido de fructosa de 0,29 g/100 g, de pectina del 0,58 g/100g y de almidón del 0,17/100 g. Asimismo reportó que entre los minerales mayoritariamente se encuentra

Hierro y Zinc con 13,80 g/100 g y 3,31 g/100 g respectivamente, entre otros minerales reportados en la tabla 3 [21].

Partiendo del artículo de investigación presentado por M. Kumar et al, se evidencia que la semilla de guayaba contiene aminoácidos no esenciales como el ácido glutámico 9,06 mg/100g y la glicina 18,75 mg/100g además de aminoácidos esenciales como la valina 5,35 mg/100g y condicionales como la arginina 8,52 mg/100g. En cuanto a la fibra se encuentra que contiene 63,94%, proteína del 11,19%, agua del 6,68% y un contenido de 87,44 mg/100g de vitamina C como se muestra en la tabla 1 [19].

Tabla 1.

Componentes reportados en la semilla de guayaba

Grupo	Composición [19]	Composición [21]
Fibra cruda	46-64%	63,94 g/100g
Lípidos	12-16%	13,93 g/100g
Proteínas	7,9-8,41%	11,19 g/100g
Carbohidratos	1,20%	3,8 g/100g
Pectina	-	0,58 g/100g
Fructosa	-	0,29 g/100g
Almidón	-	0,17 g/100g

Nota. En la tabla se evidencian diversos componentes encontrados en la semilla de guayaba (*Psidium guajava* L.). Tomada de Tomado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814622006562> y <https://www.scielo.br/j/cta/a/BNsszKdxymjvSykRT8rHg6j/?lang=en>.

En cuanto al perfil lipídico de la semilla de guayaba se evidencia que predominan los ácidos grasos insaturados rondando el 87,00% en especial de ácido linoleico (poliinsaturado) y ácido oleico (monoinsaturado) con 77,35% y 9,42% respectivamente. Entre los ácidos saturados en mayor cantidad se encuentran el ácido esteárico (4,48%) y el ácido palmítico (8,00%) como se evidencia en la tabla 2.

En general, las semillas de guayaba son reservorios de varios metabolitos primarios y secundarios, con un amplio espectro que ha mostrado varias bioactividades, que incluyen propiedades antioxidantes y antiinflamatorias, lo que la hace una alternativa

para la modulación de las propiedades funcionales de los alimentos, como la solubilidad, la retención de agua, la estabilidad de la formación de espuma y la reducción de grasas. Además de la industria alimentaria, las aplicaciones van enfocadas hacia la industria animal, farmacéutica y cosmética [19].

Tabla 2.

Perfil lipídico reportado de la semilla de guayaba

Grupo	Composición [19]	Composición [21]
Ácido palmítico	8,00- 9,51%	8%
Ácido Oleico	7,11-9,42%	9,42%
Ácido linoleico (n-6)	75,25-77,35%	77,35%
Ácido esteárico	0,16-0,48%	4,48%
Ácido linoleico	0,15%	0,15%
SFA	12,94-13,52%	12,94%
MUFA	7,28-9,56%	9,56%
AGPI	75,64-77,5%	77,5%

Nota. En la tabla se evidencian diversos componentes encontrados en la semilla de Guayaba (*Psidium guajava* L.). Tomada de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814622006562> y <https://www.scielo.br/j/cta/a/BNsszKdxymjvSykRT8rHg6j/?lang=en>.

Tabla 3.*Minerales reportados de la semilla de guayaba*

Grupo	Composición mg/100g [19]	Composición mg/100g [21]
Fósforo	0,30 - 212,14	0,30
Sodio	326,81	0,05
Magnesio	0,13 - 119,72	0,13
Hierro	13,8 - 13,94	13,8
Zinc	3,31 - 3,15	3,31
Manganeso	0,44 - 1,17	0,44
Cobre	1,90 - 1,91	-
Calcio	0,05 - 143,37	0,05
Potasio	-	0,20

Nota. En la tabla se evidencian diversos componentes encontrados en la semilla de *guayaba* (*Psidium guajava* L.). Tomada de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814622006562> y <https://www.scielo.br/j/cta/a/BNsszKdxymjvSykRT8rHg6j/?lang=en>.

1.5. Extracto de semilla de guayaba

La industria de procesamiento de la guayaba genera desechos con una fuente prometedora de aceite y componentes bioactivos destacando su importancia nutricional para el desarrollo y formulación de productos alimenticios. Kapoor et al. mostró que el aceite de semilla de guayaba obtuvo un rendimiento de extracción por solventes del 12,10%, valor mayor respecto al obtenido en la extracción con dióxido de carbono supercrítico con un rendimiento de 10,45% [24].

Como se muestra en la tabla 5 por análisis cromatográfico, se encontró que el “aceite de semilla de guayaba, caracterizado por cromatografía de gases (GC), es rico en ácidos grasos poliinsaturados (PUFAs), particularmente ácido linoleico (75,25%) uno de los ácidos esenciales, mientras que entre los ácidos grasos monoinsaturados (MUFAs), el ácido oleico contribuye mayoritariamente. Los ácidos grasos saturados totales ascendieron a 13,52% de los ácidos grasos totales” [24].

Tabla 4.*Componentes bioactivos y actividad antioxidante del aceite de semilla de guayaba*

Grupo	Composición
Fitoesteroles (%)	0,42
Tocoferol (ppm)	654
Carotenoides totales (ppm)	19,24
Fenoles totales (mg GAE/100g)	124,03
Actividad antioxidante (%)	58,90

Nota. En la tabla se evidencian diversos componentes encontrados en el aceite de semilla de guayaba (*Psidium guajava L.*). Tomada de: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109882>.

En cuanto a su actividad antioxidante se reporta un 58,90% que evidencia una cantidad suficiente de tocoferoles (654 +/- 11,00 ppm) y carotenoides (19,24 +/- 0,38 ppm) lo que es importante debido a que estos actúan como un eliminador de radicales libres eficaz y contribuyen significativamente a la actividad antioxidante de los alimentos. Por otra parte, los fenoles totales se observaron en 124,03 mg GAE/100 g registrados en la tabla 4 [24].

Generalmente, el ASG se extrae usando una variedad de solventes orgánicos. Un estudio del 2004 informó que los extractos con acetona contienen principalmente flavonoides, fenoles y glucósidos, el extracto de éter de petróleo es una excelente fuente de ácido linoleico, tocoferoles y compuestos fenólicos, del extracto de hexano contiene principalmente ácido linoleico mientras que el extracto etanolico era más rico en fenoles y flavonoides que lo reportado con otros solventes [19].

Tabla 5.*Perfil lipídico (%) reportado en el aceite de semilla de guayaba*

Grupo	Composición (%) [25]	Composición (%) [24]
Ácidos grasos saturados	13,8	13,52
Ácido palmítico	10,6	9,51
Ácidos grasos	7,7	10,84
Monoinsaturados		
Ácido oleico	7,7	7,11
Ácidos grasos	78,5	75,64
Poliinsaturados	-	-
Ácido linoleico	78,5	75,25

Nota. En la tabla se evidencian diversos componentes encontrados en el aceite de semilla de guayaba (*Psidium guajava* L.). Tomada de: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2020.103467> y <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109882>.

La estabilidad oxidativa está asociada con la vida útil del aceite, según las propiedades fisicoquímicas evidenciadas en la tabla 6 revelaron que el aceite de semilla de guayaba es bastante estable debido a su bajo índice de acidez (0,40 +/- 0,02 mg KOH/mg) e índice de peróxido (0,62 +/- 0,05%) [24]. No obstante, al ser un aceite con alto contenido de poliinsaturados puede sufrir una mayor aceleración en su oxidación [19].

El índice de yodo varió entre 100 g I₂/100g y 143 g I₂/100g caracterizando al aceite como semisecante. Con relación a la viscosidad y densidad se encontró que su valor es mucho más alto que otros aceites de semillas frutales incluyendo el de maracuyá [24].

Tabla 6.

Características fisicoquímicas reportado en el aceite de semilla de guayaba

Grupo	Composición [25]	Composición [24]
Índice de refracción (nD)	1,482 a 25°C	1,4651 a 40°C
Índice de saponificación (mg KOH/g)	188	170
Índice de yodo (g I ₂ /100g)	143	100
Índice de peróxido (meq/kg)	5,6	0,62
Índice de acidez (g/100g)	0,8	0,40

Nota. En la tabla se evidencian diversos componentes encontrados en el aceite de semilla de guayaba (*Psidium guajava* L.). Tomada de: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2020.103467> y <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109882>.

1.5.1. Aplicaciones

El aceite de semilla de guayaba, debido a las propiedades del subproducto mencionado anteriormente, puede ser visto como una fuente rica en ácidos grasos, especialmente ácido linoleico. Este ácido tiene diversas aplicaciones en la industria alimentaria, como suplementos alimenticios, así como en el tratamiento de enfermedades cardiovasculares y diabetes [26].

Por lo tanto, el aceite de semilla de guayaba se puede utilizar como una fuente alternativa de aceite comestible para consumo humano, particularmente en países en desarrollo que enfrentan deficiencia de aceite comestible y, en consecuencia, importan aceites vegetales. Al ser una fuente rica en ácido linoleico, se puede utilizar para complementar productos alimenticios deficientes en ácidos grasos esenciales omega-6 [24].

De igual manera, se sabe que las semillas de guayaba contienen alto porcentaje de aceite, fibra cruda y proteína, lo que nuevamente lo hace que sea una buena fuente de aceite comestible, pues muestra similitud con algunos de los aceites comestibles más consumidos [21]. El aceite de semilla de fruta de fuentes no convencionales también

podría mezclarse con otros aceites comestibles para modificar y mejorar las propiedades nutricionales.

En recientes estudios, el aceite de semilla de guayaba solo se explotaba para preparar ingredientes alimentarios como el monoacilglicerol y el diacilglicerol sin embargo al ser una buena fuente de ácido palmítico y ácido esteárico, podría usarse en jabones, lubricantes o como suavizante. El comportamiento térmico del aceite de semilla de guayaba reportado en este estudio brinda información adicional para estudiar su aplicación en el campo de la industria cosmética y farmacéutica [24]. Por otra parte, éste también se emplea en la industria de pinturas como agente secante [26].

Para la solución de dicha problemática se han generado diversos estudios científicos enfocados en la búsqueda de alternativas de aprovechamiento de residuos agroindustriales con el fin de hacer un uso eficiente de los recursos y mitigar el impacto ambiental que estos pueden llegar a generar. Entre ellos se encuentra la producción de biocombustibles especialmente bioetanol, a partir de residuos cítricos la elaboración de productos comerciales como la extracción de pectina, fibra, aceites fijos y esenciales, aromatizantes, harina, saborizantes y productos de limpieza, así como compostaje de residuos, producción de alimentos para animales, lombricultura [27] y otros más novedosos como la creación de un adsorbente como precursor de carbón para la adsorción de colorantes ácidos [28].

2. METODOLOGÍA PARA LA OBTENCIÓN DEL EXTRACTO DE SEMILLA DE GUAYABA (*Psidium guajava* L.)

En este capítulo se realiza la descripción de la metodología para el desarrollo del primer objetivo. Contemplando la respectiva caracterización de la materia prima junto a las fuentes de recolección y las condiciones de operación de obtención del extracto, las cuales serán base fundamental para permitir una óptima extracción. Para lo anterior, se mostrará el procedimiento y proceso de aprendizaje que se tuvo mediante la evaluación de factores que inciden tanto en el extracto como en la semilla a causa de la escasez de información bibliográfica. Todo ello, para establecer las condiciones óptimas que permitan la recolección de datos para el diseño experimental y además conseguir el mejor rendimiento del ESG.

2.1. Caracterización de la materia prima

La principal actividad productiva en la cual se usa una mayor cantidad de guayaba es la producción de bocadillo, debido a que Colombia destina de su producción el 31% a la generación de dulces tradicionales y artesanales, el cual consta de diferentes productos elaborados por medio de la labor agroindustrial, teniendo una mayor representación dentro de los departamentos de Boyacá, Santander y en los últimos años del Valle del Cauca y Meta. El país cuenta con más de 130 fábricas de bocadillos, cuya producción anual, se valora en más de 24 millones de dólares [13].

Una de las fábricas más representativas de Colombia es Bocadillo Veleño haciendo parte de la Federación de la Cadena Productiva del Bocadillo Veleño, el cual usa como materia prima la guayaba regional blanca y roja provenientes del departamento de Santander y Boyacá específicamente de las provincias de Vélez y Ricaurte, estas dos regiones producen alrededor de 25.000 Ton/año de lo cual las agroindustrias necesitan 46.800 Ton/año de guayaba [11]. Su producción también se da en otras ciudades como en la ciudad de Cali con la empresa Doña Guayaba y para Bogotá D.C se ubica La Delicia, Los Guayabos La Villa y Frutiveleños [30].

La cosecha de la guayaba se realiza de manera manual, la fruta debe ser transportada en canastillas plásticas, de máximo 12,5 y 25 kilos y durante su almacenamiento tienen

un tiempo máximo entre la cosecha y la recepción de la fábrica de 48 horas para ser posteriormente procesadas. Durante el proceso de producción se presenta el despulpado, el cual consta en separar la pulpa (incluyendo cáscara del fruto) de la semilla de guayaba donde resultan los residuos, para el cual se dará un aprovechamiento en este proyecto. Dado que, se conoce un único aprovechamiento para estos residuos y es la venta de las semillas de guayaba en estado seco, a diferentes empresas que le dan uso como materia prima en la producción de alimento para animales [29].

Por otro lado, algunas empresas llevan este residuo al basurero ya que no cuentan con las condiciones para llevar a cabo un secado y venderlo; es por esto, que es importante tener en cuenta los aspectos e impactos ambientales que se van a generar durante los respectivos procesos industriales, dentro de los cuales se encuentra el consumo de energía, la cantidad necesaria de agua usada para llevar a cabo el proceso y la generación de residuos sólidos como uno de los aspectos más importantes, puesto que al no darle un manejo adecuado tiene un efecto perjudicial tanto para los suelos como para la salud, pues estos son residuos orgánicos que pueden llegar a generar olores produciendo enfermedades perjudiciales para la salud de los que se encuentren a sus alrededores [29].

2.1.1. Fuentes de recolección de las semillas de guayaba

Las semillas de guayaba que se emplearon para la ejecución de este proyecto de investigación, son provenientes de seis empresas colombianas productoras de bocadillo, ubicadas en los departamentos de Boyacá y Santander, y en la ciudad de Bogotá D.C. quienes generan como subproducto de su proceso productivo, entre 100 kg y 2.300 kg de semillas de guayaba a la semana según las entrevistas realizadas, las cuales permitieron la recolección de datos de interés para el desarrollo del proyecto.

Entre los datos obtenidos se destaca la variedad o tipo de guayaba que las empresas usan en sus actividades productivas, así como la cantidad de residuos generados por cada empresa como lo muestra la tabla 7, dato esencial para el escalamiento de nivel experimental a nivel planta piloto requerido en el objetivo 3.

Tabla 7.*Fuentes de recolección de SG, Cantidad de residuo generado*

Empresa	Ubicación	Residuo generado	Tipo guayaba
Fábrica de Bocadillos Los Guayabos la Villa	Bogotá D.C.	2.300 kg/sem	Común
Productora de Bocadillos Selección	Moniquirá, Boyacá	180 kg/sem.	Común
Fábrica de Bocadillos La Moniquireña	Moniquirá, Boyacá	100 kg/sem	No se reporta
Fábrica de Bocadillos El Cristal	Barbosa, Santander	1.000 kg/sem	Común y Pera
Fábrica de Bocadillos El Ruiz	Vélez, Santander	600 kg/sem	Común
Fábrica de Bocadillos La Española	Vélez, Santander		No se reporta

Nota. En la tabla se evidencian cada una de las empresas en donde se recolectaron SG, así como las cantidades aproximadas de residuo generado semanalmente por la empresa y el tipo de guayaba que usan en sus actividades diarias. Tomado de: Las entrevistas realizadas a fábrica de bocadillos Los Guayabos la Villa, productora de bocadillos Selección, fábrica de bocadillos La Moniquireña, fábrica de bocadillos El Cristal y fábrica de bocadillos El Ruiz

2.1.2. Caracterización básica

Para la caracterización básica de las muestras suministradas por las empresas anteriormente descritas, se procedió a clasificar el estado y condiciones en las que fueron entregadas, teniendo así una trazabilidad de inicio a fin en el proceso.

a) Los Guayabos la Villa: Las semillas fueron recolectadas en estado húmedo, provenían limpias, con escasez de pulpa y olor característico a guayaba, las mismas fueron transportadas en bolsas negras de plástico.

b) Bocadillos Selección: Al momento de recibir las semillas, éstas se encontraban en bolsa plástica con una temperatura media en comparación a la cantidad recolectada en la primera empresa, este factor se podría explicar debido a que la productora de bocadillos realiza la separación de la pulpa entre la fruta y las semillas, después de pasarlas por un proceso de cocción, que permite una separación mucho más rápida y

eficaz. Por temas del clima y de la zona donde se ubica la fábrica, además del tiempo de espera entre la producción y el momento de la recepción de las semillas, estas contenían algunas hormigas en su interior por el dulzor característico de la guayaba.

c) La Moniquireña: En esta empresa las semillas fueron entregadas en bolsas de plástico, visualmente se identificaba que tenían acumulación de tierra y pulpa, dado que, fueron secadas previamente por la empresa al aire libre antes de la recepción (probablemente sin ser lavadas luego de obtenerlas como subproducto en el proceso).

d) El Cristal: En cuanto a las semillas de El Cristal, éstas fueron entregadas en estado húmedo en un balde de pintura, expuestas al sol y al aire libre, tenían bastantes residuos de hojas, palos y pulpa de guayaba. Su olor era característico.

e) El Ruiz: Para el caso de Bocado El Ruiz las semillas de guayaba fueron entregadas en bolsas de plástico, totalmente secas. No obstante, se observaba cierta suciedad como tierra, piedras pequeñas, hojas y restos de tallos.

f) La Española: La recolección de estas semillas tuvo un caso particular ya que su compra y recepción se hizo en la calle del municipio de Vélez. Lo anterior, debido a que las empresas de bocadillo al no tener un fin o proceso para los subproductos, deciden en ciertos casos regalar las semillas a los campesinos o agricultores de la zona, con el objetivo que ellos las adecuen para la venta para uso como alimento para animales. Dicho esto, durante la entrevista el señor nos indicó que sus semillas provenían de la empresa La Española.

Para el caso de las semillas recolectadas en Bogotá se transportaron en las bolsas y unas horas después fueron ingresadas en la nevera para evitar la contaminación por hongos y microorganismos, las provenientes de Santander y Boyacá por la distancia, fueron recogidas y transportadas durante varias horas hacia Bogotá. Las semillas secas fueron almacenadas en una caja a la oscuridad y las húmedas se llevaron a la nevera. Al día siguiente se les realizó el debido pre-tratamiento.

2.1.3. Pretratamiento

Teniendo caracterizadas las muestras provenientes de las empresas, se realizó un pretratamiento adecuando las semillas de guayaba, para su posterior caracterización fisicoquímica y obtención del extracto.

Figura 6.

Pretratamiento de las semillas en estado húmedo.



Nota. La figura ilustra A) Proceso de lavado de las semillas húmedas, B) Residuos resultantes en el filtrado del agua residual C) Diferencia entre las semillas limpias (parte superior) y sucias (parte inferior) luego del pretratamiento,

Referente a las semillas en estado seco (La Moniquireña, El Ruiz, La Española), se realizó una limpieza manual mediante un colador casero con el propósito de extraer los residuos de tierra, hojas, piedras y ramas que estas contenían, encontrando así, diferentes tipos de residuos. Por otro lado, en cuanto a las semillas húmedas (Los Guayabos la Villa, Selección, El Cristal), se realizó un filtrado posterior a un lavado con agua proveniente del acueducto, como lo ilustra la Figura 6.

Seguida a esta etapa, como se evidencia en la figura 7, se realizó el respectivo empaque y rotulado con base a la NTC 1263 [31] en su numeral 6.2 en donde se indican cada uno de los parámetros del rótulo. En este se indicó: el nombre de la empresa, el lugar, día de recolección, tipo de guayaba, estado y cantidad. Para la determinación de este último parámetro, cada bolsa se pesó en una báscula digital.

Figura 7.

Rotulado y empaque de las semillas de guayaba recolectadas.



Nota. La figura ilustra cada una de las SG (*Psidium guajava* L.) recolectadas en las empresas de producción de bocadillo junto al rotulado y empaque con base a la NTC 1263-6.2. Asimismo, la cantidad recolectada. A) Los Guayabos La Villa 7kg B) Bocadillos Selección 3kg C) La Moniqueña 1kg D) El Cristal 8kg E) El Ruiz 3kg F) La Española 6kg.

2.1.4. Matriz multicriterio de selección de materia prima

A partir de la caracterización básica de las semillas recogidas en las diferentes empresas, se realiza una matriz multicriterio con el fin de definir las 3 empresas más convenientes para realizar la extracción, y así mismo evaluar los factores que afectan la semilla y el extracto. Las semillas de las empresas con mayor puntuación, serán elegidas para la siguiente etapa del proceso.

La matriz evidenciada en la tabla 8 se compone de 3 criterios, a los cuales se les otorgo un nivel de importancia (nivel 1: Negativo, nivel 2: Neutro, nivel 3: Positivo) que se encuentran ubicados al lado de cada empresa según el factor evaluado.

Tabla 8.*Matriz multicriterio para la selección de las empresas*

Empresas	Criterios de evaluación			Total
	Condiciones de entrega	Cantidad	Tipo de guayaba	
Guayabos la Villa	3	3	2	8
La Moniquireña	1	1	1	3
Selección	1	1	2	4
El Cristal	2	3	3	8
El Ruiz	2	2	2	6
La Española	1	3	1	5

Nota. En la tabla se evidencian los criterios evaluados para cada una de las empresas en donde se evaluaron diferentes aspectos que pueden afectar el extracto a partir de las semillas de guayaba. Información con base al método Pugh tomada de <https://repository.ucatolica.edu.co/entities/publication/3d62e8c5-1a13-498b-a1fa-555df4969494>.

Teniendo en cuenta que para las condiciones de entrega se estableció un puntaje de 1 si contenían residuos sólidos y suciedad en estado seco, que complicarían su posterior limpieza; 2 si a pesar de su estado húmedo o seco contenían residuos sólidos de gran tamaño que facilitaban su limpieza y 3 si visiblemente las semillas contenían pocos residuos. Para el criterio de cantidad se estableció 1 si era ≤ 2 kg, 2 si era > 2 kg o ≤ 3 kg y 3 si era >3 kg. Por último, para el tipo de guayaba se asignó una puntuación de 1 si las semillas eran de origen desconocido, 2 si las semillas provenían de un solo tipo de guayaba y 3 si eran procedentes de 2 tipos de guayaba.

De acuerdo a la matriz multicriterio, para la respectiva caracterización se escogieron las 3 empresas con mayor puntaje (Guayabos la Villa, El Cristal y El Ruiz). Esta selección se hace con el fin de tener una completa caracterización, ya que algunos no cuentan con todos los datos e información tales como: Variedad o tipo de guayaba (factor diferenciador) y pre- tratamiento, al igual que, la cantidad de semilla que se tiene al alcance debe ser positiva, debido a que es necesario para el número de pruebas experimentales que se deben realizar durante todo el proyecto. En ésta, también se

evaluaron las condiciones de entrega de la semilla, las cuales nos permitieron ver si hay diferencia entre un secado inmediato a la recolección o si es más viable realizar un lavado y limpieza previo al secado.

2.1.5. Caracterización fisicoquímica de la semilla de guayaba

Debido a la escasez de referencias e información bibliográfica, llevar a cabo una adecuada caracterización de la materia prima, permite obtener información acerca de cuáles son las condiciones y características óptimas de las semillas de guayaba (*Psidium guajava* L.) antes de la extracción. Cabe aclarar que la caracterización solo se realizó a las semillas provenientes de El Ruiz, El Cristal y Los Guayabos la Villa partiendo de la selección anteriormente establecida.

a) Determinación de peso:

Se tomaron 20 g de muestra de cada una de las tres empresas y se colocaron en papel filtro, luego de ello y mediante el método de cuarteo Tipo B, NTC 3674 [32] como se muestra en la Figura 8, se dividió el círculo en cuatro partes iguales, de allí se escogieron dos cuartos opuestos y se descartaron los sobrantes. Con las partes escogidas se tomaron 10 semillas aleatoriamente y se pesaron una a una en una balanza analítica Ohaus, USA, que permite una cantidad máxima de 320g. Esto se repitió tres veces por empresa.

Figura 8.

Método de cuarteo para la selección de las semillas a caracterizar.



Nota. La figura evidencia el método de cuarteo y la elección aleatoria para la caracterización de las semillas de guayaba (*Psidium guajava*). Las fotos son representativas del proceso para Los Guayabos la Villa, sin embargo, el resto de muestras siguió el mismo procedimiento.

A continuación, se muestra en la tabla 9 un promedio y desviación de los datos de peso (g) obtenidos para las semillas de cada empresa.

Tabla 9.

Características fisicoquímicas de la semilla de guayaba: Peso

Peso (g)		
Guayabos la Villa	El Ruiz	El Cristal
3,845 ± 0,36	6,418 ± 0,39	5,130 ± 0,40

Nota. En la tabla se evidencian los valores obtenidos del peso de las semillas de guayaba (*Psidium guajava* L.) de las tres empresas seleccionadas. *El ±* hace referencia a la desviación estándar de las 3 réplicas realizadas en la prueba. Tomada de ensayos experimentales. Ohaus. Balanza analítica [equipo]. (*Pioneer™ Analytical PA323*). USA.

El registro de datos del pesaje se puede ver en su totalidad en el ANEXO 1. (Tabla 36, Tabla 37, Tabla 38).

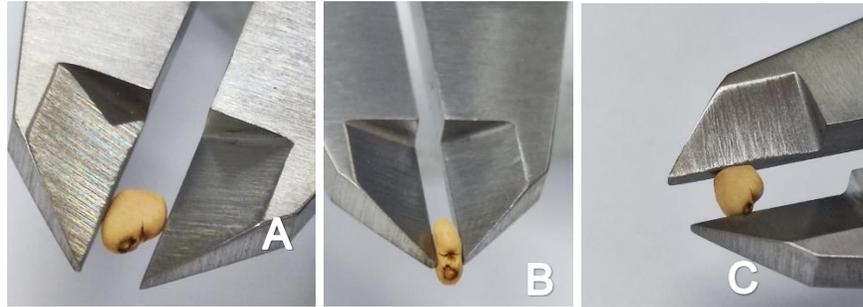
Con base en los resultados obtenidos, se puede evidenciar que la empresa El Ruiz tiene el peso mayor, lo anterior debido al estado de entrega ya que seco puede presentar mayor suciedad impregnada en la semilla, para la empresa El Cristal su peso puede ser por la variedad de guayaba, ya que las semillas al ser procedentes de guayaba pera presentan un mayor tamaño.

b) Determinación de la forma:

De las semillas anteriormente seleccionadas, se tomaron aleatoriamente 3 semillas por empresa y usando como instrumento de medida un calibrador pie de rey digital, Uberman, Santiago, Chile, se midió en cada semilla el largo, ancho y grosor (figura 9).

Figura 9.

Ancho, grosor y longitud de las SG



Nota. La figura evidencia cada una de las mediciones que se les realizó a las semillas de guayaba (*Psidium guajava*), A) ancho, B) grosor y C) longitud.

A continuación, en tabla 10 se muestra un resumen de datos referentes a los promedios por réplica de las mediciones, la cual se puede observar detalladamente en el ANEXO 1. (Tabla 39, Tabla 40 y Tabla 41).

Tabla 10.

Determinación de la forma de SG

Empresas productoras de bocadillo			
	Guayabos la Villa	El Ruiz	El Cristal
Longitud (mm)	3,845 ± 0,36	6,418 ± 0,39	5,130 ± 0,40
Ancho (mm)	3,048 ± 0,23	4,557 ± 0,35	4,205 ± 0,30
Grosor (mm)	2,192 ± 0,41	2,900 ± 0,24	2,705 ± 0,28
L/A	1,278 ± 0,91	1,278 ± 0,93	1,120 ± 1,25

Nota. En la tabla se evidencian los valores obtenidos para el largo, ancho, grosor y la relación de largo/ancho que nos indica la forma de las semillas de guayaba (ovoide). *El ±* hace referencia a la desviación estándar de las 3 réplicas realizadas en la prueba. Tomada de ensayos experimentales. Universidad de América [Laboratorio]. Bogotá D.C., Colombia.

Dichas medidas, brindan un acercamiento a la forma que presentan, la relación de longitud y diámetro mayor que 1 da una aproximación a una forma ovoide, mientras que las menores a 1 se asemejan a una forma esférica [33]. En la figura 10 se demuestra las diferentes formas y tamaños de la semilla.

Figura 10.

Tamaños de la semilla de guayaba



Nota. La figura muestra los diferentes tamaños que puede tener la semilla de guayaba (*Psidium guajava*).

c) Determinación de la densidad aireada:

Se tomó una probeta de vidrio graduada de 100ml y se llenó con las semillas de guayaba hasta cierto volumen, posteriormente, se pesó la probeta [39]. Para el cálculo de la densidad aireada se hizo uso de la ecuación 1- ANEXO 2

d) Determinación de la densidad empacada:

Una vez se tenían las mediciones de la densidad aireada se sometió la probeta a una agitación manual permitiendo que las partículas se acomodaran y eliminaran los espacios vacíos entre ellas [39]. Para el cálculo de la densidad empacada se hizo uso de la ecuación 2.- ANEXO 2. La totalidad de los cálculos se pueden observar en el ANEXO 1. (Tabla 42,43 y 44).

Tabla 11.

Características fisicoquímicas de la semilla de guayaba: Densidad Aireada y empacada

Densidad de las semillas de guayaba (g/ml)			
	Guayabos la Villa	El Ruiz	El Cristal
Densidad aireada	0,603 ± 0,00	0,649 ± 0,002	0,584 ± 0,002
Densidad empacada	0,659 ± 0,002	0,710 ± 0,00	0,625 ± 0,00

Nota. En la tabla se evidencian los valores obtenidos de la densidad aireada y empacada de las semillas de guayaba (*Psidium guajava* L.) de las tres empresas seleccionadas. *El ±* hace referencia a la desviación estándar de las 3 réplicas realizadas en la prueba. Tomada de ensayos experimentales. ABC laboratorios. Probeta Graduada 100 ml [equipo]. Bogotá D.C., Colombia.

e) Determinación de cenizas:

La determinación de cenizas nos permite estimar la cantidad total de minerales presentes en una muestra, en este caso, en las semillas de guayaba (*Psidium guajava* L.). Este es un análisis muy utilizado en la caracterización de la industria de alimentos y para su procedimiento se manejó el método oficial de análisis de AOAC internacional (A.O.A.C 923.03) “Determination of total ash and organic matter” [34].

Figura 11.

Determinación de cenizas en la semilla de guayaba



Nota. En la primera imagen de izquierda a derecha se observan los crisoles en la mufla antes de iniciar el proceso, de allí la segunda imagen nos proporciona una visualización de las cenizas resultantes luego de 7 horas.

Previa a la determinación de cenizas, la semilla de guayaba fue sometida a un secado al ambiente durante 6 horas y posterior a ello, se sometió a un secado al horno por convección a 103°C, con el fin de retirar la mayor cantidad de humedad contenida. Por último, se pasó por una etapa de molienda con un molino de discos manual, Corona, Colombia. En su procedimiento se pesaron los nueve crisoles pequeños en una balanza analítica, Ohaus, y posteriormente se adicionaron a cada uno 2g de SGM.

Después, se introdujeron en el interior de una mufla a 550°C durante 7 horas, hasta la obtención de cenizas grisáceas como se observa en la figura 11, pues al someter la muestra a combustión la materia orgánica es oxidada y las cenizas resultantes son consideradas la parte mineral.

Tabla 12.

Porcentaje de cenizas en SGM

Cenizas de las semillas de guayaba (%)		
Guayabos la Villa	El Ruiz	El Cristal
0,765 ± 0,04	1,429 ± 0,07	0,744 ± 0,07

Nota: En la tabla se evidencian los valores obtenidos en la determinación de cenizas de las SGM de las tres empresas seleccionadas. *El ±* hace referencia a la desviación estándar de las 3 réplicas realizadas en la prueba. Tomada de ensayos experimentales. Terrigeno. Mufla, Medellín., Antioquia [equipo].

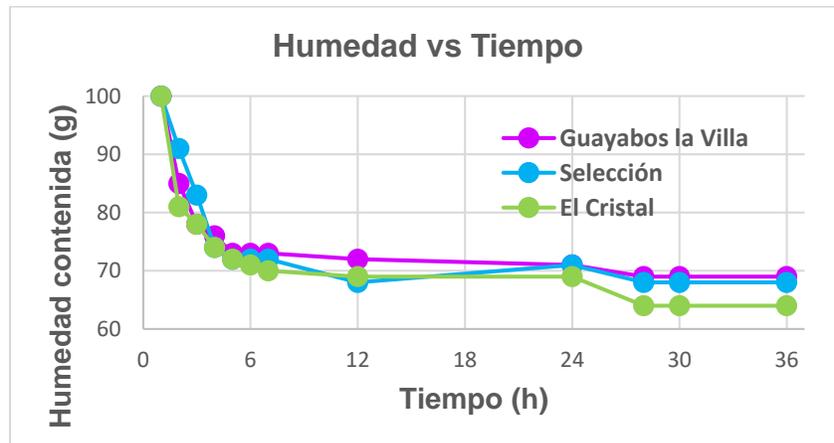
El estudio se realizó por triplicado y el promedio se muestra en la tabla 12. Los cálculos se pueden observar en el ANEXO 1. (Tabla 45) y la ecuación 3- ANEXO 2 para sus respectivos cálculos.

f) Determinación de humedad:

Debido a que la estructura morfológica de las semillas de guayaba evidencia que tiene diferentes capas donde se puede acumular el agua, se realizó un secado al sol para retirar la humedad libre y un secado al horno para retirar la humedad ligada [35].

Figura 12.

Determinación del contenido de humedad libre mediante secado al sol



Nota: En la figura se evidencian los valores obtenidos en la determinación del contenido de humedad libre mediante secado al sol de las SGM de las empresas entregadas en estado húmedo. Tomada de ensayos experimentales. Gramera Casera, China. [equipo].

Para el cálculo de la humedad de la semilla de guayaba de las 3 empresas que fueron recolectadas en estado húmedo, luego del pre-tratamiento previo se tomaron pequeñas muestras para determinar el tiempo requerido del secado al sol, para ello se dejó en una bandeja al aire libre desde las 8:00 am durante 36 horas hasta llegar a peso constante como se evidencia en la figura 12. Manejando temperaturas entre 10°C y 20°C (característico de la ciudad de Bogotá D.C.). Estas condiciones se establecieron como variable de operación para el respecto secado al sol de las semillas en estado húmedo de toda la investigación.

Luego de la obtención de datos evidenciados en la tabla 13 se puede observar que la semilla, aun así, queda con gran cantidad de agua por lo que requiere un proceso de secado mucho más específico, que para este caso y basado en la NTC 2228 [36] se determinó el contenido de humedad y materia volátil a partir de un secado en horno (figura 13).

Tabla 13.

Determinación de humedad: libre

Determinación de humedad libre de las SG			
Humedad	Guayabos La Villa	Selección	El Cristal
Retirada de la semilla	45%	47%	56%
Contenida en la semilla	55%	53%	44%

Nota: En la tabla se evidencian los valores obtenidos en la determinación de la humedad ligada. Tomado de ensayos experimentales. Gramera Casera, China. [equipo].

El procedimiento consistió en el secado de 10g de semillas de guayaba en estado húmedo a una temperatura de 103°C en un horno de convección, hasta obtener masa constante con diferencia menor a 0,005g entre las pesadas sucesivas cada hora [36].

El procedimiento se llevó a cabo mediante 3 repeticiones con 3 réplicas cada uno. Esto, debido a que la universidad de América no cuenta con un horno a presión atmosférica o un laboratorio a temperatura constante que impida alguna modificación en los resultados, Por esta razón, al ser la semilla tan inestable y al tener bajas temperaturas en los laboratorios, no fue posible llegar a peso constante.

Los resultados recopilados se muestran en el ANEXO 1 (Tabla 46,47,48,49,50 y 51). Del cual, se alcanzó a retirar un porcentaje promedio del 6% al 13% de humedad.

A pesar de los dos tipos de secado realizados, no se logra eliminar el 100% de humedad ya que cierta cantidad de agua está contenida dentro de la estructura molecular de la semilla (humedad no ligada) y esta solo puede ser retirada a temperaturas muy elevadas, lo cual puede tener como consecuencia la inestabilidad en el extracto final porque se contribuye a la oxidación de los lípidos que son los principales componentes a extraer en la semilla, los cuales son sensibles al calor y a la oxidación.

Figura 13.

Determinación del contenido de humedad ligada



Nota. En la figura se evidencian parte de los crisoles en el horno convección antes de comenzar el procedimiento y en el desecador para su posterior pesaje con el fin de retirar la humedad ligada.

2.2. Obtención del extracto

Antes de obtener un extracto es importante realizar un previo tratamiento a la materia prima con el fin de asegurar una buena calidad al extracto y así mismo tener evaluado múltiples factores que logren establecer las diferentes características tanto de la semilla como del extracto.

2.2.1. Tratamiento de materia prima

En el tratamiento de la materia prima (semilla de guayaba) se evaluaron los siguientes factores:

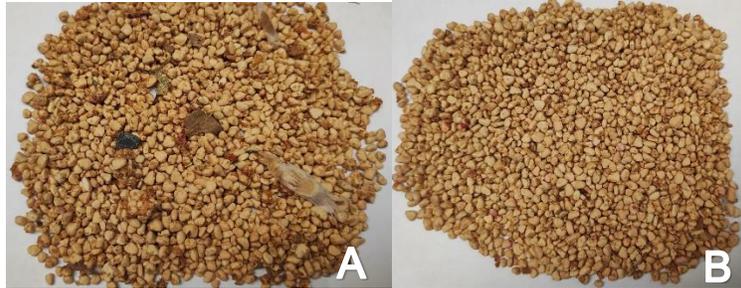
a) Limpieza general

Luego de tener la semilla seca, es importante llevar a cabo una limpieza de tal forma que se retiren todas las impurezas y residuos como lo son hojas, ramas, piedras o quizás pulpa que se haya quedado pegada a la semilla.

Esta limpieza se realizó manual mediante un tamiz y un colador casero debido a que no se cuenta con un equipo especializado para este tipo de residuos, evidenciando en la figura 14 una diferencia significativa.

Figura 14.

Diferencia entre las semillas antes y después de realizar una limpieza general



Nota. La figura evidencia la limpieza manual a las semillas, evidenciando una diferencia representativa A) semilla sucia B) semilla limpia. Así como la importancia de la limpieza antes de un tamizado y molienda.

Secado en horno

Con el objetivo de retirar el agua que se encuentra en los poros superficiales de la semilla, se realizó un previo secado al sol retirando la humedad libre a las semillas que se encontraban en estado húmedo (Guayabos La Villa y El Cristal) mediante condiciones a bajas temperaturas, como se observa en la figura 15 se expusieron al sol y aire libre durante 36 horas aproximadamente. De igual manera, luego se llevó a cabo un secado en horno incluyendo las semillas en estado seco de la empresa El Ruiz, puesto que aún queda agua retenida en la superficie de las partículas de la semilla, debido a las fuerzas de adhesión y las cuales requieren de un proceso a mayor temperatura.

Figura 15.

Secado al sol y secado en horno de semillas de guayaba enteras



Nota. La figura muestra las semillas expuestas tanto al A) sol como en el B) horno.

b) Molienda

Se evaluaron los 3 diferentes equipos de molienda (figura 16) que se tuvieron al alcance para realizar una disminución del tamaño de partícula de la semilla y así obtener un mejor rendimiento en el proceso de extracción.

Figura 16.

Representación de los 3 molinos ensayados



Nota. La figura muestra los tipos de molinos usados para los ensayos de disminución de tamaño de partícula de la SG. A) Molino de bolas, B) Molino de cuchillas (procesador de alimentos) y C) Molino de discos.

A causa de que se necesita un rango de reducción de tamaño fino, se escoge el molino de discos debido a que se evidencia una disminución del tamaño de la semilla adecuado a pesar de la dureza que la misma presenta, como se muestra en la figura 17 se encuentra la semilla en su tamaño original que posterior al paso por el molino de discos (3 veces) disminuye su tamaño como se observa en la figura 18.

Figura 17.

Tamaño de partícula original de la semilla de Guayaba



Nota. La figura muestra el tamaño de la semilla original justo antes de ser molida.

Para garantizar que la semilla de guayaba quede en forma de polvo, se realizaron 3 corridas por el molino de discos. En el ANEXO 3- tabla 52, se encuentra justificado el uso del molino a detalle.

Figura 18.

Diferencia de tamaños para las 3 molidas en el molino de discos



Nota. La figura evidencia la diferencia del tamaño de partícula en las 3 diferentes corridas por el molino.

c) Tamizado

Posterior a la molida, la materia prima no queda completamente homogénea, por lo que se realiza un tamizado de tal forma se logre garantizar un polvo uniforme. Este paso se realizó tanto para la semilla entera antes de secar al horno como para la molida, con el objetivo de asegurar que la semilla en grano sea uniforme en el secado y asimismo el polvo de la semilla se encuentre lo más limpio y adecuado posible.

Figura 19.

Tamizado de la semilla entera antes y después de la molienda



Nota. En las figuras se evidencia A) tipos de tamices (N8 2,36mm; N12 1,00 mm; N20 0,85mm) usados para realizar una limpieza de impurezas diminutas como lo es el polvo y piedras pequeñas, como se observa en la figura B) del tamiz. C) Muestra los tipos de tamices (N12 1,00 mm; N14 1,43 mm; N20 0,85mm) usados para homogenizar el tamaño de la semilla molida, D) evidencia el polvo final después de pasar por las tres mallas se da uso para la extracción.

Las semillas seleccionadas son las que quedan retenidas en las mallas #8 y #12 ya que contienen partículas de tamaño grande y medio. El polvo uniforme que sale por la malla #20 son las semillas molidas que se usaron para la extracción, así como las sobrantes. El retenido que queda en las 3 mallas se pasó nuevamente por el molino hasta obtener nuevo material para tamizar. El procedimiento se realizó como se muestra en la figura 19.

2.2.2. Matriz multicriterio para la elección del solvente

Para la elección del solvente se realizó un estudio detallado de los tipos de solventes que se pueden aplicar en la extracción Soxhlet y que a su vez sea de fácil acceso para el proyecto, a partir de los parámetros estudiados como se observa en el ANEXO 3 (Tabla 53), se estableció una puntuación para cada criterio, teniendo en cuenta la menor puntuación ya que determina un menor riesgo para la aplicación del proyecto.

Se evaluó de la siguiente manera para cada uno de los criterios de la tabla 14: Donde el riesgo de la salud indica 0 normal, 1 poco peligroso, 2 peligroso, 3 muy peligroso y 4 mortal; en el riesgo de inflamabilidad: 0 no arde, 1 arde a más de 93°C, 2 arde a menos

de 93°C, 3 arde a menos de 37°C y 4 arde a menos de 25°C; por último, el riesgo por reactividad: 0 estable, 1 inestable al calentamiento, 2 cambio químico violento, 3 puede explotar por choque o calentamiento y 4 puede explotar. Asimismo, 4 si es corrosivo, 1 si no lo es y 4 si presenta riesgo ambiental y 1 si no

Tabla 14.

Matriz multicriterio para la selección del solvente

Criterios de evaluación						
Solventes	R. salud	Inflam	React	Corrosivo	R. ambiental	Total
Etanol	0	3	0	1	1	5
Acetona	1	3	0	1	1	6
Butanol	1	3	0	4	1	9
Ácido Acético	3	2	0	4	4	13
Éter etílico	2	3	0	1	1	7
Hexano	1	3	0	4	4	12
Éter de petróleo	2	4	0	1	4	11
Acetato de etilo	2	3	0	1	1	7

Nota: En la tabla se evidencian los criterios evaluados para la selección del solvente. Tomado de ThermoFisher Scientific. [En línea]. <https://www.thermofisher.com/co/en/home.html> y con base método Pugh tomado de <https://repository.ucatolica.edu.co/entities/publication/3d62e8c5-1a13-498b-a1fa-555df4969494>.

La menor puntuación la tiene el Etanol puesto que tiene un menor riesgo en el manejo durante la práctica y que a su vez es considerado en la química verde en función de su baja toxicidad y buena degradabilidad. Otra de las razones a tomar en cuenta es que este solvente es la fácil accesibilidad y por la aplicación hacia la industria de alimentos que se plantea evaluar en la presente investigación sería uno de los solventes menos contaminantes. Por tal motivo, se opta por utilizar dicho solvente durante el desarrollo de la práctica experimental.

2.2.3. Proceso de extracción Soxhlet

El método de extracción Soxhlet implica el contacto sólido: líquido para la remoción de uno o varios compuestos de un sólido por disolución en un solvente caliente, teniendo en cuenta las diferencias de solubilidad de los componentes de la mezcla. [37]

Figura 20.

Montaje extracción Soxhlet y rota evaporador



Nota. Las figuras corresponden a A) Montaje de la extracción, B) Rotaevaporador Heildoph, Alemania.

Como se evidencia en la figura 20 – A el equipo de extracción Soxhlet consta de diferentes componentes:

1. Condensador- tubo refrigerante: Equipo que enfría los vapores del solvente (etanol) que se generan durante la extracción, con el fin de condensarlos y permitir que el solvente gotee de regreso al matraz. Allí se hizo uso de agua como refrigerante directamente tomada de la llave del laboratorio [37].

2. Matraz - Sifón: Conocido también como extractor Soxhlet, se cataloga como el componente principal del equipo en el cual se coloca mediante un papel filtro la materia prima en estado sólido que contiene los compuestos que se desean extraer [37].

3. Balón - Matraz receptor: En este balón se adiciona el etanol para su posterior evaporación en el proceso y de igual forma recoge el solvente condensado junto a los compuestos extraídos de la materia prima vegetal [37].

4. Soporte Universal: Estructura de metal que sostiene el equipo completo de la extracción evitando fallas e incidente [37].

5. Baño de calentamiento: Ubicado en la parte inferior del equipo, se usa para proporcionar calor uniforme al matraz receptor y por ende al proceso, asegurando la ebullición del solvente, garantizando un proceso continuo y en el menor tiempo posible.

A continuación, se describe brevemente el procedimiento para el adecuado manejo del equipo y cantidades de materia prima y solvente requeridos durante el proceso.

Calentamiento: En primera instancia y debido a que el etanol tiene un punto de ebullición del 78,37°C se realiza previo al montaje un baño María con el fin de incrementar y tener control sobre la temperatura del proceso.

Carga del matraz o extractor Soxhlet: Luego se pesó la SGM con ayuda de un Beaker y se depositó en un cartucho de papel filtro para introducirlo dentro del sifón Soxhlet.

Adición del solvente: Posterior a esto, mediante una probeta se midió el solvente (Etanol al 96%) y se adicionó a un balón esmerilado de fondo plano. Cuando la temperatura se alcanzó, se introdujo en el baño María el balón (cubriendo más arriba de la cantidad de solvente) junto al sifón con ayuda de un soporte universal, rodeando las boquillas con vaselina.

Conexión de refrigerante: Por último, se colocó el Soxhlet con un condensador Allihn (de bolas), al cual se le conectó la entrada de agua en el canal inferior y la salida en el canal superior mediante mangueras, lo que permitió el paso del agua para refrigerar el equipo manteniendo la temperatura del proceso y evitando un recalentamiento del mismo. De inmediato, se dio paso a que el flujo de agua pasara a través de las mangueras.

Como principio de funcionamiento este método, al completar el nivel máximo del sifón, genera un “sifón” o “ciclo” que se identifica como la descarga del solvente junto con el extracto obtenido hacia el balón a través de un tubo interior que tiene el equipo en la parte lateral, repetido varias veces de acuerdo al tiempo establecido [37].

Rota evaporador: El contenido presente en el balón se llevó al rotaevaporador que se muestra en la figura 20 – B, el cual separó el solvente de la muestra a través de una destilación, que como principio tiene un aumento de presión con el fin de disminuir la temperatura de ebullición del solvente y así evaporarse y condensarse en el menor tiempo posible. Este proceso se trabajó para Etanol a 75 mbar, 100 rpm y 50 °C como lo indican las instrucciones del proveedor. El montaje Soxhlet descrito anteriormente sumado al equipo rotaevaporador se muestra en la figura 20.

Secado del extracto: Con el fin de evaporar el solvente que pudo quedar aun impregnado en el extracto concentrado. Se llevó a secado en horno (figura 21), pesando cada media hora con el fin de observar cuanta cantidad de solvente se evapora y hasta qué punto se llega a peso constante (dos cifras decimales constantes entre cada pesada).

Figura 21.

Evaporación de solvente



Nota. Las figuras A) y B) muestran las dos formas de secado del ESG en el horno.

2.2.4. Evaluación de factores

En vista de la falta de información registrada acerca de las condiciones tanto de la SG como del ESG, se procede a realizar un seguimiento detallado de los factores que influyen en la calidad final del extracto concentrado de SG con el objetivo de determinar las condiciones adecuadas de operación del proceso.

a) Semillas

La semilla de guayaba (*Psidium guajava* L.), materia prima del proceso, se evaluó con el fin de estudiar la incidencia que tienen factores como la temperatura y tipo de secado de la misma sobre el extracto.

Temperatura de secado de la semilla

Secado al sol (36 horas)

Reafirmando lo indicado por Roque, Arango y Valle en su artículo “Humedad de la semilla como atributo de calidad”, para el proyecto la temperatura de secado entre 11°C y 20°C no sería viable, esto, basándonos en que la semilla tiene como parte constitutiva de su estructura anatómica: agua libre, agua capilar, agua estructural y agua de constitución, cuatro formas principales del agua en la semilla de las cuales no tendríamos plena seguridad que con el secado al sol, el extracto obtenido estaría totalmente concentrado y no se compone de agua [35]. Teniendo en cuenta lo mencionado en la sección 2.1.5 – F se establece un secado a 36 horas.

Secado al horno a 60°C

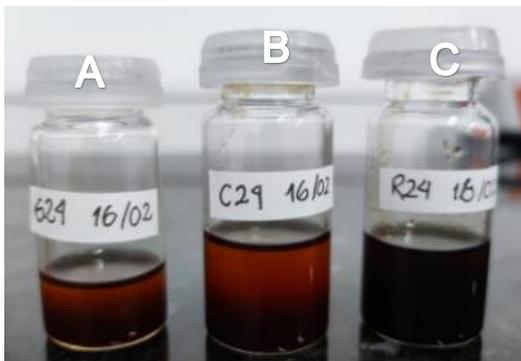
Al no tener plena seguridad que la semilla no tuviera humedad luego del secado al sol, se optó por llevar durante 24 h las semillas al horno a 60°C. No obstante, al momento de obtener el extracto con estas condiciones de secado, se observó que el mismo presenta una inestabilidad frente a los cambios altos de temperatura en el secado final del ESG, de manera que se hace difícil obtener un extracto final de calidad.

Como se evidencia en la figura 22, se produce una afectación sobre el extracto debido al tiempo prolongado de secado de la semilla, además de ello, se puede observar una coloración más oscura para la empresa de El Ruiz, esto, asociado a las condiciones de entrega ya que se proporcionó en estado seco y con impurezas impregnadas en la semilla y por lo tanto no se tuvo un control del tratamiento durante el secado, lo que a su vez hace más complejo de realizar una profunda limpieza. Al no tener un lavado posterior

al despulpado, las semillas quedan con mayor impureza y, en consecuencia, no se tiene una semilla apta para un buen extracto.

Figura 22.

Apariencia del extracto obtenido para las diferentes empresas



Nota. La figura evidencia el extracto de SG para las empresas con un secado de las semillas durante 24 horas en el horno a 60°C. A) extracto con las semillas de la empresa Guayabos la Villa B) extracto con las semillas de la empresa El Cristal C) extracto con las semillas de la empresa El Ruiz

Los resultados anteriores proporcionan un fuerte criterio frente a la selección de las empresas Guayabos la Villa y El Cristal como las principales fuentes de materia prima puesto que las dos empresas cuentan con el mismo estado de entrega “húmedo”, permitiendo así, que en el proyecto se lleve un control de lavado y limpieza profunda antes de la extracción. Como se observa en la figura 22, las dos empresas presentan similitud en su aspecto.

Con base en lo anterior se decide disminuir 10°C la temperatura de secado y evaluar tres tiempos (6, 8 y 10 horas). Los resultados se muestran en la sección 2.3. *Diseño de experimentos.*

- Tipo de secado

Con el fin de retirar mayor humedad se decide evaluar un cambio en el orden de la forma de secado de las semillas aumentando el área superficial. Por esta razón, la etapa de molienda se realizó previo al secado, observando si existe diferencia en los rendimientos del extracto obtenido. No obstante, el rendimiento del ESG muestra un cambio significativo a tomar en cuenta, por lo cual se decide secar la semilla antes de molerla para un mayor rendimiento en el proceso.

Tabla 15.

Rendimientos Preliminares ESG

Rendimientos Preliminares ESG (%)			
	Guayabos la Villa	El Cristal	El Ruiz
SM	3,143 ± 0,48	3,337 ± 0,34	3,841 ± 0,46
MS	3,079 ± 0,49	2,748 ± 0,32	3,446 ± 0,49

Nota. La tabla muestra el promedio y la desviación de los rendimientos obtenidos para las empresas seleccionadas. *El ±* hace referencia a la desviación estándar de las 3 réplicas realizadas en la prueba. Datos experimentales tomados en: Laboratorio Universidad de América.

Para el cálculo de estos rendimientos preliminares del ESG se hizo uso de la ecuación 1 descrita a continuación,

$$Rendimiento = \frac{PF - PI}{M} * 100$$

Donde

PF = Peso final del balón que contiene ESG

PI = Peso inicial del balón vacío

M = Peso de la Semilla de guayaba ingresada al Soxhlet

Cabe mencionar que los rendimientos del extracto concentrado de SG por método Soxhlet de la tabla 16 son preliminares ya que las condiciones de operación en dicho punto aún se seguían evaluando.

b) Extracto

Esta etapa se realizó para evaluar el funcionamiento del método Soxhlet y así establecer las condiciones de operación óptimas para obtener el mayor rendimiento posible. Además de estudiar el cambio que tiene la temperatura sobre el extracto.

- Cantidad de semilla

Se evaluaron 65 g y 50 g en un sifón de capacidad de 100 ml, sin embargo, se evidencia que el funcionamiento del Soxhlet no se realizaba correctamente, observando un goteo en la parte inferior, en lugar de ejecutar un sifón completo, afectando el tiempo de extracción y así mismo su rendimiento. Por tal motivo, se decide implementar un sifón con capacidad de 250 ml con la cantidad de 60 g de semilla, asegurando el correcto funcionamiento del Soxhlet.

- Cantidad de solvente

Es importante tener en cuenta que la cantidad de solvente deber ser mayor a la capacidad del sifón, teniendo una relación mayor a 1:4 semilla /solvente, esto, para conseguir un sifón completo. En este caso se proporcionó una relación 1:5.

- Tiempo baño maría y plancha de calentamiento

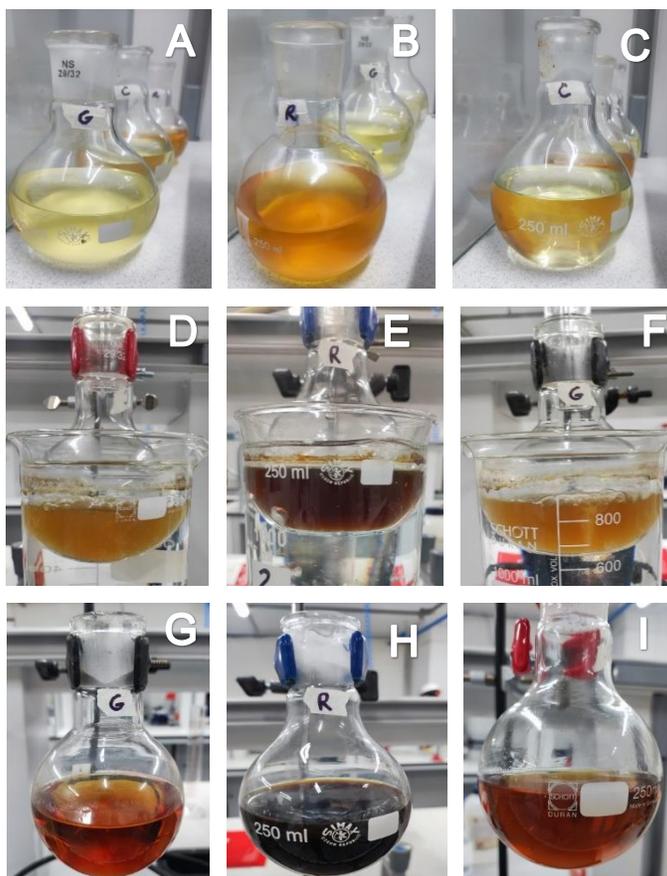
El calentamiento previo afecta de manera significativa la calidad del extracto, es por esto que se establece una temperatura de 245°C para la plancha y un tiempo de 1 hora de calentamiento previo a baño María. Evidenciando que, si se aumentan, el extracto se quema durante el proceso a tal punto de quedar negro o café. Esto se determina, tras evaluar 1 hora, 1 ½ hora, 2 horas y 2 ½ horas previas de calentamiento. Lo anterior, se observa en la figura 23.

- Tiempo de extracción

Durante los ensayos preliminares se evidencio que el tiempo adecuado para la extracción es de 5 horas, puesto que, a este tiempo se evidencia un color trasparente del extracto-solvente en el sifón.

Figura 23.

Apariencia del extracto obtenido afectada por el factor temperatura



Nota. En las figuras se evidencia ESG obtenido. En ellas se observa como el extracto va cambiando según las horas de previo calentamiento, la columna 1 hace referencia a la empresa los Guayabos la Villa, la columna 2 a la empresa el Ruiz y la columna 3 a la empresa El Cristal A), B) y C) ESG con tiempo de calentamiento previo a baño María 1h D), E) y F) ESG con tiempo de calentamiento previo a baño María -2h G), H) y I) ESG con tiempo de calentamiento previo a baño María de 2 ½ h. Éstos 3 últimos fueron extractos en los cuales se excedió la temperatura de la plancha mayor a 245°C.

- Rota evaporador

El rotaevaporador es un instrumento de laboratorio que nos permite recuperar el Etanol en un porcentaje de 90 a 95% de alcohol, que para el extracto de semilla de guayaba dura en un tiempo estimado de 30-40 min, así mismo, se incluye una evaporación del agua para evitar que el rendimiento sea erróneo, se establece un tiempo máximo de 10

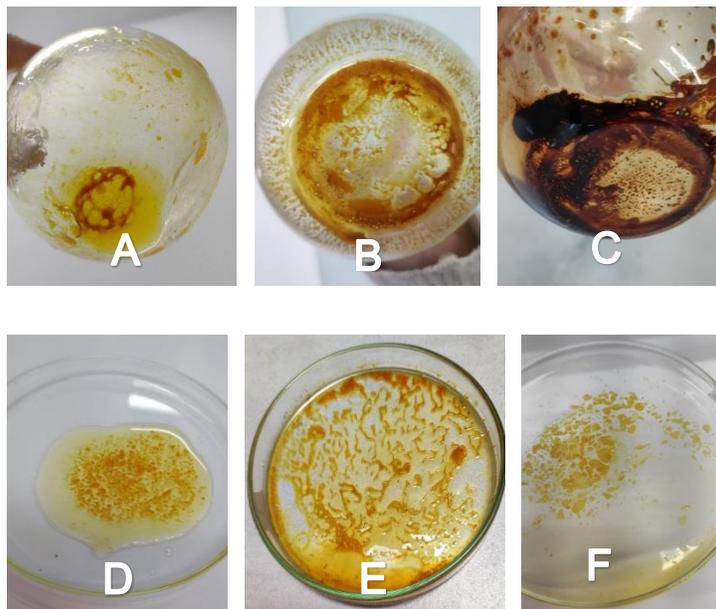
minutos por extracto. Es importante rectificar que el etanol recuperado tenga un porcentaje de alcohol que supere el 95% ya que, el mismo puede ser usado nuevamente como solvente en la extracción optimizando así la compra de materias primas.

- Secado al horno

Para este caso, se realizó un estudio de secado a diferentes temperaturas (60°C, 75°C, 80°C y 103°C) con el fin de evaporar el solvente restante en el extracto luego del proceso en el rotaevaporador. Con base en ello, se analizó que temperaturas superiores a 80°C en un tiempo prolongado puede llegar a afectar la calidad e incluso a quemar el extracto. Para verificar la disminución del solvente en el extracto, se pesa cada media hora hasta llegar a dos cifras decimales iguales (peso constante) entre una pesada y otra.

Figura 24.

Proceso de secado del ESG en balón y cajas Petri



Nota. Las figuras A), B) C) muestran el extracto adherido a las paredes del balón y la inestabilidad frente a la temperatura, D), E), F) muestran el ESG en la caja Petri durante el secado evidenciando la separación del extracto concentrado y las impurezas que presenta.

Inicialmente, se procedió a secar el extracto en los balones (figura 24, fotografía A, B y

C), sin embargo, se evidencia que allí se pierde extracto debido a que se pega en las paredes y es mucho más complicado obtener una cantidad significativa, además, se quema al estar expuesto un tiempo prolongado en el horno.

Por lo anterior, se decide traspasar el extracto a una Caja Petri (figura 24, fotografía D, E y F) con la finalidad de aumentar el área superficial de secado y, asimismo aumentar la velocidad de evaporación y disminuir la pérdida de extracto por las paredes del balón.

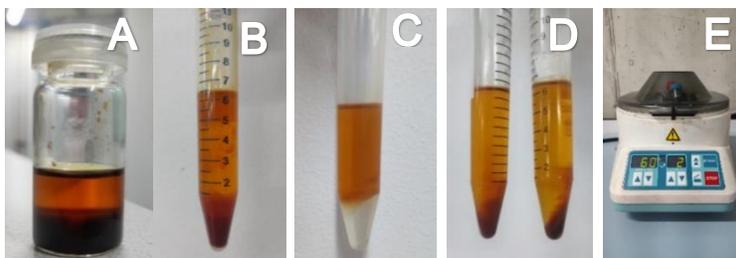
En este último método se evidencia que el extracto sale mucho más limpio pues los sólidos o azúcares caramelizados por la temperatura, se quedan adheridos en la caja Petri.

- Centrifugado

Una muestra por extracción fue guardada desde el inicio de los ensayos experimentales, luego de dos meses al verificar el estado del ESG se observó que por diferencia de densidades se separaron ciertas impurezas del extracto. Las muestras que llevaban solo un mes guardadas aun no evidenciaban una separación visible. Con el objetivo de acelerar el proceso y evitar que el extracto quedara con partículas se procedió a centrifugar cada una de las muestras de modo que se obtuviera una purificación del mismo.

Figura 25.

Separación de fases por diferencia de densidades en el ESG



Nota. Las figuras evidencian A) Decantación del ESG durante 2 meses B) extracto con pocos minutos de centrifugación C) separación agua y aceite D) extracto con adecuado tiempo de centrifugación E) equipo centrifuga, Tecniespectro S.A.S., Colombia.

2.2.5. Condiciones de operación establecidas

Finalmente, y a partir de los factores estudiados se establecen las condiciones de operación óptimas para una buena obtención ESG por método Soxhlet, las cuales se muestran en tablas 16, 17 y 18.

Tabla 16.

Tratamiento de MP

Semilla de Guayaba		
Secado	Tiempo Temperatura	36 horas Sol - Ambiente
Tamizado	Tamaño de partícula	ASTM N°8 y N°12
Secado horno	Tiempo Temperatura	8 horas 50 °C
Molienda (MD)	Corridas por muestra	3
Tamizado	Tamaño de partícula	ASTM N°20

Nota. En la tabla se evidencian los parámetros para realizar un correcto tratamiento a la semilla antes de la extracción.

Estas condiciones son importantes a tener en cuenta antes de realizar la extracción, ya que por su procedencia la semilla se compone de todo tipo de impurezas llegando a afectar el extracto final. Del mismo modo, se requiere de un menor tamaño de partícula por parte de la molienda permitiendo aumentar el área superficial y obtener una mayor extracción.

Tabla 17.*Extracción Soxhlet*

Extracción Soxhlet		
Baño María	Temperatura (plancha)	250°C
	Tiempo	1 hora
	Temperatura (Agua)	85°C
SG	Peso	60g
Solvente	Tipo	Etanol 96%
	Cantidad	300ml
Montaje Soxhlet	Capacidad	250 ml
Extracción	Tiempo	5h

Nota. En la tabla se evidencian las condiciones de operación al momento de realizar la extracción Soxhlet.

Tabla 18.*Separación extracto concentrado más solvente*

Extracto Concentrado		
Rotaevaporador	Presión	75mbar
	Revoluciones	100rpm
	Temperatura	50°C
	Etanol	40 minutos
	Agua	5 minutos
Secado	Tiempo	1:30 hora
	Temperatura	80°C
Centrifugado	Revoluciones	4000 rpm
	Tiempo	90 minutos

Nota. En la tabla se evidencian las condiciones de operación para culminar el proceso y la obtención del extracto concentrado.

Del mismo modo se presenta el procedimiento completo para el tratamiento de MP en el ANEXO 4- Figura 50 y para la extracción Soxhlet en el ANEXO 4- Figura 51.

A partir de las condiciones establecidas podemos observar en la figura 26 el extracto final obtenido por método Soxhlet, demostrando un ESG concentrado, puro y limpio apto para su respectiva caracterización.

Figura 26.

Proceso de obtención de ESG a las condiciones establecidas

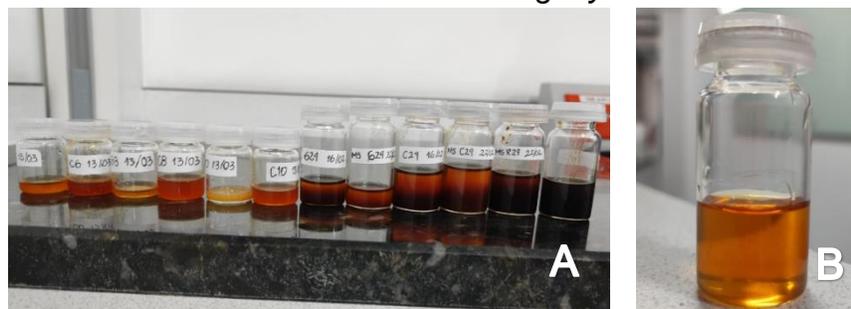


Nota. En las figuras se observan cada uno de los pasos para la obtención del ESG con la metodología establecida y las condiciones adecuadas. A) Mezcla extracto-solvente finalizada la extracción B) Extracto concentrado antes del horno C) Extracto concentrado después del horno y sin impurezas.

En la figura 27 fotografía A se observan los diferentes extractos concentrados que se obtuvieron durante toda la evaluación de factores para lograr determinar una metodología apta y correcta extracción.

Figura 27.

Resultados del extracto de semilla de guayaba

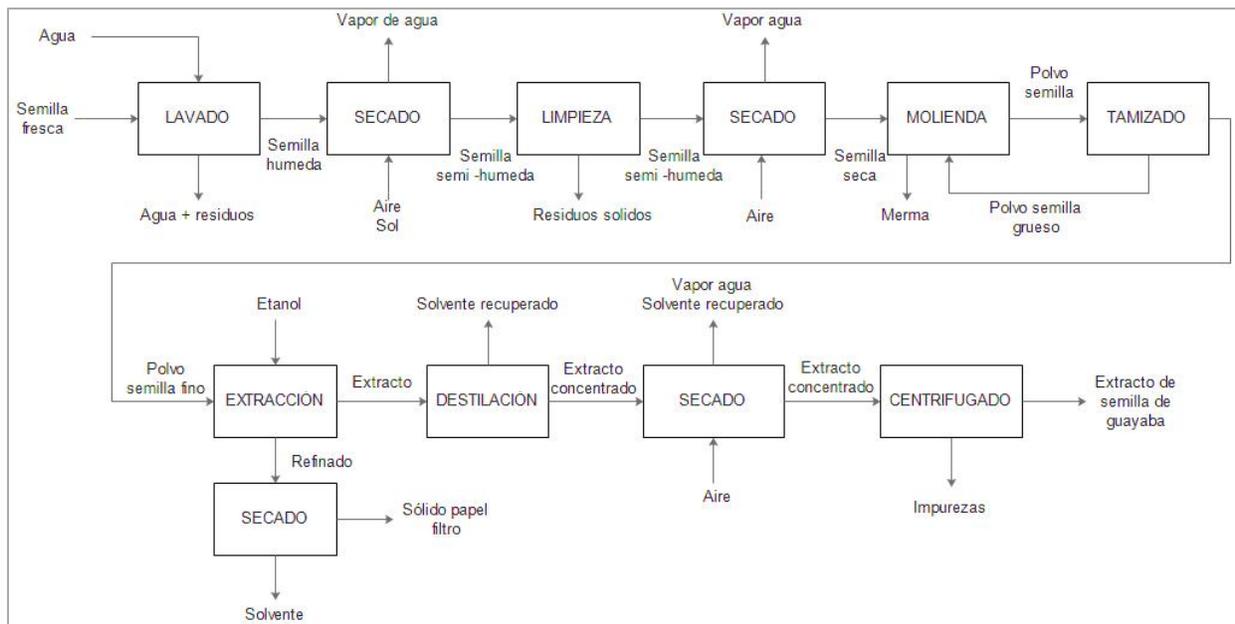


Nota. Las figuras evidencian el cumplimiento del objetivo 1, A) Diferentes extractos obtenidos durante la evaluación de factores B) Muestra el resultado del Extracto de semilla de guayaba (*Psidium guajava* L.) luego de la metodología de extracción adecuada.

Luego de evaluar los factores durante cada una de las etapas en el proceso se logró establecer la metodología como se muestra en la figura 28, fijando cada una de las etapas y así, llevar a cabo un tratamiento y una extracción Soxhlet adecuada, permitiendo la recopilación de datos e información que contribuyan al cumplimiento del objetivo 3. En este diagrama se incluye el tratamiento de la semilla antes de ser usada como materia prima para la extracción, esto como paso fundamental para llegar a obtener un ESG apto para su posterior caracterización.

Figura 28.

Diagrama de bloques del proceso experimental (BFD)



Nota. La figura muestra el diagrama de flujo de bloques BFD del proceso experimental, con las respectivas entradas y salidas del proceso.

2.3. Diseño de experimentos

La propuesta del diseño de experimentos tiene como objetivo estudiar la influencia del tiempo de secado de la MP y la variedad de guayaba sobre el rendimiento del extracto. Todo ello bajo la metodología y condiciones de operación ya establecidas

Tabla 19.

Rendimientos evaluados frente al tiempo de secado vs variedad de guayaba por empresa

RENDIMIENTOS DEL ESG (%)			
(B) VARIEDAD DE GUAYABA			
		Guayaba común	Guayaba común y guayaba pera
(A) TIEMPO DE SECADO (horas)	6h	3,375	3,229
		3,307	3,954
		3,384	3,575
	8h	3,143	3,757
		3,105	3,650
		3,118	3,780
	10h	3,760	3,618
		3,287	3,184
		3,047	3,252

Nota. La tabla muestra los rendimientos evaluados frente al tiempo de secado de las semillas de guayaba vs la variedad de guayaba por empresa. Dichos rendimientos bajo las condiciones del proceso ya establecidas. Datos experimentales tomados en: Laboratorios Universidad de América.

Los rendimientos del ESG base se muestran en la tabla 19, fueron cálculos a partir de la ecuación mostrada a continuación

$$\text{Rendimiento} = \frac{PF - PI}{M} * 100$$

Donde

PF = Peso final de la caja Petri + ESG

PI = Peso inicial de la caja vacía

M = Peso de la SG

Los rendimientos del ESG obtenidos por método Soxhlet con solvente Etanol se consideran bajos respecto a las fuentes relacionadas con el ASG, de las cuales presentan rendimientos de 12,10% a partir de Hexano y 10,45% con fluidos súper críticos

CO₂. Esto puede ser por la polaridad de los solventes y su relación con los triglicéridos que se encuentran en el extracto. De igual forma, al realizar una extracción por solventes se corre mayor riesgo para que el extracto contenga más impurezas y como consecuencia se deben agregar más etapas para terminar de retirar el solvente residual y purificar el extracto generando pérdidas en el proceso. No obstante, se recomienda realizar la obtención del extracto con otro solvente de referencia como el Hexano o evaluar diferentes métodos como prensado en frío y fluidos súper críticos.

2.3.1. ANOVA (análisis de Varianza)

- a) **Factor controlable (variable independiente):** Tiempo de secado (horas) y variedad de guayaba
- b) **Variable de respuesta:** Rendimientos del extracto de semilla de Guayaba (*Psidium guajava* L.)
- **Niveles: Tiempo de Secado:** 6h; 8h; 10h. **Variedad de guayaba:** Guayabos la Villa (guayaba común); Bocadillos El Cristal (guayaba común y guayaba pera).

Tabla 20.

ANOVA – Análisis de Varianza

ANOVA				
	Sumatoria de cuadrados	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios
A	1261,932	0,039	2,000	0,019
B	1895,611	0,340	1,000	0,340
AB	632,866	0,293	2,000	0,147
Error		0,649	12,000	0,054
Total	211,605	1,321	17,000	0,078

F calculado A	0,356	Valor crítico para F	3,885
F calculado B	6,283	Valor crítico para F	4,747
F calculado AB	2,711	Valor crítico para F	3,885

Media	3,418
Desviación Estándar	0,279
Coef. Variación	8,156
Alfa	0,05

Nota. La tabla muestra los resultados del Análisis de Varianza ANOVA la media, desviación estándar y coeficiente de variación de los rendimientos de la Tabla 19. Datos experimentales tomados en: Laboratorios Universidad de América.

Una vez realizado el diseño de experimentos, se obtienen los resultados descritos en la tabla 20, en la cual inicialmente podemos obtener como dato importante el valor medio de 3,418% referente al rendimiento del extracto de semilla de guayaba.

Asimismo, basándose en los resultados obtenidos en el ANOVA (tabla 20) donde el F calculado es menor al valor crítico para el factor A y AB, pero para B es mayor. Se deduce, que si existen diferencias significativas e influencia del Factor B (variedad de guayaba) frente a los rendimientos de ESG, teniendo mayor rendimiento la empresa El Cristal con variedad de guayaba común y pera.

De acuerdo a lo anterior se concluye que la variedad de guayaba si puede influir para un mayor rendimiento del extracto debido a que la única diferencia de las dos empresas estudiadas es que para la empresa El Cristal en su momento de recolección tenía incluida el tipo de guayaba pera en su producción debido a la escasez de la fruta en la temporada.

A partir de dicho resultado se tomó la decisión de realizar los análisis del ESG para el cumplimiento del segundo objetivo tomando como MP las semillas de guayaba de las dos empresas anteriormente mencionadas, a causa de las similitudes que presentan los extractos.

2.4. Justificación y alternativas de extracción

El método seleccionado para usar durante toda la investigación, se escogió dado a que es la técnica con mayor alcance y accesibilidad en los laboratorios de la Universidad de América, de igual manera, es uno de los referentes mayor estudiados en la industria de

aceites esenciales a escala laboratorio y su rendimiento se ajustaba para la cantidad requerida en la caracterización del extracto.

Aunque el rendimiento del ESG es bajo en comparación a otros extractos provenientes de semillas oleaginosas, sus propiedades beneficiosas podrían compensar el rendimiento. Sin embargo, existen otras alternativas que podrían ser estudiadas para obtener un mayor rendimiento y así mismo dar una aplicación directa luego de ser extraído.

Dentro de estas, encontramos el prensado en frío siendo una de las técnicas más antiguas y de menor impacto que puede mantener las propiedades nutricionales y aromas del aceite de forma natural, pero como desventaja principal, tiene un bajo rendimiento de aceite en comparación a otros métodos. Por otra parte, la extracción con fluidos supercríticos es una de las técnicas más avanzadas. A partir de este método se puede lograr un mayor rendimiento, más seguro y menos contaminante, además como ventaja durante la extracción deja el producto final sin residuos consiguiendo diferentes grados de pureza, en segundo lugar, permite una mayor selectividad puesto que se ajusta a las condiciones del proceso para extraer componentes específicos de la semilla vegetal y por último, el CO₂ es considerado un solvente verde, lo que ocasiona que la extracción sea más sostenible en comparación a los otros métodos ya mencionados.

La destilación por arrastre con vapor de agua, es método comúnmente utilizado en extracción de aceites, siendo una técnica que implica un proceso más puro debido a que el uso de vapor de agua no deja contaminantes sobre el extracto conservando sus compuestos, no obstante, es un método lento que puede llegar a presentar limitaciones, ya que es un poco menos eficiente para extraer compuestos lipófilicos puesto que el agua arrastra solo algunos componentes de la muestra. Así mismo, su rendimiento es de rango medio en comparación a la técnica de prensado en frío y fluidos supercríticos.

3. CARACTERIZACIÓN DEL EXTRACTO DE SEMILLA DE GUAYABA (*Psidium guajava* L.)

En este capítulo se realiza la caracterización del ESG para el desarrollo del segundo objetivo, considerando el respectivo análisis fisicoquímico, fitoquímico, cromatográfico, microbiológico y sensorial. Para lo anterior, se describirán los métodos y materiales llevados a cabo, los cuales serán base fundamental para permitir una adecuada caracterización del extracto, con el fin de establecer si es posible su aplicación dentro de la industria de alimentos. Igualmente, se realiza una comparación con los valores de diferentes extractos crudos y vegetales para conocer mayormente a que extracto se asemeja.

3.1. Análisis fisicoquímico

Los nueve análisis fisicoquímicos se realizaron para determinar cada una de las propiedades del Extracto de semilla de guayaba basados en las Normas Técnicas Colombianas para Aceites y grasas con el propósito de realizar una comparación con los valores de diferentes extractos vegetales, así como analizar si el extracto posee características propias de un aceite. Del mismo modo se tuvo en cuenta la resolución 2154 del 2012 que establece los conceptos y requisitos que cumplen los aceites y grasas de origen vegetal o animal [38].

3.1.1. Índice de Refracción

El índice de refracción es una prueba que proporciona información acerca del grado de refinamiento del extracto, así como su pureza, la cual viene directamente influenciado por la composición de ácidos grasos.

Esta prueba se realizó mediante un Refractómetro portátil digital, Sper Scientific Modelo: 300034, EE. UU, como se muestra en la figura 29, el cual tiene un rango de índice de refracción de $n_D = 1,3330$ a $n_D = 1,5318$ con ATC. El procedimiento se realizó para 3 muestras con base a la NTC 289 [39].

Figura 29.

Determinación Índice de refracción y Grados Brix



Nota. La figura muestra el Refractómetro usado para la prueba de Índice de refracción y Grados Brix. Sper Scientific. Modelo: 300034.EE. UU [Equipo]

3.1.2. Grados Brix

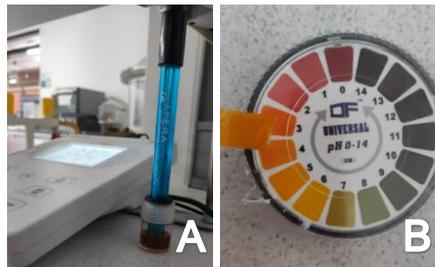
Debido a que el Refractómetro digital descrito anteriormente, además de arrojar el índice de refracción muestra el porcentaje de grados Brix de la muestra, se tomaron dichos valores para las mismas 3 muestras de la sección 3.1.1. Estas lecturas se tomaron a una temperatura promedio de 18,46 °C. Dicha prueba se incluye en la caracterización porque proporciona información valiosa acerca de la cantidad de sólidos solubles que puede contener el extracto.

3.1.3. pH

Para conocer el grado de acidez o de alcalinidad del extracto de semilla de guayaba se realiza la medida del pH para saber en la escala de 0 a 14 en que rango se encuentra.

Figura 30.

Determinación Índice de refracción y Grados Brix



Nota. La figura muestra los equipos utilizados en la prueba A) Potenciómetro digital pH700 Benchtop pH, APERA instruments, EE. UU [equipo] y B) Tira de papel indicador.

Para la realización de esta prueba se tuvo en cuenta dos herramientas, por un lado, un potenciómetro pH700 Benchtop pH, APERA instruments, EE. UU (figura 30-A) y por otro, un papel indicador pH 0-14 Universal (figura 30-B). Esto se efectuó para tener una comparación de resultados.

3.1.4. Índice de Yodo

El índice de yodo es un análisis previo que brinda información acerca de lo que se puede encontrar en el perfil lipídico del extracto y el tipo de extracto se podría estar hablando, pues sus resultados indican el grado de instauración del mismo.

Para esta prueba se llevó a cabo el procedimiento establecido por la NTC 238 [40]. Se tomaron 0,136 g de muestra con 20 ml de Solvente (Cloroformo). Se usaron 25 ml del reactivo de Wijjis y se sometió a oscuridad por 30 minutos. Pasado el tiempo, se adiciono 20 ml de yoduro de potasio y 100 ml de agua desionizada. Luego, se tituló con tiosulfato de sodio 0,1N hasta obtener una coloración amarilla (figura 31 - B). Posterior a esto se adicionaron gotas de almidón 15%, y se siguió titulando hasta obtener un color transparente (figura 31 - D). De igual manera, se realizó el blanco. Para los cuales se gastaron en el blanco y la muestra 50,8 ml y 35,5 ml respectivamente. Para el cálculo del IY se usó la ecuación 5 del ANEXO 2.

Figura 31.
Determinación índice de yodo



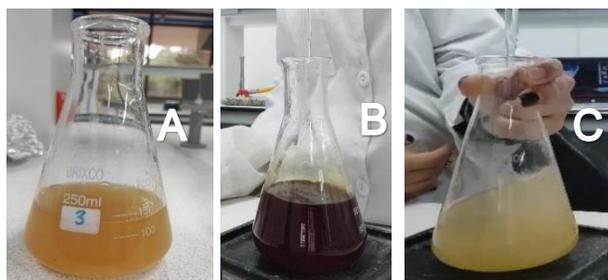
Nota. Las figuras muestran el resultado del procedimiento para la prueba de índice de yodo, A) muestra de ESG con adición de Cloroformo B) titulación luego de la adición de Yoduro de potasio C) Adición gotas de almidón D) titulación final.

3.1.5. Índice de Peróxidos

El IP muestra la cantidad de peróxidos contenidas en la muestra, que causan la oxidación del extracto. Este ensayo se basó en la NTC 236 [41]. En consecuencia, se pesaron 5,049g de muestra de ESG y se le adicionaron 30 ml de ácido acético: Cloroformo (3:2). Luego, se le adicionó 0,5 ml de solución saturada de yoduro de potasio y se agitó durante 30 segundos. Posterior a ello, se guardó a la oscuridad por 5 minutos y terminado este tiempo, se le adicionaron 30 ml de agua. Allí se tituló con tiosulfato de sodio 0,1N hasta obtener un amarillo pálido y se agregó 0,5 ml de almidón 5% hasta obtener una carencia de color (figura 32). De igual manera, se realizó el blanco. Para los cuales se gastaron, en el blanco y en la muestra 0,4 ml y 0,5 ml respectivamente. Para el cálculo del IP se usó la ecuación 6 del ANEXO 2.

Figura 32.

Determinación Índice de peróxidos



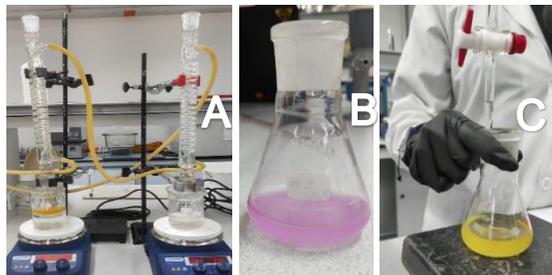
Nota. La figura muestra el resultado del procedimiento para la prueba de índice de peróxido., A) muestra de ESG con adición de yoduro de potasio B) Adición gotas de almidón C) titulación final).

3.1.6. Índice de Saponificación

El índice de saponificación es una prueba fisicoquímica que proporciona información acerca de la composición del extracto respecto a sus ácidos grasos. Para este análisis se tomó como referencia la NTC 335 [42]. En primer lugar, se pesaron 2 g de muestra de ESG, a este se añadió 25 ml de KOH 0,5 M etanólico. Como se muestra en la figura 33– A se conectó un condensador de reflujo con calentamiento y con agitación continua durante 60 min. Pasado el tiempo se añadió de 1 ml de fenolftaleína y se procedió a

titular con una solución de HCl 0,5 M hasta desaparecer el color rosa. Por último, se realizó el blanco. Para este análisis se gastó un volumen en el blanco y la muestra de 19 ml y 11 ml de HCl respectivamente. Para el cálculo del IS se usó la ecuación 7 del ANEXO 2.

Figura 33.
Determinación de saponificación



Nota. Las figuras muestran A) Montaje realizado para el índice de saponificación B) El blanco con adición de fenolftaleína C) Titulación final de la muestra de ESG.

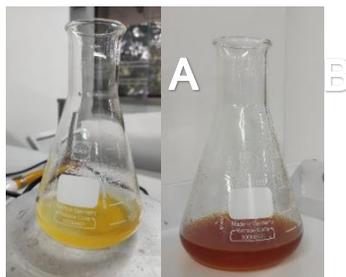
3.1.7. Índice de Acidez

El índice de acidez es un análisis que refleja si el extracto presenta una calidad adecuada y asimismo manifiesta la proporción de ácidos grasos libres (AGL) que contiene, conociendo con este resultado si el extracto es crudo o refinado, si puede ser comestible, o si tuvo o no un proceso de extracción adecuado.

Para la determinación de este análisis se tuvo en cuenta la NTC 218 [43]. A partir de esta se pesó 5 g de ESG, disolviendo en 50 ml de etanol al 96% con 0,5 ml de fenolftaleína y se llevó a un calentamiento a ebullición, posteriormente se tituló con una solución de hidróxido de potasio 0,1 N. El punto final de la titulación fue cuando se produjo un cambio de color definido como se evidencia en la figura 34

Para este análisis el volumen gastado en la muestra fue de 2,1 ml de KOH. Para el cálculo del IA se usó la ecuación 9.

Figura 34.
Determinación del índice de acidez



Nota. La figura muestra. A) muestra antes de la titulación
B) muestra después de la titulación.

3.1.8. Densidad

Para la determinación de la densidad del ESG se usó el método Gay – Lussac (figura 35) tomando en cuenta una balanza analítica, Ohaus, China [44]. Para el respectivo cálculo se usó la ecuación 10 del ANEXO 2.

Figura 35.
Determinación de densidad



Nota. La figura muestra el resultado
de la prueba de densidad del ESG.

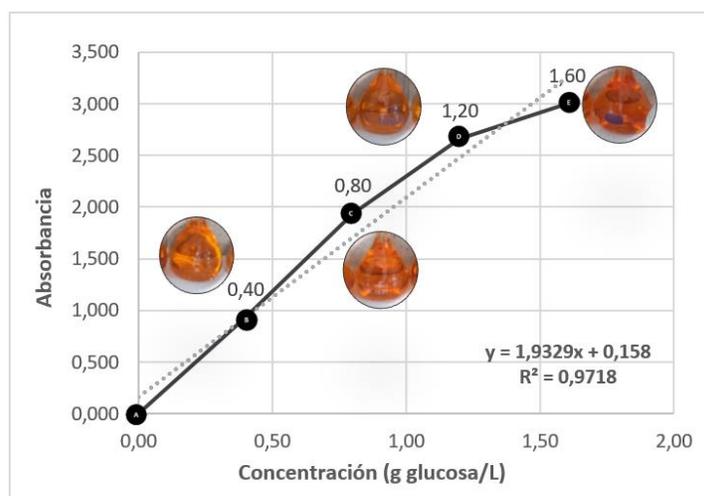
3.1.9. Determinación de Azúcares

En esta prueba se desarrolló el método de Miller para la determinación de azúcares reductores residuales con el fin de hallar la absorbancia mediante espectrofotometría. En primer lugar, se preparó el reactivo DNS a partir de una solución A de 1g de ácido 3,5-dinitrosalicílico con 20ml de NaOH 2M y una solución B con 30g de tartrato de Na-K y 50 ml de agua destilada mediante agitación magnética. Cuando se tuvieron ambas

soluciones listas, se agregó A sobre B. En seguida, se aforo la solución hasta 100 ml con agua destilada en un balón aforado y se protegió de la luz [45]. En segundo lugar, se realizó la curva de calibración usando una solución patrón de glucosa 2 g/L en 8 probetas de 10 ml con ayuda de una micro pipeta, BOECO, Alemania. Las soluciones se realizaron como lo muestra el ANEXO 5 (Tabla 57).

Figura 36.

Curva de calibración: Determinación de azúcares



Nota. La figura se muestra la construcción de la curva de calibración para la determinación de glucosa. Datos experimentales tomado en: Laboratorios Universidad de América. Los valores promedio para la construcción de la gráfica se encuentran en ANEXO 5- tabla 58.

Después, en 8 tubos de ensayo se adicionaron 0,25 ml de cada solución y 0,25 ml del reactivo DNS y se cubrieron con papel aluminio. Luego, se colocaron los tubos en un baño termostático a 92°C por cinco minutos. Pasado este tiempo, inmediatamente se detuvo la reacción con hielo por otros cinco minutos y se agregaron 2,5 ml de agua destilada, se agito y se procedió a leer la absorbancia a 540nm en el espectrofotómetro [46]. De igual manera, se preparó la muestra con 0,5ml de ESG, 0,5ml de DNS siguiendo el mismo procedimiento de cambios de temperatura. En la figura 36 se evidencia la curva de calibración para la cual la muestra de ESG está ubicada con un valor de 2,476 de absorbancia con una concentración de 4,929 g/L de glucosa.

3.2. Análisis y resultados fisicoquímicos

Los resultados de los análisis influyen en las características fisicoquímicas de cualquier tipo de aceite, puesto que dependen en gran medida de la materia prima utilizada, las características climatológicas de su cultivo, las condiciones fitosanitarias y las etapas de extracción y refinación por las cuales el extracto se ha sometido [47]. En la tabla 21 se encuentran recopilados cada uno de los resultados de las pruebas anteriormente descritas. Así como, se evidencian las tablas 22, 23 y 24 con los valores de parámetros fisicoquímicos de diferentes extractos vegetales con el propósito de establecer una comparación con el ESG.

Tabla 21.

Resultados fisicoquímicos de la caracterización del ESG

Pruebas Fisicoquímicas	
Índice de refracción (nD)	1,475 ± 0,002
Grados Brix (°Bx)	74,067 ± 0,09
pH- Digital	3,030 ± 0,03
pH- Indicador universal	4,000 ± 0,00
Índice de Acidez (mg KOH/g)	1,670
Índice de Saponificación (mg KOH/g)	109,849
Índice de Yodo (g I ₂ /g extracto)	142,763
Índice de Peróxidos (m eq O ₂ /kg)	1,981
Densidad (g/ml)	0,927
Azúcares (g glucosa/L)	4,929

Nota. Resultados de análisis fisicoquímicos al extracto de semilla de guayaba. *El ±* hace referencia a la desviación estándar de las 3 réplicas realizadas en el análisis.

El **índice de refracción** del ESG, parámetro usado para controlar la pureza de los aceites tanto a nivel laboratorio como industrial, arrojo un valor de **1,475 nD** igual al valor reportado para el aceite de Sacha Inchi evidenciado en la tabla 23. Del mismo modo, se asemeja al valor que presenta el aceite de pepita de uva 1,477 nD y a los datos

bibliográficos del ASG (Tabla 22) reportados por Kappor y Narváez, siendo estos extractos físicamente estables [48]. A partir del resultado del IR del ESG se indica que este podría contener ácidos grasos de cadena larga y un cierto número de dobles enlaces. Teniendo en cuenta que el IR en aceites y grasas va aumentando conforme aumenta el grado de insaturación, con lo cual se afirma dicho valor con el resultado obtenido en el reporte cromatográfico ANEXO 6 y la concordancia con el estado de agregación del extracto, pues se expone líquido a temperatura ambiente, lo que refleja una correlación positiva con la característica principal de un aceite.

Respecto al **índice de acidez** del ESG presenta un valor de **1,670 mg KOH/g**, que se muestra relativamente más alto en comparación a ciertos aceites vegetales y comestibles (tabla 23 y 24), dado que el extracto, posee alto contenido de AGL de mayor peso molecular. No obstante, el valor obtenido para este estudio presenta similitud con el aceite de Cucúrbita [50] que presenta diferentes valores cuantitativos, para los cuales el IA del ESG se encuentra dentro del rango.

Por otro lado, el índice de acidez considerado como uno de los parámetros principales que también reflejan la buena calidad y grado de refinación de los aceites, para el ESG presenta un valor muy alto respecto a lo mencionado en la resolución 2154 del 2012 [48] manifestando una gran cantidad de ácidos grasos libres, que, reafirmado con el dato obtenido para el **pH** (tabla 21), evidencia un aceite altamente ácido debido a que su método de extracción para la presente investigación implica el uso de Etanol, solvente polar que provoca la hidrólisis de los triglicéridos por la interacción entre moléculas. A causa de esto, y que el extracto no ha pasado por la etapa de refinación es un parámetro decisivo que indica que el extracto no puede ser comestible, a no ser que pase por la refinación que contribuya a retirar la mayor cantidad de AGL.

Con base en lo anterior y teniendo en cuenta que es un extracto que no ha pasado por un proceso de refinación, los **grados Brix** y el método de Miller [45], nos permiten conocer la proporción de azúcares que aún tiene el extracto, dicho esto, para el ESG se obtuvo un valor de **74,067 °Brix** y un valor de **4,929 g glucosa/L**, señalando que por el método de extracción usado y por la naturaleza dulce de la guayaba, durante el proceso

se liberaron azúcares reductores quedando como residuo en el extracto. Asimismo, se calculó una **densidad** de **0,92 g/ml**, igual al dato reportado por Narváez [25] que denota que es un extracto con alto número de ácidos grasos insaturados, por consiguiente, posee AG de doble enlace, creando espacios entre sí y reduciendo la densidad.

Tabla 22.

Comparación del ESG con aceite de semilla de guayaba

Tipo de Aceite:	Presente trabajo: ESG	Semillas de Guayaba	Semillas de Guayaba
Tipo de Extracción	Etanol	SC: CO ₃	SC: CO ₂
Autor	Camelo & Romero	Kapoor et al.	Narváez et al.
Año	2023	-2020	-2020
Índice de refracción (nD)	1,475 ± 0,002	1,465 ± 0,01	1,482 ± 0,003
Índice de Saponificación (mg KOH/g)	109,849	170 ± 5,8	188
Índice de Yodo (g I ₂ /g extracto)	142,763	100 ± 0,90	143
Índice de Peróxidos (meq O ₂ /kg)	1,981	0,62 ± 0,05	5,6 ± 0,1
Índice de Acidez (mg KOH/g)	1,67	0,40 ± 0,02	-
Densidad (g/ml)	0,927	-	0,92 ± 0,01

Nota. La tabla evidencia los valores de las características fisicoquímicas del ESG frente a otros ASG reportados por diversos autores. Tomado de <http://www.consejagri.mx/images/planeacion%20agrinal%20mex/cultivos%20estrategicos%20basicos/basico-oleaginosas.pdf> y <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109882>.

El índice de yodo, propiedad relacionada con la instauración de los aceites, indica que mientras más bajo es el IY, más alto es el grado de saturación del aceite, es por ello que el ESG rico en ácidos grasos poliinsaturados con lleva un mayor IY, específicamente **142,763 gl₂/100g**, lo cual coincide con los datos bibliográficos de los artículos recopilados de ASG de la tabla 22 ya que muestra un valor de 143 gl₂/100g [25] e igualmente se asemeja al valor de 150 gl₂/100g de IY para pepitas de uva [48] descrito en la tabla 23.

Del mismo modo, **el índice de saponificación** con un dato de **109,849 mg KOH/g** para el extracto de semilla de guayaba se confirma que, si tiene un perfil lipídico semejante a un aceite, gracias a la cantidad de AG que por su alto valor revela que pueden ser de gran peso molecular como lo son los ácidos grasos oleicos y linoleicos.

Por último, el **índice de peróxidos** es relativamente bajo, lo que indica que las condiciones aplicadas hasta la extracción fueron adecuadas. El bajo IP pone en evidencia la alta resistencia de este aceite crudo a la oxidación puesto que se logró un control de las condiciones óptimas para la obtención del extracto, teniendo en cuenta la no exposición a la luz, aire y a altas temperaturas a las que el extracto muestra inestabilidad, ya que al ser insaturado posee más sitios activos para la oxidación. [49]

Tabla 23.

Comparación del ESG con aceite de cucúrbita

Tipo de Aceite:	Presente trabajo: ESG	Cucúrbita Moschata	Pepitas de uva
Tipo de Extracción	Etanol	n- hexano	Resolución
Autor	Camelo & Romero	Valenzuela et al.	colombiana
Año	-2023	-2018	-
Índice de refracción (nD)	1,475 ± 0,002	1,47 ± 0,02	1,472 ± 0,007
Índice de Saponificación (mg KOH/g)	109,849	208,24 ± 1,41	188 - 194
Índice de Yodo (g I ₂ /g extracto)	142,763	53,96 ± 3,68	128 - 150
Índice de Peróxidos (m eq O ₂ /kg)	1,981	7,71 ± 0,95	-
Índice de Acidez (mg KOH/g)	1,67	1,96 ± 0,12	0,92
Densidad (g/ml)	0,927	0,92 ± 0,01	

Nota. La tabla evidencia los valores de las características fisicoquímicas del ESG con aceites de Cucurbita reportados por diversos autores. Tomado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=357643270005> y <http://ojs.dominguezia.org/index.php/Dominguezia/issue/view/19/12>.

Tabla 24.*Comparación del ESG con diferentes aceites vegetales*

Tipo de Aceite:	Presente trabajo: ESG	Sacha Inchi	Olivo
Tipo de Extracción	Etanol	comercialmente	comercialmente
Autor	Camelo & Romero	Paucar et al.	Paucar et al.
Año	-2023	2015	2015
Índice de refracción (nD)	1,475 ± 0,002	1,475 ± 0,001	1,469 ± 0,001
Í. Saponificación (mg KOH/g)	109,849	-	-
Índice de Yodo (g I ₂ /g extracto)	142,763	59,04 ± 0,04	56,15 ± 0,14
Índice de Peróxidos (m eq O ₂ /kg)	1,981	1,08 ± 0,029	1,14 ± 0,037
Índice de Acidez (mg KOH/g)	1,67	0,9183 ± 0,002	0,9252 ± 0,001
Densidad (g/ml)	0,927	-	-

Nota. La tabla evidencia los valores de las características fisicoquímicas del ESG con otros aceites vegetales reportados por diversos autores. Tomado de: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/resolucion-2154-de-2012.pdf>.

Con los análisis fisicoquímicos, se concluye que el ESG obtenido mediante extracción Soxhlet presentó óptimas propiedades demostrando su similitud con diversos aceites crudos vegetales. Sin embargo, como se mencionó durante el análisis (sección 3.2.) el extracto de semilla de guayaba no es comestible, ni puede ser usado directamente en la industria de alimentos.

3.3. Análisis fitoquímico

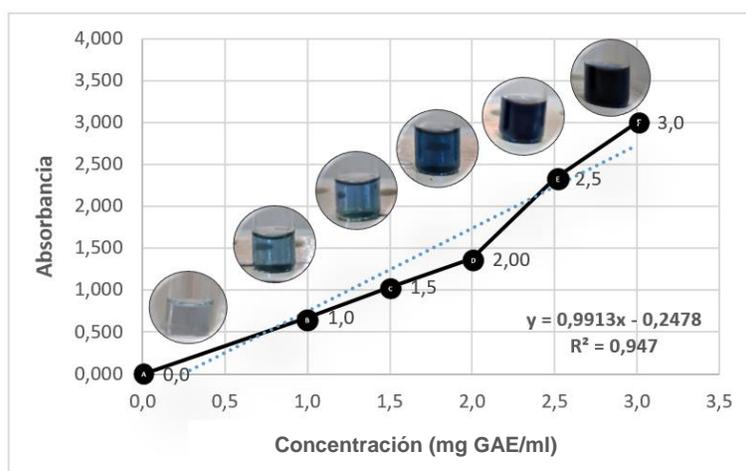
Con el fin de conocer qué tipo de compuestos pueden estar presentes en el ESG se realizó un análisis cualitativo preliminar donde por método colorimétrico se identifica la presencia de ciertos metabolitos en el extracto mediante reacciones de color y precipitación como se muestra en la figura 38. Así como se determina la cantidad de antioxidantes específicamente de fenoles mediante una curva de calibración (figura 37) por el método de Folin Ciocalteu.

3.3.1. Determinación de Fenoles

Esta prueba se desarrolló a partir del método de Folin Ciocalteu por medio de la absorbancia en espectrofotometría. En primer lugar, se preparó el disolvente con 250 ml de Etanol al 96% y 250 ml de agua desionizada. Se realiza una solución madre con 100 mg de ácido gálico en un balón aforado de 100 ml completando su aforo con el disolvente preparador anteriormente. Por otro lado, se pesa 2,5g de carbonato de sodio en un balón de 50 ml y se afora con agua desionizada, se agita hasta obtener una solución homogénea el cual se encuentra al 5% [51].

Figura 37.

Curva de calibración: Determinación de fenoles



Nota. La figura se muestra la construcción de la curva de calibración para la determinación de fenoles. Datos experimentales tomados en: Laboratorios Universidad de América. Los valores promedio para la construcción de la gráfica se encuentran en ANEXO 5- tabla 59.

En segundo lugar, se realizó la curva de calibración tomando alícuotas de la solución madre (ácido gálico) de 1;1,5; 2; 2,5 y 3ml en balones de 10 ml aforando con el disolvente previamente preparado, de igual manera se alista el blanco en un balón de 10 ml [51].

Teniendo las soluciones preparadas a diferentes concentraciones se procedió a alistar en 6 tubos de ensayo 200 microlitros de la solución con la concentración madre correspondiente, 200 microlitos de reactivo Folin y 16000 microlitros del carbonato de

sodio previamente preparado al 5%. En un 7mo tubo de ensayo se adiciona lo mismo, pero reemplazando la solución madre por el ESG para la lectura correspondiente de la muestra. Estos tubos son llevados al baño termostato a 40°C durante 30 minutos, pasado el tiempo se retiran y se dejan enfriar a temperatura ambiente [51]. Posteriormente se realiza la lectura en un Espectrofotómetro Visible Genesys 30, Thermo Scientific, EE.UU. con longitud de onda 740nm para las 7 muestras correspondientes.

En la figura 37 se evidencia la curva de calibración construida para la cual la muestra de extracto de semilla de guayaba obtenida por extracción con solventes (etanol) tiene un valor de 3 de absorbancia y 2,726 mg GAE/ml en el ESG analizado. Aun así, debido a que la muestra se encuentra en un valor fuera del rango de la curva de calibración se diluyó con 5 ml de disolvente, que luego de los cálculos pertinentes arrojó una concentración real dando un valor de 9,541 mg GAE/ml ESG.

3.3.2. Terpenos

Para determinar la presencia de terpenos (lípidos insaponificables), se basó en la prueba de Liebermann-Buchard que detecta esteroides y tri-terpenos dando como resultado positivo un precipitado verde azulado. Para esto, se agregó a un tubo de ensayo 1 ml de ESG, 0,5 ml de anhídrido acético y unas gotas de ácido clorhídrico concentrado [50].

3.3.3. Taninos

Para determinar la presencia de taninos (compuestos fenólicos), en un tubo de ensayo se adicionó 1 ml de ESG a una probeta junto a 20 ml de agua destilada y se agregaron unas gotas de FeCl₃ (cloruro férrico al 0,1%). Arrojando un resultado negativo debido a que no se formó el precipitado, rojo, violeta o verde esperado [50].

3.3.4. Esteroides

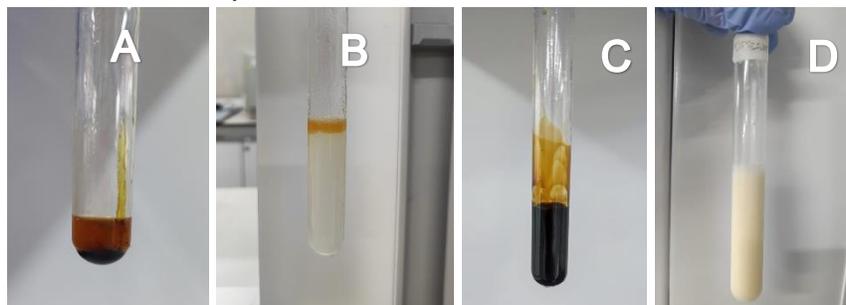
Para determinar la presencia de esteroides (lípidos insaponificables) se agregó a un tubo de ensayo 1 ml de aceite, 2 ml de anhídrido acético y 2 ml de ácido clorhídrico concentrado, produciéndose una fuerte reacción de las sustancias y presentando un color verde-negro muy intenso. Luego de 15 minutos la muestra se solidificó [50].

3.3.5. Saponinas

Para determinar la presencia de saponinas (glucósidos oleosos), en un tubo de ensayo se hierve 1 ml de ESG con 5 ml de agua des ionizada, se agita durante un minuto. La prueba es positiva si se observa una espuma persistente por más de 1 minuto [50].

Figura 38.

Determinación de fitoquímicos en ESG



Nota. En la figura se evidencia A) Prueba de terpenos (+), B) Prueba de taninos (-), C) Prueba de esteroides (+) y D) prueba de saponinas (-). Para los cuales indica (+) para resultado positivo y (-) para negativo.

3.4. Análisis de resultados fitoquímicos

En cuanto al análisis fitoquímico preliminar, se logró determinar la presencia de metabolitos secundarios tales como terpenos y esteroides. Los terpenos son los metabolitos secundarios que dan las características organolépticas de aroma y sabor, los cuales forman la mayor parte del aceite esencial producido por las plantas aromáticas [52].

Por el contrario, los esteroides son producidos a partir de terpenos precursores, que comprenden grandes grupos de sustancias como el colesterol y la vitamina D. Estos compuestos tienen altas propiedades beneficiosas para la salud y mejoran la capacidad hepática y biliar [53].

Por otra parte, no se evidencia presencia de taninos, ni saponinas, sin embargo, con las pruebas realizadas la mezcla para el análisis de saponinas presenta una emulsión como se muestra en la figura 38 parte D debido al calentamiento y a la energía de la agitación reduciendo las fases en glóbulos más pequeños hasta su total dispersión [54].

Finalmente, mediante el método de Folin- Ciocalteu se determinó una alta presencia de fenoles totales, compuestos con alta capacidad antioxidante que le otorgan al aceite propiedades para neutralizar los radicales libres del cuerpo. Es decir, que frenan las reacciones de oxidación en las células y, por ende, reducen enfermedades cardiovasculares, tumores y enfermedades neurodegenerativas. De la misma manera, ayudan a potenciar el sistema inmunológico [55].

3.5. Análisis cromatográfico

Para la cuantificación de ácidos grasos presentes en el extracto de semilla de guayaba se realizó un análisis de cromatografía de gases con detector de ionización de llama e un laboratorio externo. Según el reporte emitido por el laboratorio LEPTON S.A.S. el extracto de Semilla de guayaba cuenta con las propiedades que se observan en la tabla 25. Los resultados completos emitidos por el laboratorio externo se muestran en el ANEXO 6 Figura 52.

En el organismo, los ácidos grasos pueden ser incorporados en la dieta a través de alimentos de origen animal y vegetal, y son esenciales debido a que estos constituyen los elementos estructurales y funcionales de las membranas de las células y son el sustrato necesario para la síntesis de numerosos procesos fisiológicos, especialmente para el correcto funcionamiento del sistema nervioso central y cardiovascular [56].

Con base en los resultados obtenidos, el análisis arrojó un 83,7% de ácidos grasos insaturados y un 16,3% de ácidos grasos saturados. En la tabla 25 se puede observar que el orden de los ácidos grasos es: linoleico > palmítico > oleico > Araquídico y esteárico, estando este orden en concordancia con los publicados en la bibliografía para ASG mostrados en la tabla 5 y presentando congruencia con los análisis fisicoquímicos ya mencionados.

Tabla 25.*Perfil lipídico del extracto de semilla de guayaba*

Perfil lipídico (g/100g)	
Grasa Saturada	16,27 g/100 g
Palmítico	8,23 g/100 g
Esteárico	3,45 g/100 g
Araquídico	4,6 g/100 g
Ácidos grasos: Monoinsaturados	6,97 g/100 g
Oleico	6,97 g/100 g
Ácidos grasos: Poliinsaturados	76,76 g/100 g
Linoleico	76,76 g/100 g

Nota. En esta tabla se evidencia el perfil lipídico encontrado para el ESG analizado por cromatografía de gases en laboratorio externo.

Al contener el extracto este tipo de ácidos grasos es muy importante debido a que estos, contribuyen al funcionamiento de las células del cuerpo, son fuente de energía, colaboran en el funcionamiento del sistema nervioso, cerebral y a la salud de la piel.

Por otro lado, al ser el consumo de grasas saturadas un riesgo para sufrir de enfermedades cardiovasculares, la disminución de la ingesta del AGS y el aumento de ácidos grasos monoinsaturados y polinsaturados puede ser beneficioso para la salud ayudando a reducir el colesterol LDL. Por tal motivo, en el ESG se observó un resultado significativo de ácido linoleico, lo cual es positivo para el estudio, puesto que es un ácido esencial que debe ser consumido en la dieta ya que el ser humano carece de las enzimas necesarias para sintetizarlo [57].

A diferencia de los ácidos grasos anteriormente mencionados, el ácido oleico no es esencial ya que los seres humanos podemos sintetizarlo, sin embargo, posee importantes cualidades beneficiosas para el organismo humano demostrando su importante acción preventiva de la diabetes tipo II y reduce el dolor en pacientes con artritis inflamatoria [58].

Todos los anteriores porcentajes determinados para las muestras de extracto se encuentran dentro de los datos bibliográficos recopilados para el ASG que se muestran en la tabla 5. De igual manera, el extracto evidencia un perfil lipídico semejante al de Sacha Inchi [48] el cual cuenta con mayor cantidad de AG insaturados que de AG saturados

3.6. Análisis microbiológico

El análisis microbiológico de los aceites se basó en la determinación del grado de contaminación por microorganismos del extracto final que pudo ser causado durante el proceso de elaboración o almacenamiento debido a que las grasas y los aceites pueden sufrir alteraciones causadas por procesos químicos y biológicos. Para determinar estos cambios fue necesario realizar pruebas microbiológicas de Coliformes, Escherichia Coli, hongos y levaduras con base a las normas ISO de estandarización internacional, las cuales se realizaron mediante un laboratorio externo.

Mediante estos análisis se determinó que el extracto no presenta de microorganismos, hongos, ni levaduras por lo que indica que durante su proceso de extracción se tomaron en cuenta todas las precauciones sanitarias y de control de calidad. Esta prueba se realizó en laboratorio externo LEPTON S.A.S como se muestra en los resultados ANEXO 6 figura 53.

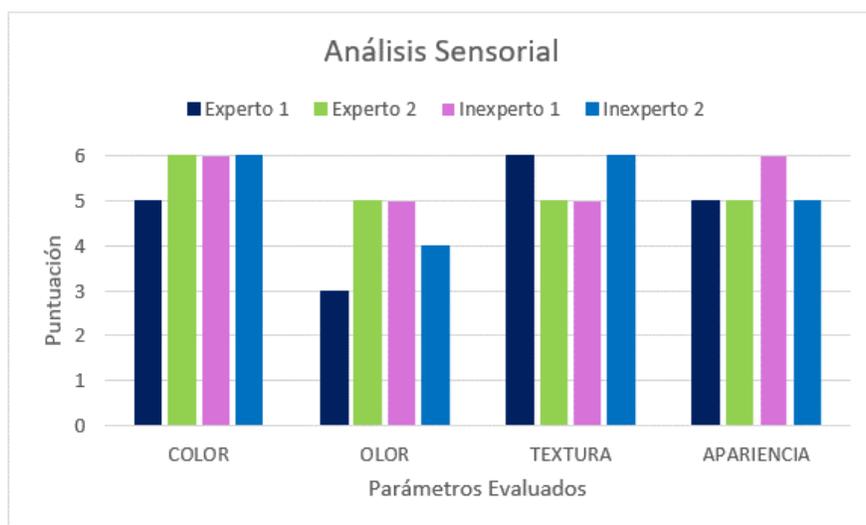
3.7. Análisis sensorial

El siguiente análisis sensorial se realizó como último parámetro para el cumplimiento del segundo objetivo de la presente investigación. Este procedimiento se realizó tomando como base ciertos parámetros establecidos en la NTC 4661 [59].

El análisis tuvo como propósito evaluar la percepción que tenían los evaluadores frente a la textura, color, olor y apariencia del ESG para conocer su opinión acerca del producto final y de la materia prima usada para la obtención de dicho extracto. Cabe resaltar que en este análisis no se tuvo en cuenta el sabor del ESG ya que como se mencionó anteriormente por el reglamento técnico establecido en la resolución 2154 de 2012 [48], el extracto obtenido por solventes antes de ser comestible debe pasar por una fase de refinación, la cual no está contemplada entre los objetivos de la investigación.

Este procedimiento se le realizó a cuatro personas entre las cuales estaban dos personas que trabajaban en campos totalmente distantes a lo que es la industria química o de aceites y grasas, por lo que no tenían conocimiento de oleoquímica siendo así inexpertos en el tema, y dos personas profesionales que trabajan en el sector de aromas y fragancias, las cuales tienen como función el control de calidad de ciertos productos y aceites esenciales. A continuación, se puede evidenciar una figura con los resultados obtenidos.

Figura 39.
Resultados análisis sensorial



Nota. En esta figura se evidencia la puntuación obtenida en el análisis sensorial por parte de los cuatro evaluadores. La puntuación se dio con base en los siguientes parámetros: me disgusta mucho=0; me disgusta moderadamente=1; me disgusta poco=2; No me gusta ni me disgusta=3; Me gusta poco=4; me gusta moderadamente=5; Me gusta mucho=6.

Los evaluadores expertos fueron Valeria Salazar, quien luego de la puntuación expresó que el olor del ESG tenía algo frutal de fondo, que era oleoso, aceitoso con una posible aplicación para alimentos, Por otro lado, la segunda evaluadora Laura Vergara comentó que su olor era frutal, pero tenía una nota fea (cascarosa) en algún punto del extracto, que su color era muy llamativo y se asemejaba a un color amarillo oscuro según el rango de colores manejado en su empresa, su textura era ligera y grasosa siendo adecuado para la industria de alimentos. El tercer evaluador Cristian Suarez indicó que su olor era

dulce con aromas semejantes a los del bocadillo y su color se asemeja al tono ámbar, lo cual era muy llamativo, indico que su apariencia era muy buena debido a que su estado líquido y viscoso se igualaba a un aceite comercial. Expreso que quizá su olor era un poco fuerte (dulce). Por último, el cuarto evaluador Jhon Peña indicó que su aplicación como aderezo para ensaladas era viable debido a su olor a bocadillo y a su textura suave y líquida característica de un aceite. El color del ESG le llamo mucho la atención. A partir de los resultados de la figura anterior y de las observaciones, se puede concluir que por parte de los evaluadores el color fue el parámetro que más gusto y capto la atención, seguido de su textura y apariencia. En cuanto al olor se obtuvo una puntuación buena, sin embargo, dieron ciertas observaciones a mejorar, que quizá en la etapa de refinación podrían mejorarse.

3.8. Aplicación a la industria de alimentos

Con base en los resultados de la caracterización del ESG desde el ámbito físico-químico, fitoquímico, microbiológico, cromatográfico y sensorial se concluye que el extracto tiene un alto potencial en la industria de alimentos, posiblemente como aderezo para saborizar las preparaciones gastronómicas, dado que al ser combinado con ciertos alimentos potenciarían su aroma o sabor.

De igual manera, de acuerdo a las propiedades evaluadas se puede deducir que el ESG contiene diferentes componentes que son de gran beneficio para el cuerpo humano, entre ellos antioxidantes, polifenoles y terpenos. Asimismo, posee un gran porcentaje de grasas insaturadas con mayor proporción de poliinsaturados que aportan beneficios extra al organismo, a su vez la proporción de grasas saturadas es mínima lo que indica y resalta que el extracto cumple con las condiciones de un buen aceite.

Los análisis fisicoquímicos nos proporcionaron información de la calidad del extracto indicando que sus condiciones físicas y químicas cumplen con lo requerido para categorizarlo como un aceite, sin embargo, este extracto que se llevó a cabo con el método de extracción por solventes, se considera un extracto crudo que para llegar a ser comestible necesita de una fase de refinación que no fue contemplada en la investigación.

4. DISEÑO CONCEPTUAL DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE ESG A ESCALA PILOTO

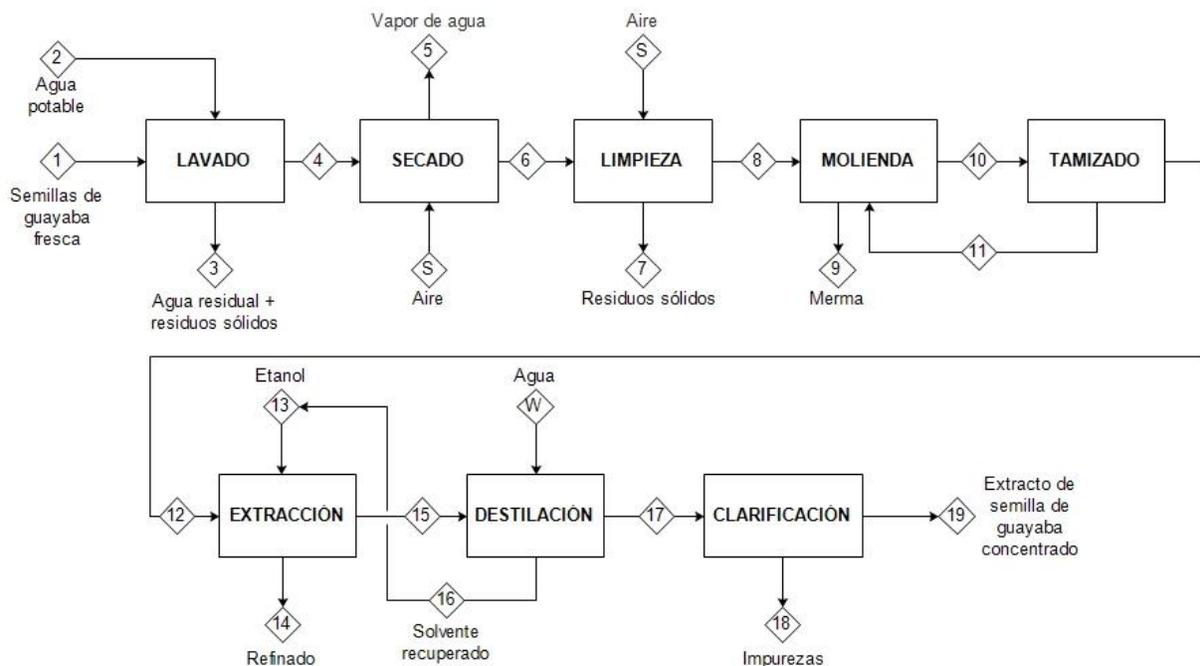
En este capítulo se realiza el diseño conceptual de obtención de ESG a escala piloto para el desarrollo del tercer objetivo, estableciendo una propuesta con condiciones similares a las esperadas siendo este, la base para el diseño industrial. Para lo anterior, se contemplan las operaciones unitarias, los diagramas del proceso, balances de materia, descripción básica de operaciones y equipos. Asimismo, se establece una descripción del proceso de refinación (segunda fase) que debe llevar el ESG para ser aplicado en la industria de alimentos.

4.1. Diagrama de flujo de bloques del proceso (BFD) – Planta extractora

Como se observa en la figura 40 se plantea cada una de las etapas del proceso incluyendo el tratamiento de la MP, las cuales serán fundamental para el escalamiento a nivel planta piloto. Se establece las entradas y salidas de cada operación unitaria.

Figura 40.

Diagrama de bloques del proceso a nivel planta piloto (BFD)



Nota. La figura muestra el diagrama de flujo de bloques BFD del proceso a nivel planta piloto (planta extractora), con las respectivas entradas y salidas del proceso.

4.1.1. Lista de corrientes BFD

A continuación, se evidencia cada una de las especificaciones de las corrientes que componen todas las etapas del proceso de producción mostradas en la figura 40.

Tabla 26.

Lista de corrientes del proceso

Lista de corrientes	
Numero	Descripción
1	Semillas de guayaba fresca
2	Agua potable
3	Agua residual + residuos solidos
4	Semillas de guayaba húmedas
5	Vapor de agua
6	Semillas de guayaba secas + residuos solidos
7	Residuos solidos
8	Semillas de guayaba limpias
9	Merma
10	Semilla de guayaba molida
11	Semilla de guayaba molida gruesa
12	Semilla de guayaba molida fina
13	Etanol
14	Refinado
15	Mezcla de ESG + Solvente (Etanol) + impurezas
16	Solvente recuperado
17	ESG concentrado + impurezas
18	Impurezas
19	ESG concentrado

Nota. En esta tabla se evidencia la lista de corrientes del proceso para la obtención de extracto de semilla de guayaba a nivel planta piloto (*planta extractora*) con sus respectivas operaciones y procesos unitarios.

4.1.2. Balance de materia

En primaria instancia, se tuvo en cuenta la información dada por la empresa Guayabos La Villa y El Cristal respecto a sus cantidades de residuos de semilla de guayaba generados semanalmente, con un promedio de 45,833 kg/h, lo que podría aumentar dependiendo su producción semanal. Otro parámetro importante a mencionar que se

tuvo en cuenta, fue el rendimiento de 3,117% que se obtuvo por el método experimental (Soxhlet) y a su vez las condiciones de operación que se llevaron a cabo en su momento.

Estos cálculos de balance de materia se realizaron para cada una de las operaciones unitarias que se observan en la figura 40, tomando en consideración una relación de 6,111 como factor de escalamiento, desde un nivel experimental a nivel planta piloto. Por tal motivo, el balance que se presenta a continuación corresponde a la propuesta de diseño a escala piloto y sus resultados se observan en la tabla 27. El balance completo a nivel experimental se evidencia en el ANEXO 7, así como los balances por componentes.

Balance etapa de lavado: En dicha etapa se elimina la mayor cantidad de impurezas luego del proceso de despulpado realizado en las empresas de bocadillo. Teniendo en cuenta un ingreso de $21,325 \frac{kg}{h}$ de materia prima (semillas de guayaba) y un ingreso de 6,39 litros de agua. Asimismo, se conoce que la cantidad de SG limpia (húmeda) es de $42,778 \frac{kg}{h}$

$$F_1 + F_2 = F_3 + F_4 \quad \text{Ec.1}$$

Donde: F_1 = Flujo de guayaba de semilla fresca; F_2 = Flujo de agua potable; F_3 = Flujo de agua residual con residuos sólidos; F_4 = Flujo de semillas de guayaba húmedas.

Balance etapa de secado: Para esta operación se tuvo en cuenta los porcentajes de humedad con las que ingresa y sale la MP. Los cuales fueron de humedad inicial del 100% y humedad contenida de 49,717% a la salida.

$$F_4 = F_5 + F_6 \quad \text{Ec.2}$$

Donde: F_4 = Flujo de semillas de guayaba húmedas; F_5 = Flujo de vapor de agua; F_6 = Flujo de semillas de guayaba secas.

Balance etapa de limpieza: Para la limpieza se tuvo en cuenta el porcentaje de residuos vegetales sólidos removidos en la limpieza manual y por tamizado con un valor de 3,5%.

$$F_6 = F_7 + F_8 \quad \text{Ec.3}$$

Donde: F_6 = Flujo de semillas de guayaba secas; F_7 = Flujo de Residuos sólidos; F_8 = Flujo de semillas de guayaba limpias.

Balance etapa de molienda: En esta etapa se usó un molino que cumplía las especificaciones acordes a las características de la semilla de guayaba para cumplir un adecuado tamaño de partícula. Para este balance se tuvo en cuenta un 3% de merma como perdidas en el proceso.

$$F_8 = F_9 + F_{10} \quad \text{Ec.4}$$

Donde: F_8 = Flujo de semillas de guayaba limpias. ; F_9 = Flujo de perdidas (merma); F_{10} = Flujo de semillas de guayaba molida.

Balance etapa de tamizado: Para el tamizado se estableció un tamaño de partícula menor a 0,85mm, para el cual se recircula nuevamente a la etapa de molienda un 20% que no cumplía con dichas especificaciones.

$$F_{10} = F_{11} + F_{12} \quad \text{Ec.5}$$

Donde: F_{10} = Flujo de semillas de guayaba molida; F_{11} = Flujo de semillas de guayaba molida gruesa; F_{12} = Flujo de semillas de guayaba molida fina.

Balance etapa de extracción: Para este proceso se conoce el dato de salida con un valor de $54,229 \frac{kg}{h}$, así como una cantidad de 80 538 Litros de etanol al 96%. Para el proceso de extracción se obtuvo en rendimiento aproximado del 3%.

$$F_{12} + F_{13} = F_{14} + F_{15} \quad \text{Ec.6}$$

Donde: F_{12} = Flujo de semillas de guayaba molida fina; F_{13} = Flujo de etanol; F_{14} = Flujo de refinado; F_{15} = Flujo de mezcla (ESG + solvente+ impurezas)

Balance etapa de destilación: Para la separación del extracto respecto al solvente se conoce el flujo de ESG concentrado al final del proceso de $0,529 \frac{kg}{h}$

$$F_{15} = F_{16} + F_{17} \quad \text{Ec.7}$$

Donde: F_{15} = Flujo de mezcla (ESG + solvente+ impurezas); F_{16} = Flujo del solvente recuperado; F_{17} = flujo de ESG concentrado más impurezas

Balance etapa de clarificación: La clarificación del ESG concentrado se realiza con el propósito de eliminar las impurezas aun contenidas, teniendo en cuenta el porcentaje de 5% de remoción.

$$F_{17} = F_{18} + F_{19} \quad \text{Ec.8}$$

Donde: F_{17} = Flujo de ESG concentrado + impurezas; F_{18} = Flujo de impurezas; F_{19} = ESG concentrado.

Tabla 27.

Resultados balance de materia

Corriente	1	2	3	4	5	6	
Temp. (°C)	23	23	23	23	50	23	
Presión (bar)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	
Flujo (kg/h)	45,833	21,325	24,380	42,778	21,268	21,510	
Corriente	7	8	9	10	11	12	
Temp. (°C)	23	23	23	23	23	80	
Presión (bar)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	
Flujo (kg/h)	0,753	20,757	0,623	20,134	4,027	16,108	
Corriente	13	14	15	16	17	18	19
Temp. (°C)	23	80	80	23	80	23	23
Presión (bar)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Flujo (kg/h)	64,188	26,049	54,229	53,700	0,529	0,026	0,502

Nota. En esta tabla se evidencian los resultados generales del balance de materia por corriente con base al BFD de la figura 4 y las ecuaciones anteriormente presentadas.

En la tabla 27, se resumen los datos de cada una de las corrientes del proceso donde se especifica la temperatura y presión de las mismas. En el proceso ingresa un flujo de 45,833 kg/h quedando un 16,108 kg/h luego de su respectivo tratamiento de los cuales

ingresan a la etapa de extracción para obtener una cantidad final de 0,502 kg/h de extracto de semilla de guayaba.

4.2. Operaciones unitarias (planta extractora) para la extracción de ESG

Es importante tener en cuenta las especificaciones técnicas del proceso y los balances de materia como base fundamental para el escalamiento a nivel planta piloto con base a los requerimientos establecidos en el desarrollo experimental. Partiendo de lo anterior, en esta sección se evidencian las etapas del proceso en la propuesta de diseño y los equipos necesarios junto con un análisis energético (ANEXO 9) que parte de la energía que requiere cada equipo durante su operación. Cabe aclarar que este diseño abarca únicamente la planta extractora de ESG, más adelante se explicara brevemente lo que abarcaría una etapa posterior de refinación.

4.2.1. Recepción y almacenamiento de MP

En vista de que la materia prima principal (semillas de guayaba) que llegan a la planta de producción se encuentran en estado húmedo y con cierta cantidad de pulpa, es indispensable realizar un tratamiento previo garantizando que la MP con la cual se obtendrá el extracto, se encuentre en las condiciones adecuadas, ya que de esto dependerá la calidad del producto de interés y el cumplimiento de las normas sanitarias.

Por ello, en la recepción se realiza inicialmente una inspección visual verificando que las semillas estén libres de microorganismos e insectos, si es necesario se realiza un proceso de esterilización en un autoclave. Luego, se almacenan en un silo hermético que conserve la MP mientras que ésta ingresa al proceso. Cabe aclarar que este almacenamiento es temporal debido a que las condiciones de entrega de la MP pueden inducir la proliferación de microorganismos indeseados. A continuación, en la figura 41 se evidencia la propuesta del equipo seleccionado.

Figura 41.
Tanque de almacenamiento



Nota. En la figura se muestra un tanque de almacenamiento con fondo cónico, fabricado en acero inoxidable y con capacidad de 1.279 L <https://www.inoximexico.com/producto/353/tanque-de-almacenamiento-500-litros->.

4.2.2. Lavado

Mediante una banda transportadora, las semillas de guayaba que ingresan al proceso inmediatamente realizan su respectivo lavado con agua potable en una lavadora industrial con salida por vibración y banda transportadora, equipado con una bomba de lavado de alta presión que cuenta con un cabezal rociador para lavar la superficie del material vegetal y retirar la mayor cantidad de impurezas. Debido a la gran cantidad de materia prima recolectada y a la naturaleza del proceso (continuo) es importante contar con un tanque almacenamiento. A continuación, en la figura 42 se evidencia la propuesta del equipo seleccionado.

Figura 42.

Equipo de lavado



Nota. El tanque de lavado se llena de forma automática a través de una banda de alimentación. La MP es transportada por un sistema de lavado helicoidal con un movimiento en espiral. https://www.kronen.eu/es/soluciones?tx_avsite_machinelineexportpdf%5Baction%5D=exportPdf&tx_avsite_machinelineexportpdf%5Bcontroller%5D=Machineline&tx_avsite_machinelineexportpdf%5Bmachineline%5D=90&type=6000&cHash=0e53db8ecd119dae380babd3de70f7.

Se toma las siguientes características proporcionadas por la empresa mediante la ficha técnica del equipo.

Tabla 28. Especificaciones técnicas del equipo de lavado

Característica	Valor
Potencia	11,2 kW
Agua	1210 L
Medidas	4.813 x 1.291 x 1.537 mm
Capacidad máxima	500 kg
Consumo energético	39.600 kJ

Nota. Especificaciones técnicas del equipo. Tomada de https://www.kronen.eu/es/soluciones?tx_avsite_machinelineexportpdf%5Baction%5D=exportPdf&tx_avsite_machinelineexportpdf%5Bcontroller%5D=Machineline&tx_avsite_machinelineexportpdf%5Bmachineline%5D=90&type=6000&cHash=0e53db8ecd119dae380babd3de70f7.

4.2.3. Secado

Para realizar el secado de las SG se decidió por un equipo que se adaptara a las necesidades del proceso como lo es un horno secador de bandejas rotatorio con suministro de aire caliente, para este caso, las semillas se posicionarían sobre una rejilla permitiendo el paso de una corriente de aire ascendente mientras una pala giratoria las mueve a través de la rejilla. Este equipo permite tener un mayor control al riesgo de quemar o dañar las semillas ya que su temperatura es de 50°C y el volumen de semilla a secar es alto. A continuación, en la figura 43 se evidencia la propuesta del equipo seleccionado.

Figura 43.
Equipo de secado



Nota. Horno rotatorio con 18 bandejas, material de acero inoxidable e incluido un panel electromecánico.
https://argental.com.ar/wp-content/uploads/2018/07/ficha_tecnica_horno_verona_rev01.pdf.

Se toma las siguientes características proporcionadas por la empresa mediante la ficha técnica del equipo.

Tabla 29. Especificaciones técnicas del equipo de secado

Característica	Valor
Potencia	38 kW
Temperatura máxima	300 °C
Medidas	1.473 mm x 2.733 mm
Capacidad máxima	300 kg
Consumo energético	1.368.000 kJ

Nota. Especificaciones técnicas del equipo. Tomada de https://argental.com.ar/wp-content/uploads/2018/07/ficha_tecnica_horno_verona_rev01.pdf.

4.2.4. Limpieza

Debido a que esta etapa es de suma importancia, se realiza una limpieza para asegurar el menor porcentaje de impurezas durante el proceso, es por esto que se implementa un tamizado mediante un tamiz vibrante con diferentes cribas para ofrecer un alto grado de limpieza y asegurando diferentes tamaños de partículas retenido en las mallas.

De igual manera, se realiza un proceso de venteo para eliminar muchas de las impurezas ligeras y secas que suelen ser del tamaño de la semilla, usando una máquina de limpieza universal que se compone por un tamiz y una corriente de aire que atraviesa el flujo del grano arrastrando las impurezas. A continuación, en la figura 44 se evidencia la propuesta del equipo seleccionado.

Figura 44.
Equipo de Limpieza (tamizado y venteo)



Nota. La máquina universal de limpieza TAS es una máquina para granos en productos de alta calidad. Con un sistema de alto rendimiento [.https://www.buhlergroup.com/content/buhlergroup/global/es/products/universal_cleaningmachine.html](https://www.buhlergroup.com/content/buhlergroup/global/es/products/universal_cleaningmachine.html).

Se toma las siguientes características proporcionadas por la empresa mediante la ficha técnica del equipo.

Tabla 30. Especificaciones técnicas del equipo de secado

Característica	Valor
Potencia	2,2 kW
Aspiración	152 m ³ /min
Medidas	3 m x 2,6m x 5m
Capacidad máxima	60 ton/h
Consumo energético	7.920 kJ

Nota. Especificaciones técnicas del equipo. Tomada de https://www.buhlergroup.com/content/buhlergroup/global/es/products/universal_cleaningmachine.html.

4.2.5. Molienda

Este procedimiento es una etapa fundamental en el proceso de obtención de extracto vegetal, en donde se convierte la semilla limpia en partículas diminutas que aumenta el área superficial de exposición del grano, logrando así la ruptura de estructuras celulares necesarias para la extracción. Para esto, se hace uso de un molino de discos que conlleva a una trituración fina del material mediante presión y cizallamiento de los discos

con el propósito de obtener partículas con diámetro menor o igual a 0,85mm. A continuación, en la figura 45 se evidencia la propuesta del equipo seleccionado.

Figura 45.
Equipo de molienda



Nota. Se evidencia un molino, el cual sirve para obtener diferentes granulometrías, mediante el ajuste apropiado de los discos por presión.
<https://penagos.com/productos/molino-de-discos-mdp-60/>

Se toma las siguientes características proporcionadas por la empresa mediante la ficha técnica del equipo.

Tabla 31. Especificaciones técnicas del equipo de molienda

Característica	Valor
Potencia	3,72 kW
Capacidad de granos secos	80 – 150 kg/hora
Medidas	0.5 x 0.4 x 0.3 m (sin tolva)
RPM Disco Moledor	600 – 800
Consumo energético	4.176 kJ

Nota. Especificaciones técnicas del equipo. Tomada de <https://penagos.com/productos/molino-de-discos-mdp-60/>

4.2.6. Tamizado

Para garantizar un tamaño de partícula homogéneo se realiza un tamizado (figura 46) acoplado a la línea del proceso principal para asegurar una mayor área superficial al momento de la extracción.

Figura 46.
Equipo de tamizado



Nota. El molino mostrado en la figura, tiene una rapidez de tamizado que admite hasta 4 tamices de \varnothing 550. <https://filtra.com/wp-content/uploads/2015/06/FLT-ZEUS-FTI0550.pdf>

Para ello, se hace uso de un tamiz vibratorio el cual cumple con las características de alta eficiencia, operación simple y una alta precisión de cribado obteniendo un polvo fino de alta uniformidad. En la figura 46 se evidencia la propuesta del equipo seleccionado y se toma las siguientes características proporcionadas por la empresa mediante la ficha técnica del equipo.

Tabla 32. Especificaciones técnicas del equipo de tamizado

Característica	Valor
Potencia	0,525 kW
N máximo de tamices	4 tamices de \varnothing 550
Medidas	544 x 552 x 501 mm
Revoluciones	1500 rpm
Consumo energético	1.800 kJ

Nota. Especificaciones técnicas del equipo. Tomada de <https://filtra.com/wp-content/uploads/2015/06/FLT-ZEUS-FTI0550.pdf>.

4.2.7. Extracción

Para la obtención del ESG es esencial el proceso de extracción, en el cual se hace uso de la semilla de guayaba molida y la ayuda de un solvente que para este caso es Etanol al 96%. Para esta etapa, se requiere de un extractor de contacto sólido-líquido para la separación del extracto concentrado contenido en las semillas. A continuación, en la figura 47 se evidencia la propuesta del equipo seleccionado.

Figura 47.
Equipo de extracción sólido/líquido



Nota. La materia prima sólida es introducida en un recipiente denominado extractor B2. Una vez que los compuestos son extraídos de la MP, el solvente se evapora a condiciones controlables.
<https://www.dedietrich.com/es/soluciones-y-productos/extraccion/extraccion-solido/liquido>

Se toma las siguientes características proporcionadas por la empresa mediante la ficha técnica del equipo.

Tabla 33. Especificaciones técnicas del equipo de extracción sólido/líquido

Característica	Valor
Temperatura de operación	250 °C
Carga litro	65 L
Medidas	4.7 x 2.0 x 1.6 m
Potencia	500 kW
Consumo energético	9.000.000 kJ

Nota. Especificaciones técnicas del equipo. Tomada de. <https://www.dedietrich.com/es/soluciones-y-productos/extraccion/extraccion-solido/liquido>.

4.2.8. Destilación

Para el proceso de recuperación del solvente, se requiere un destilador, el cual esta acoplado al equipo anteriormente mencionado. El solvente pasaría por un proceso de ebullición el cual se realizaría el cambio de fase líquida a vapor por medio de un hervidor, para luego enfriarlo por medio de condensación obteniéndolo nuevamente en fase líquida y así obtener un solvente puro.

4.2.9. Clarificación

Por último, se realiza la clarificación que es el proceso mediante el cual se purifica el extracto obtenido de la mezcla líquida (ESG + Solvente) y la cual aún contiene impurezas. Para este, se realiza inicialmente una clarificación estática o decantación (por diferencia de densidades) y se realiza una clarificación dinámica (por centrifugación), la cual requiere de una operación bastante eficiente con el propósito de evitar la mayor pérdida de producto y así cumplir con los máximos rendimientos. A continuación, en la figura 48 se evidencia la propuesta del equipo seleccionado.

Figura 48.
Equipo clarificador



Nota. Es un equipo de dos discos que separa fases de partículas finas del líquido descargando el líquido puro y clarificado.
<https://www.gnseparation.com/>

Se toma las siguientes características proporcionadas por la empresa mediante la ficha técnica del equipo.

Tabla 34. Especificaciones técnicas del equipo de clarificación

Característica	Valor
Potencia	18,5 kW
Tiempo de arranque	10-15 min
Máx. Velocidad	6150 RPM
Diámetro del tazón	440 mm
Consumo energético	133.200 kJ

Nota. Especificaciones técnicas del equipo. Tomada de <https://www.gnseparation.com/>.

4.3. Fase de refinación

Debido a que la investigación contempla la evaluación del proceso de obtención de ESG únicamente en cuanto a la fase de extracción (por solventes), dicho extracto para poder ser aplicado en la industria de alimentos y ser un producto consumible, necesitaría de una posterior refinación con el fin de eliminar el exceso de impurezas principalmente de

ácidos grasos libres, fosfátidos, gomas y residuos de solvente, puesto que estas sustancias pueden proporcionar aromas, colores o cualidades indeseables al extracto crudo obtenido.

Por lo anterior, se explican de forma general las etapas de la refinación como guía general que debería seguir el ESG en proyectos posteriores, etapas que por objetivos no abarca esta investigación.

Como etapa inicial se debe realizar un proceso de desgomado ácido con el fin de remover drásticamente los fosfátidos hidratables, así como permitir la separación de impurezas como pigmentos, proteínas, metales entre otros esperando que se obtenga como resultado una cantidad máxima de 20 a 50 ppm y una humedad en el extracto menor al 0,1 %, ofreciendo un ESG para ser transportado y almacenado a largo plazo [60]. En segunda instancia, se realiza la etapa de neutralización para eliminar los ácidos grasos libres por reacción de estos con un agente alcalino, quienes se transforman en jabones insolubles en el extracto, por tal motivo se requiere de varios lavados en dicho proceso. [61].

Posterior a esto, se procede a una fase de blanqueo del extracto por principios químicos de absorción y adsorción disminuyendo de forma adecuada los pro-oxidantes y productos de oxidación presentes en el ESG, obteniendo la máxima estabilidad oxidativa en el extracto, mediante la adición de arcillas utilizadas por sus propiedades físicas y químicas (capacidad de intercambio catiónico, pH y porosidad) que absorben y retienen estas impurezas [62]. Por último, el ESG debe ser sometido a un proceso de desodorización para retirar los ácidos grasos libres e hidrocarburos restantes que afectan negativamente las propiedades organolépticas, apariencia y estabilidad del producto final. Evaluando a futuro el proceso de refinación del extracto de semilla de guayaba finalmente podría tener la aplicación pertinente en la industria de alimentos.

4.4. Diagrama de flujo de proceso (PFD) – Planta extractora

En el diagrama de flujo del proceso se definirán a detalle las operaciones unitarias para la obtención del extracto de semilla de guayaba a nivel planta piloto en su fase de

extracción que contempla la presente investigación. Se establece una lista de las operaciones del proceso realizadas con cada uno de los equipos evidenciados en el PFD.

Tabla 35.

Lista de operaciones del proceso

Lista de operaciones unitarias	
Nombre	Descripción
TK-001	Almacenamiento 1
TK-002	Almacenamiento 2
TK-003	Lavado 1
F-001	Secado 1
CL-001	Limpieza 1
M-001	Molienda 1
S-001	Tamizado 1
EX-001	Extracción 1
T-001	Destilación 1
C-001	Clarificación 2

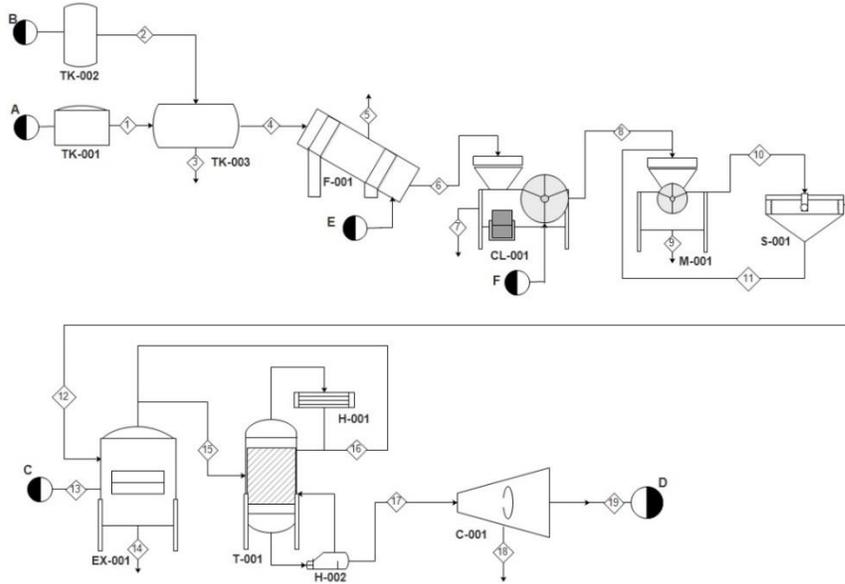
Nota. En esta tabla se evidencia la lista general de operaciones unitarias del proceso para la obtención de extracto de semilla de guayaba a nivel planta piloto (*planta extractora*).

Para la propuesta de diseño en la cual la planta estará ubicada en la ciudad de Bogotá D.C., se tiene en cuenta una temperatura ambiente promedio de 23 °C y una presión de 0,746 bar. Se plantea un proceso continuo debido a que la materia prima obtenida de las empresas de bocadillo Los Guayabos la Villa y El Cristal, es considerable, la cantidad de semillas de guayaba generada será proporcional a su producción de bocadillo. Asimismo, las empresas todos los días realizan el despulpe de la fruta.

Figura 49.

Diagrama de flujo de proceso a nivel planta piloto (PFD)

TK-001	TK-002	TK-003	F-001	CL-001	M-001	S-001	EX-001	T-001	H-001	H-002	C-001
Silo para almacenamiento de SG	Tanque de almacenamiento de agua potable	Tanque de lavado industrial con salida por vibración y banda transportadora	Horno secador de bandejas rotatorio	Máquina de limpieza universal	Molino de discos	Tamiz Rotatorio	Extractor sólido/líquido	Equipo de destilación simple	Condensador	Rehervidor	Centrifugadora industrial



OBTENCIÓN DE EXTRACTO DE SEMILLA DE GUAYABA	
Letra	Denominación
A	Semillas de guayaba
B	Agua potable
C	Etanol 95%
D	Extracto de semilla de guayaba
E	Aire caliente
F	Aire frío
Diseñado y elaborado por	
Valentina Camelo Montenegro	
Francy Lorena Romero Giraldo	

Balance de Materia (kg/h)																			
Corriente	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Temperatura (°C)	23	23	23	23	50	23	23	23	23	23	23	80	23	80	23	80	23	80	23
Presión (bar)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Flujo másico (kg/h)	45,833	21,325	24,380	42,778	21,268	21,510	0,753	20,757	0,623	20,134	4,027	16,108	64,188	26,049	54,229	53,700	0,529	0,026	0,502
Flujo másico por componentes (kg/h)																			
Semillas de guayaba fresca	45,833	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agua potable	0	21,325	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agua residual	0	0	21,325	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Residuos sólidos	0	0	3,056	0	0	0	0,753	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Semillas de guayaba húmedas	0	0	0	42,778	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vapor de agua	0	0	0	0	21,268	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Semillas de guayaba secas	0	0	0	0	0	21,510	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Semillas de guayaba limpias	0	0	0	0	0	0	0	20,757	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Merma	0	0	0	0	0	0	0	0	0,623	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Semillas de guayaba molida	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20,134	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Semillas de guayaba molida gruesa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,027	0	0	0	0	0	0	0	0
Semillas de guayaba molida fina	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16,108	0	0	0	0	0	0	0
Etanol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	64,188	0	53,746	0	0	0	0
Refinado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26,049	0	0	0	0	0
Impurezas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,026	0,026	0
Etanol recuperado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	53,700	0	0	0
ESG concentrado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,483	0	0,502	0	0,502

Nota. La figura muestra el diagrama de flujo del proceso PFD del proceso a nivel planta piloto (planta extractora), con las respectivas entradas y salidas del proceso.

5. CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos durante la investigación se logró generar una alternativa que permite el aprovechamiento de los subproductos generados en la industria de bocadillo específicamente las semillas de guayaba (*Psidium guajava* L.), implementando de esta manera una propuesta innovadora, con el estudio de residuos orgánicos poco referenciados y contribuyendo a las metas de desarrollo sostenible hacia la producción y consumo razonable, disminuyendo focos de contaminación por la mala disposición y a su vez, dándole un valor agregado a las semillas de guayaba por el alto potencial y propiedades que las caracterizan.

A partir de la metodología teórico- experimental para la obtención del ESG se logró establecer que, para una buena calidad del producto final, es necesario que se tenga un control del tratamiento de la materia prima asegurando un lavado y limpieza profunda antes de pasar al secado. A su vez, controlar de manera estricta la temperatura en las etapas de secado y extracción para que el ESG no se vea afectado. Para la extracción se hizo uso de Etanol que mediante la matriz multicriterio se estableció como el solvente que posee un menor riesgo en el manejo durante la práctica y que a su vez es considerado en la química verde en función de su baja toxicidad y buena degradabilidad, durante el proceso se tuvo en cuenta una relación de 1:5 semilla/solvente, para la cual se obtuvo un rendimiento respecto al extracto obtenido entre 3% y 3,5%.

Partiendo de las pruebas fisicoquímicas desarrolladas para el ESG se obtuvo un valor de índice de Refracción de 1,475 nD, un Índice de yodo de 142,763 g I₂/g extracto e Índice de saponificación de 109,849 mg KOH/g. Con lo anterior se puede concluir que, si existen similitudes con las referencias bibliográficas del aceite de semilla de guayaba. Asimismo, se determinó que la muestra tiene una resistencia alta a la rancidez debido a su alto índice de peróxidos de 1,981 m eq O₂/ kg. De acuerdo al perfil lípido estudiado mediante cromatografía de gases se concluye que el extracto de semilla de guayaba cuenta con las características mínimas para ser un aceite debido a que contiene un porcentaje de grasas saturadas bajo (16,27%) y un porcentaje alto de grasas insaturadas (83,73%) siendo el ácido linoleico de mayor proporción con 76,76g/100g extracto. De

igual manera se concluye que el ESG obtenido mediante la metodología de extracción por solventes (Soxhlet), no es comestible, ni puede ser aplicado directamente luego de su extracción de acuerdo a la normativa de la resolución 2154 del 2012. Con base en los análisis realizados durante la caracterización del extracto, se logra determinar que el mismo necesita de una fase posterior de refinación para que sea apto al consumo humano.

Dentro de las especificaciones para el diseño de la planta piloto, siendo este un proceso continuo para el cual se establecieron 45,83 kg/h de semilla entrante, obteniendo una cantidad de 0,502 kg/h de extracto de semilla de guayaba. Aunque esto se considere bajo respecto a otras semillas oleaginosas, el rendimiento sigue siendo relativamente bueno teniendo en cuenta la naturaleza de la semilla.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] K. Cury R. et al., "Residuos agroindustriales su impacto, manejo y aprovechamiento", *Revista colombiana de ciencia animal*, vol. 9, no. 2017, pp. 122-128, may, 2017, [En línea]. Disponible: <https://www.recia.edu.co/index.php/recia/article/view/530/pdf>
- [2] Y. Vargas y L. Pérez, "Aprovechamiento de residuos agroindustriales para el mejoramiento de la calidad del ambiente", *Revista facultad de ciencias básicas*, vol.14, no. 1, pp. 59-72, mar, 2013, [En línea]. Disponible: <https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rfcb/article/view/3108/2874>
- [3] G. Aguilera A., E. Rodríguez H., H. Chaparro Z. y J. Orduz R., "Estado actual de la investigación para el cultivo de la guayaba en Colombia", *Revista mesoamericana de agronomía*, vol. 31, no. 3, pp. 122-128, sep, 2020, [En línea] <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/40207/43941>.
- [4] C. A. Muñoz V., "Organización Cadena Agroalimentaria de la Guayaba y su Industria". Ministro de Agricultura y Desarrollo Rural, 2020, [En línea]. Disponible: <https://sioc.minagricultura.gov.co/Guayaba/Documentos/2020-03-31%20Cifras%20Sectoriales.pdf>
- [5] M. Silva, R. Bañuelos, A. Muro, E. Esparza y L. Delgadillo, "Evaluación de semilla de guayaba (*Psidium guajava* L.) como alternativa en la nutrición ruminal", *Abanico Veterinario*, vol. 7, no. 1, pp. 26- 35, dic, 2021, [En línea]. Disponible:http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-61322017000100026.
- [6] M.P. Sánchez, "¿Le apuestan los sistemas de manejo de residuos sólidos en el mundo al Desarrollo Sostenible?", *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, vol. 1, pp. 445-450, feb, 2015. [En línea]. Disponible: <https://www.redalyc.org/pdf/2631/263139243060.pdf>
- [7] C. Santamaría, A. M. González y F. Astorga, "Extractos vegetales, aplicación para la reducción del estrés", *nutriNews*, pp. 75-80, mar, 2015. [En línea]. Disponible: <https://nutricionanimal.info/download/0315-ena-WEB.pdf>
- [8] F. J. Amaguaña R. y E. F. Churuchumbi R., *Estandarización fitoquímica del extracto de caléndula (*calendula officinalis*)*, Tesis pre., Facultad de Ingenierías, Universidad

- politécnica salesiana, Quito, 2018, [En línea]. Disponible: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16149/1/UPS-QT13324.pdf>
- [9] J. A. Narváez N., "Oleaginosas Canola, Cártamo, Girasol, Soya Mexicanas", Planeación Agrícola Nacional (sagarpa), ed. 1, pp. 1, 2017, [en línea]. disponible: <http://www.consejagri.mx/images/planeacion%20agrinal%20mex/cultivos%20estrategicos%20basicos/basico-oleaginosas.pdf>
- [10] M. P. Angarita R., *obtención de aceite esencial de semilla de durazno por método soxhlet y arrastre de vapor*, Tesis pre., Facultad de ingenierías, Universidad de América, Bogotá D.C., Colombia, 2019, [En línea]. Disponible: <http://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7713/1/6142362-2019-2IQ.pdf>
- [11] Min Agricultura, "Cadena de guayaba, indicadores e instrumentos", Colombia, 2018, [En línea]. Disponible: <https://sioc.minagricultura.gov.co/Guayaba/Documentos/2018-09-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf>
- [12] P. Gutiérrez C., *"Extracción y recuperación de aceite de semilla de guayaba (Psidium guajava L.) a nivel de laboratorio y evaluación de sus propiedades fisicoquímicas"*, Tesis pre., facultad de ingeniería, Universidad De Costa Rica, San José, Costa Rica, 2018, [En línea]. Disponible: https://www.kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/86149/cita_tesis_extracción%20y%20recuperación%20de%20aceite%20de%20semilla%20de%20guayaba.pdf?sequence=1
- [13] L. C. Rincón M., "Revisión de alternativas sostenibles para el aprovechamiento de residuos agroindustriales de fábricas de bocadillo en colombia", Tesis pre., Universidad Santo Tomás, Tunja, 2021, [En línea]. Disponible: <https://repository.usta.edu.co/jspui/bitstream/11634/33249/1/2021LauraRincón.pdf>
- [14] ITIS, "Psidium guajava". Integrated Taxonomic Information System, [En línea]. Disponible: https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=27240#null

- [15] C. E. Orrego A., "Aprovechamiento de residuos agroindustriales de frutales andinos", ed. 1, pp. 21, Manizales, 2017, [En línea]. https://www.fontagro.org/wp-content/uploads/2013/01/Cartilla_Aprovechamiento-de-Residuos.pdf
- [16] G. Fischer, "Guayaba (*Psidium Guajava* L.)", Capítulo, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 2012, [En línea]. Disponible: https://www.researchgate.net/profile/Gerhard-Fischer-2/publication/256680804_Guayaba_Psidium_guajava_L/links/5e7a69dc92851cdfca2f55d6/Guayaba-Psidium-guajava-L.pdf
- [17] J. Pingiluppi, "Tabla de composición de Alimentos Colombianos (TCAC)", Instituto Colombiano de Bienestar familiar, Bogotá, Colombia, 2018. [PDF]. Disponible: https://www.icbf.gov.co/system/files/tcac_web.pdf
- [18] D. K. Miah Akanda, S. Mehjabin y S. Uzzamán, "Breve reseña sobre la Nutrición de la Fruta: Guayaba", *Toxicology Research*, p. 9, 2018, [En línea]. https://www.researchgate.net/publication/330702066_A_short_review_on_a_Nutritional_Fruit_Guava
- [19] M. Kumar, S. Dhumal y D. Jyoti Bhuyan, "Guava (*Psidium guajava* L.) seed: A low-volume, high-value byproduct for human health and the food industry", *Food Chemistry*, vol. 386, 2022, art. n.º 132694. [En línea]. Disponible: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814622006562>
- [20] Prasad NBL, G Azeemoddin, "Características y composición de la semilla y el aceite de guayaba (*Psidium guajava* L.)", *JAOCS Journals of the American Oil Chemists' Society*, vol. 71, n.º 4, pp. 457–458, 1994. [En línea]. Disponible: <https://aocs.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1007/BF02540531>
- [21] A. M. Athayde Uchôa-thomaz y L. Lages Rodrigues. "Chemical composition, fatty acid profile and bioactive compounds of guava seeds (*Psidium guajava* L.)". *SciELO - Brazil*. <https://www.scielo.br/j/cta/a/BNsszKdxymjvSykRT8rHg6j/?lang=en>
- [22] Chang YP, Tan MP, Lok WL, Pakianathan S, Supramaniam Y. Making use of guava seed (*Psidium guajava* L): the effects of pre-treatments on its chemical composition. *Plant Foods Hum Nutr.* 2014 Mar;69(1):43-9. doi : 10.1007/s11130-013-0396-3. PMID: 24292972

- [23] Norshazila, S & Zahir, I & Suleiman, K & Aisyah, M & Kamarudin, Kamarul Rahim. Antioxidant levels and activities of selected seeds of Malaysian tropical fruits. *Malaysian journal of nutrition*. 16. 149-59. (2010).https://www.researchgate.net/publication/225300374_Antioxidant_levels_and_activities_of_selected_seeds_of_Malaysian_tropical_fruits
- [24] S. Kapoor, N. Gandhi, S. Kumar, A. Kaur y B. Mahajan, "Extraction and characterization of guava seed oil: A novel industrial byproduct", *Food Science and Technology*, vol. 132, oct, 2020, [En línea] <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109882>
- [25] C. E. Narváz C, (2020) "The phenolic compounds, tocopherols, and phytosterols in the edible oil of guava (*Psidium guava*) seeds obtained by supercritical CO₂ extraction" , [En línea], <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2020.103467>
- [26] A. Nivia et al., "Aprovechamiento integral de la semilla de guayaba (*Psidium guajava* L.) Obtención de extractos a partir de semillas de guayaba utilizando como solvente CO₂ supercritico", *Scientia et Technica*, n 33, may, 2007, [En línea]. <https://doi.org/10.22517/23447214.5819>
- [27] L. V. Peñaranda. G., S. P. Montenegro G. y P. A. Giraldo. "Aprovechamiento de residuos agroindustriales en Colombia" [En línea], <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6285350>
- [28] M. P. Elizalde. G., V. Hernández. M., "Guava seed as an adsorbent and as a precursor of carbon for the adsorption of acid dyes" Vol. 100, April 2009, Pages 2111-2117 [En línea], <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852408009371>.
- [29] Y. A. Montes Fonseca, D. Quintero, "Formulación Del Plan De Manejo Ambiental En Dijeyma S.a.s. Ubicada En La Ciudad De Neiva", Trabajo de grado, universidad distrital francisco José de caldas, Bogotá D.C., 2018. [En línea]. Disponible: <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/15549/YezlinAndreaMontesFonseca2019.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- [30] "Federación de empresarios de la cadena productiva del bocadillo veleño - fedeveleños", república de Colombia superintendencia de industria y comercio, Ref. Expediente N° SD2016/0056382, 2017, art. n.o Resolución N° 37563. [En línea]. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Guayaba/Normatividad/2017-06->

27%20Resolución%2037563%20MINCIT%20Denominación%20BocadilloVelenio.pdf#search=bocadillo

- [31] ICONTEC, "Guayaba", Norma Técnica Colombiana 1263, no. 6.2, pp. 9, may, 1970, [En línea] <https://www.icontec.org/>
- [32] Icontec, NTC 3674. (1995). Práctica para la reducción del tamaño de las muestras de agregados, tomadas en campo, para la realización de ensayos, [En línea] <https://www.coursehero.com/file/41268713/NTC3674pdf/>
- [33] F. A. Avila R., Obtención de un conservante natural a partir de la semilla de aguacate variedad hass (persea americana mill.), tesis pre., Facultad de ingenierías, Universidad de América, Bogotá D.C., Colombia, 2019. [En línea]. Disponible:
<https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7627/1/6112706-2019-2-IQ.pdf>
- [34] Aoac 945.38 980.25 Determinación de cenizas totales y materia orgánica (A.O.A.C. 1975).
- [35] M. Roque, M. R. Arango y C. del Valle G., "húmedad de semilla como atributo de calidad", Argentina, 2011 [PDF]. [Disponible]: <https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-humedad-semilla-como-atributo-de-calidad.pdf>
- [36] Icontec, NTC 2228. (2019). Oleaginosas Determinación Del Contenido de Humedad y Materia Volátil.
- [37] J. Redfern et al., Using Soxhlet Ethanol Extraction to Produce and Test Plant Material (Essential Oils) for Their Antimicrobial Properties, [En línea]. Disponible: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4004744/>
- [38] Ministerio de salud. (2012). *RESOLUCION 2154 DE 2012*. [En línea]. Disponible: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/resolucion-2154-de-2012.pdf>
- [39] Icontec, NTC 289. (2002). Grasas y aceites animales y vegetales. Determinación del índice de refracción. [En línea]. Disponible : <https://pdfcoffee.com/norma-tecnica-ntc-colombiana-289-grasas-y-aceites-animales-y-vegetales-determinacion-del-indice-de-refraccion-3-pdf-free.html>

- [40] Icontec, NTC 283. (1998). Grasas y aceites vegetales y animales. Determinación del índice de yodo. [En línea]. Disponible : <https://pdfcoffee.com/ntc-283-2-pdf-free.html>
- [41] Icontec, NTC 236. (2011). Grasas y aceites vegetales y animales. Determinación del índice de peróxidos. [En línea]. Disponible : <https://tienda.icontec.org/gp-grasas-y-aceites-vegetales-y-animales-determinacion-del-indice-de-peroxido-ntc236-2011.html>
- [42] Icontec, NTC 335. (2011). Grasas y aceites vegetales y animales. Determinación del índice de saponificación. [En línea]. Disponible : <https://docplayer.es/33334371-Norma-tecnica-ntc-colombiana-335.html>
- [43] Icontec, NTC 218. (2011). Grasas y aceites vegetales y animales. Determinación del índice de Acidez. [En línea]. Disponible : <https://docplayer.es/83081085-Norma-tecnica-colombiana-218.html>
- [44] Icontec, NTC 336. (2011). Grasas y aceites animales y vegetales. Método de la determinación de la densidad. [En línea]. Disponible : <https://docplayer.es/89110378-Norma-tecnica-colombiana-336.html>
- [45] L. J. Burgos, " quantification of substrate reducing sugars in pineapple residues using the 3,5-dinitrosalicylic acid method", Revista de investigación Universidad de America, vol. 13, 2020, art. n.º 1. [En línea]. Disponible: <https://revistas.uamerica.edu.co/index.php/rinv/article/view/326>
- [46] S. Ramos., " Evaluación de la obtención de azúcares reductores a partir del tallo de maíz de un cultivo ubicado en el municipio Gutiérrez, Cundinamarca", Tesis pre., facultad de ingeniería Ambiental, Universidad del bosque, Bogotá D.C., Colombia, 2019, [En línea]. Disponible: <https://repositorio.unbosque.edu.co/handle/20.500.12495/2150>
- [47] L. M. Paucar Menacho., R. Salvador Reyes., J. Guillén Sánchez., C. Moreno Rojo, J. Capa Robles. (2015). Estudio comparativo de las características físico-químicas del aceite de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.), aceite de oliva (*Olea europaea*) y aceite crudo de pescado. *Scientia Agropecuaria*, 279–290., [En línea]. Disponible: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=357643270005>

- [48] Ministerio de salud. (2012). *Resolución 2154 de 2012*. [En línea]. Disponible: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/resolucion-2154-de-2012.pdf>
- [49] C, Douglas & Lopez, Isaac & Barranco, Josmar & Garcia, David & Alvarez, Mario & Linares, Oscar. (2004). Caracterización fisicoquímica del aceite de la semilla de Píritu (*Bactris piritu* (H. Karst) H. Wendl). *Grasas y Aceites*.
- [50] G. M. Valenzuela, "Caracterización química y cuantificación de fenoles totales en aceite de semillas de Cucurbita spp", *Revista Dominguezia*, v.34, n.º 1, pp. 35–40, Jul, 2018. [En línea]. Disponible: <http://ojs.dominguezia.org/index.php/Dominguezia/issue/view/19/12>
- [51] A. F. Ramos N. & V. Tarazona, "Análisis de los compuestos fenólicos antioxidantes en diferentes bagazos de cerveza artesanal "Master Beer"", Tesis pre., Facultad de ingenierías, Universidad de América, Bogotá D.C., Colombia, 2022, [En línea]. Disponible: <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/9050/1/6171274-2022-2-IQ.pdf>
- [52] E. N. Pacheco J., "Determinación del contenido de ácido ascórbico y la presencia de terpenos en un grupo de briofitas, propias de la zona amazónica norte del ecuador, expuestas a la acción de una dosis de glifosato", Tesis pre., Facultad de ingeniería química y agroindustrial, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador, 2012, [En línea]. Disponible: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4677/1/CD-4311.pdf>
- [53] N. López C., et al., "Propiedades beneficiosas de los terpenos iridoidea sobre la salud", *Revista Nutrición clínica y dietética hospitalaria*, v.32, n.º 3, pp. 81–91, 2012. [En línea]. Disponible: <https://revista.nutricion.org/pdf/propiedades.pdf>
- [54] Silverson España. ¿Qué es una emulsión? (2021). [En línea]. Disponible: <https://www.youtube.com/watch?v=JDb288OKaG8>
- [55] M. Vilaplana, "Antioxidantes presentes en los alimentos", *Revista ámbito farmacéutico y nutrición*, v.26, n.º 10, pp. 79–86, 2007. [En línea]. Disponible: <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-pdf-13112893>

- [56] P. Fuentes S., "Determinación de ácidos grasos por cromatografía de gases por la diferenciación de nueces (*Juglans Regia*) según su origen", Tesis máster., Facultad agroindustrial, Universidad de Cádiz, Puerto Real, España, 2019, [En línea]. Disponible:
https://rodin.uca.es/bitstream/handle/10498/22384/TFM_Fuentes_Pablo_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [57] Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura. (2012). Grasa y ácidos grasos en nutrición humana. [En línea]. Disponible:
<https://www.fao.org/3/i1953s/i1953s.pdf>
- [58] G. E. Delgado, "Individual omega-9 monounsaturated fatty acids and mortality—The Ludwigshafen Risk and Cardiovascular Health Study", *Journal of Clinical Lipidology*, 2016. [En línea]. Disponible:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1933287416304135>
- [59] Icontec, NTC 4661. (1999). Análisis sensorial de aceites y grasas comestibles
- [60] J. Mara B. (2019). Temas selectos en Aceites y Grasas- Procesamiento. v.26, [En línea]. Disponible:
https://issuu.com/editorablucher/docs/issuu_temas_selectos_isbn9788521204893
- [61] Duvian Alberto Vera Romero. Ingeniero Químico. [Diapositivas], 5/09/2022
- [62] M. Stroppiano & N. Comba, "Evaluación experimental de técnicas de refinado de aceites vegetales comestibles". [En línea]. Disponible:
<https://ria.utn.edu.ar/bitstream/handle/20.500.12272/2324/Evaluaci%C3%B3n%20experimental%20de%20t%C3%A9cnicas%20de%20refinado%20de%20aceites%20vegetales%20comestibles.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [63] Kronen. "Lavadora GEWA 5000 ECO con salida por vibración o por banda transportadora". [En línea]
https://www.kronen.eu/es/soluciones?tx_avsite_machinelineexportpdf%5Baction%5D=exportPdf&tx_avsite_machinelineexportpdf%5Bcontroller%5D=Machineline&tx_avsite_machinelineexportpdf%5Bmachineline%5D=90&type=6000&cHash=0e53db8ecd119dae380babd3de70f7
- [64] Verona. "HORNO ROTATIVO VERONA". [En línea]. https://argental.com.ar/wp-content/uploads/2018/07/Ficha_Tecnica_Horno_VERONA_rev01.pdf

- [65] Buhler. “Universal Cleaning Machine”. [En línea]. https://www.buhlergroup.com/content/buhlergroup/global/es/products/universal_cleaningmachine.html
- [66] Penagos. “Molino de discos MDP-60”. [En línea]. <https://penagos.com/productos/molino-de-discos-mdp-60/>
- [67] Filtra. “Tamizadora Industrial Circular”. [En línea]. <https://filtra.com/wp-content/uploads/2015/06/FLT-ZEUS-FTI0550.pdf>
- [68] De Dietrich. “Extractor contacto solido-liquido”. [En línea]. <https://www.dedietrich.com/es/soluciones-y-productos/extraccion/extraccion-solido/liquido>
- [69] GN Separation. “Decantador centrifuga de dos discos”. [En línea]. <https://www.gnseparation.com/>
- [70] Inoxi Mexico. Tanque de almacenamiento inoxidable. Disponible en: <https://www.inoximexico.com/producto/353/tanque-de-almacenamiento-500-litros->

ANEXOS

ANEXO 1.

PRUEBAS FISICOQUÍMICAS

A continuación, se evidencian los resultados cuantitativos obtenidos mediante cada una de las réplicas realizadas para las pruebas fisicoquímicas de la semilla de guayaba (*Psidium guajava* L.). Mediante ensayos de laboratorio ejecutados en la Universidad de América.

Tabla 36.

Peso: Semillas de Los Guayabos la Villa

Los Guayabos la Villa				
Unidad	Peso (g)			
	M0	M1	M2	
1	0,025	0,018	0,012	
2	0,023	0,020	0,018	
3	0,018	0,010	0,014	
4	0,031	0,022	0,017	
5	0,017	0,013	0,009	
6	0,014	0,017	0,010	
7	0,018	0,018	0,011	
8	0,016	0,016	0,016	
9	0,019	0,016	0,018	
10	0,018	0,014	0,013	
Total	0,199	0,164	0,138	
Promedio	0,036	0,030	0,025	
Desviación estándar	0,005	0,004	0,003	

Nota. En la tabla se evidencian los valores obtenidos en cada una de las réplicas realizadas en cuanto al peso de las semillas de guayaba (*Psidium guajava* L.). de la empresa los Guayabos la Villa. Con base a los ensayos experimentales. Universidad de América [Laboratorio]. Bogotá D.C., Colombia. Ohaus. Balanza analítica [equipo]. (Pioneer™ Analytical PA323). USA.

Tabla 37.*Peso: Semillas de El Cristal*

El Cristal				
Unidad	Peso (g)			
	M0	M1	M2	
1				
2	0,010	0,030	0,008	
3	0,015	0,011	0,007	
4	0,013	0,013	0,01	
5	0,009	0,010	0,011	
6	0,015	0,013	0,017	
7	0,011	0,015	0,010	
8	0,008	0,011	0,011	
9	0,007	0,010	0,009	
10	0,005	0,007	0,013	
Total	0,008	0,009	0,019	
	0,101	0,129	0,115	
Promedio	0,018	0,023	0,021	
Desviación estándar	0,003	0,006	0,004	

Nota. En la tabla se evidencian los valores obtenidos en cada una de las réplicas realizadas en cuanto al peso de las semillas de guayaba (*Psidium guajava* L.). de la empresa El Cristal. Con base a los ensayos experimentales. Universidad de América [Laboratorio]. Bogotá D.C., Colombia Ohaus. Balanza analítica [equipo]. (Pioneer™ Analytical PA323). USA

Tabla 38.*Peso: Semillas de El Ruiz*

Unidad	El Ruiz		
	M0	M1	M2
1	0,014	0,012	0,014
2	0,012	0,011	0,013
3	0,014	0,017	0,011
4	0,008	0,017	0,016
5	0,008	0,014	0,015
6	0,007	0,021	0,011
7	0,012	0,011	0,013
8	0,018	0,019	0,010
9	0,017	0,014	0,013
10	0,016	0,024	0,016
Total	0,126	0,160	0,132
Promedio	0,023	0,029	0,024
Desviación estándar	0,004	0,004	0,002

Nota. En la tabla se evidencian los valores obtenidos en cada una de las réplicas realizadas en cuanto al peso de las semillas de guayaba (*Psidium guajava* L.). de la empresa El Ruiz Con base a los ensayos experimentales. Universidad de América [Laboratorio]. Bogotá D.C., Colombia Ohaus. Balanza analítica [equipo]. (Pioneer™ Analytical PA323). USA

Tabla 39.*Longitud, ancho y grosor: SG Los Guayabos*

Los Guayabos la Villa									
Unidad	M0			M1			M2		
	L (mm)	A (mm)	G (mm)	L (mm)	A (mm)	G (mm)	L (mm)	A (mm)	G (mm)
1	4,320	3,190	2,110	3,560	2,880	2,530	2,780	2,440	1,420
2	4,160	3,130	2,060	4,330	3,300	1,730	3,700	2,810	2,350
3	4,010	3,450	2,250	4,010	3,150	2,930	3,740	3,080	2,350
Total	12,490	9,770	6,420	11,900	9,330	7,190	10,220	8,330	6,120
Promedio	4,163	3,257	2,14	3,967	3,110	2,397	3,407	2,777	2,040
Desviación	0,155	0,170	0,098	0,387	0,213	0,611	0,543	0,321	0,537

Nota. En la tabla se evidencian los valores obtenidos para las réplicas en el largo, ancho, grosor de las semillas de guayaba de la empresa Los Guayabos la Villa. Con base a los ensayos experimentales. Universidad de América [Laboratorio]. Bogotá D.C., Colombia

Tabla 40.*Longitud, ancho y grosor: SG El Ruiz*

El Ruiz									
Unidad	M0			M1			M2		
	L (mm)	A (mm)	G (mm)	L (mm)	A (mm)	G (mm)	L (mm)	A (mm)	G (mm)
1	3,770	3,170	2,060	4,430	3,500	2,140	4,290	2,890	2,210
2	4,610	2,950	2,000	4,960	2,810	1,950	3,860	2,850	1,930
3	4,350	3,840	1,390	3,970	2,720	2,000	4,270	2,610	1,720
Total	12,730	9,960	5,450	13,360	9,030	6,090	12,420	8,350	5,860
Promedio	6,365	4,980	2,725	6,680	4,515	3,045	6,210	4,175	2,930
Desviación	0,430	0,464	0,371	0,495	0,427	0,098	0,243	0,151	0,246

Nota. En la tabla se evidencian los valores obtenidos para las réplicas en el largo, ancho, grosor de las semillas de guayaba de la empresa El Ruiz. Con base a los ensayos experimentales. Universidad de América [Laboratorio]. Bogotá D.C., Colombia

Tabla 41.*Longitud, ancho y grosor: SG El Cristal*

El Cristal									
Unidad	M0			M1			M2		
	L	A	G	L	A	G	L	A	G
	(mm)								
	2,760	2,560	1,11	3,850	3,050	1,95	3,820	2,810	2,15
	3,24	3,050	1,39	4,11	3,600	2,33	3,49	2,250	1,73
	3,34	2,730	1,87	3,28	2,950	1,88	2,89	2,230	1,82
	9,340	8,340	4,37	11,240	9,600	6,16	10,200	7,290	5,7
Promedio	4,670	4,170	2,185	5,620	4,800	3,08	5,100	3,645	2,85
Desviación	0,310	0,249	0,384	0,425	0,350	0,242	0,471	0,329	0,221

Nota. En la tabla se evidencian los valores obtenidos para las réplicas en el largo, ancho, grosor de las semillas de guayaba de la empresa El Cristal. Con base a los ensayos experimentales. Universidad de América [Laboratorio]. Bogotá D.C., Colombia

Tabla 42.*Densidad: SG Los Guayabos la Villa*

Empresa	Los Guayabos la Villa		
	M0	M1	M2
Peso probeta (g)	83,300	83,300	83,300
Peso probeta + semillas (g)	140,100	123,400	118,000
V probeta + semillas - sin mov (ml)	93,000	67,000	58,000
V probeta + semillas - con mov (ml)	88,000	63,000	50,000
Densidad Aireada (g/ml)	0,611	0,599	0,598
Densidad Empacada (g/ml)	0,645	0,637	0,694

Nota. En la tabla se evidencian los valores obtenidos para las réplicas en la densidad aireada y empacada de las semillas de guayaba de la empresa Los Guayabos la Villa. Con base a los ensayos experimentales. Universidad de América [Laboratorio]. Bogotá D.C., Colombia

Tabla 43.*Densidad: SG El Ruiz*

Empresa	El Ruiz		
	M0	M1	M2
Peso probeta (g)	83,300	83,300	83,300
Peso probeta + semillas (g)	138,300	128,300	117,500
V probeta + semillas - sin mov (ml)	81,000	72,000	54,000
V probeta + semillas- sin mov (ml)	77,000	65,000	48,000
Densidad Aireada (g/ml)	0,679	0,625	0,643
Densidad Empacada (g/ml)	0,714	0,692	0,723

Nota. En la tabla se evidencian los valores obtenidos para las réplicas en la densidad aireada y empacada de las semillas de guayaba de la empresa El Ruiz. Con base a los ensayos experimentales. Universidad de América [Laboratorio]. Bogotá D.C., Colombia

Tabla 44.*Densidad: SG El Cristal*

Empresa	El Cristal		
	M0	M1	M2
Peso probeta (g)	83,300	83,300	83,300
Peso probeta + semillas (g)	139,200	131,300	107,000
V probeta + semillas (sin mov)	91,000	82,000	43,000
V probeta + semillas (con mov)	88,000	76,000	39,000
Densidad Aireada (g/ml)	0,614	0,585	0,551
Densidad Empacada (g/ml)	0,635	0,632	0,608

Nota. En la tabla se evidencian los valores obtenidos para las réplicas en la densidad aireada y empacada de las semillas de guayaba de la empresa El Cristal. Con base a los ensayos experimentales. Universidad de América [Laboratorio]. Bogotá D.C., Colombia

Tabla 45.

Cenizas SG (%)

Cenizas de las semillas de guayaba (%)				
	Crisol vacío (g)	SGM (g)	Crisol con cenizas (g)	Cenizas (%)
G1	17,771	2,088	17,788	0,814
G2	19,018	2,003	19,033	0,749
G3	16,300	2,051	16,315	0,731
C1	17,927	2,064	17,941	0,678
C2	17,875	2,037	17,890	0,736
C3	22,060	2,077	22,077	0,818
R1	18,480	2,021	18,510	1,484
R2	18,413	2,002	18,442	1,449
R3	17,870	2,068	17,898	1,354

Nota. En la tabla se evidencian los valores obtenidos para las réplicas en determinación de cenizas de las semillas de guayaba de las empresas G (Guayabos la Villa); C (El Cristal) y R (El Ruiz). Con base a los ensayos experimentales. Universidad de América [Laboratorio]. Bogotá D.C., Colombia

Tabla 46.

Humedad Ligada: SG Los Guayabos la Villa – Primer Ensayo

	Hora	M0	Humedad Retirada	M1	Humedad Retirada	M2	Humedad Retirada
Peso crisol (g)		76,091		72,909		67,039	
Peso SG (g)		20,000		20,000		20,000	
P. crisol + SG (g)	2 h	94,865	0,061	91,707	0,060	85,806	0,062
P. crisol + SG (g)	2h	92,389	0,185	91,705	0,060	85,768	0,064
P. crisol + SG(g)	2h	94,540	0,078	91,404	0,075	85,690	0,067

Nota. En la tabla se evidencian los valores obtenidos para las réplicas en la determinación de la humedad ligada de las semillas de guayaba de la empresa Los Guayabos la Villa. Con base a los ensayos experimentales. Universidad de América [Laboratorio]. Bogotá D.C., Colombia

Tabla 47.*Humedad Ligada: SG Los Guayabos la Villa – Segundo Ensayo*

	Hora	M0	Humedad Retirada	M1	Humedad Retirada	M2	Humedad Retirada
Peso crisol (g)		65,672		78,830		58,206	
Peso SG (g)		10,04		10,088		10,07	
P. crisol + SG (g)	2 h	74,345	0,136	87,509	0,140	66,94	13,27%
P. crisol + SG (g)	2h	74,335	0,137	87,997	0,091	66,921	13,46%
P. crisol + SG(g)	2h	74,342	0,136	87,505	0,140	66,931	13,36%

Nota. En la tabla se evidencian los valores obtenidos para las réplicas en la determinación de la humedad ligada de las semillas de guayaba de la empresa Los Guayabos la Villa. Con base a los ensayos experimentales. Universidad de América [Laboratorio]. Bogotá D.C., Colombia

Tabla 48.*Humedad: SG El Ruiz– Primer Ensayo*

	Hora	M0	Humedad Retirada	M1	Humedad Retirada	M2	Humedad Retirada
Peso crisol (g)		77,342		86,882		82,011	
Peso SG (g)		20,007		20,010		20,007	
P. crisol + SG (g)	2 h	96,348	0,050	105,999	0,045	101,003	0,051
P. crisol + SG (g)	2h	92,507	0,242	102,636	0,213	97,162	0,243
P. crisol + SG(g)	2h	96,006	0,067	105,503	0,069	100,634	0,069

Nota. En la tabla se evidencian los valores obtenidos para las réplicas en la determinación de la humedad ligada de las semillas de guayaba de la empresa El Ruiz. Con base a los ensayos experimentales. Universidad de América [Laboratorio]. Bogotá D.C., Colombia

Tabla 49.*Humedad: SG El Ruiz– Segundo Ensayo*

	Hora	M0	Humedad Retirada	M1	Humedad Retirada	M2	Humedad Retirada
Peso crisol (g)		70,726		87,761		75,620	
Peso SG (g)		10,003		10,018		10,055	
P. crisol + SG (g)	2 h	79,883	0,085	96,867	0,091	84,819	0,085
P. crisol + SG (g)	2h	79,874	0,085	96,874	0,090	84,818	0,085
P. crisol + SG(g)	2h	79,891	0,084	96,867	0,091	84,82	0,085

Nota. En la tabla se evidencian los valores obtenidos para las réplicas en la determinación de la humedad ligada de las semillas de guayaba de la empresa El Ruiz. Con base a los ensayos experimentales. Universidad de América [Laboratorio]. Bogotá D.C., Colombia

Tabla 50.*Humedad SG El Cristal– Primer Ensayo*

	Hora	M0	Humedad Retirada	M1	Humedad Retirada	M2	Humedad Retirada
Peso crisol (g)		90,749		83,015		98,320	
Peso SG (g)		20,006		20,005		20,009	
P. crisol + SG (g)	2 h	109,78	0,049	102,146	0,044	117,39	0,047
P. crisol + SG (g)	2h	106,20	0,228	102,085	0,047	117,35	0,049
P. crisol + SG(g)	2h	109,434	0,066	101,698	0,066	116,96	0,069

Nota. En la tabla se evidencian los valores obtenidos para las réplicas en la determinación de la humedad ligada de las semillas de guayaba de la empresa El Cristal. Con base a los ensayos experimentales. Universidad de América [Laboratorio]. Bogotá D.C., Colombia

Tabla 51.

Humedad SG El Cristal– Segundo Ensayo

	Hora	M0	Humedad Retirada	M1	Humedad Retirada	M2	Humedad Retirada
Peso crisol (g)		94,01		80,237		54,615	
Peso SG (g)		10,091		10,088		10,041	
P. crisol + SG (g)	2 h	102,648	0,144	88,913	0,140	63,320	0,133
P. crisol + SG (g)	2h	102,638	0,145	88,912	0,140	63,312	0,134
P. crisol + SG(g)	2h	102,646	0,144	88,918	0,139	63,318	0,133

Nota. En la tabla se evidencian los valores obtenidos para las réplicas en la determinación de la humedad ligada de las semillas de guayaba de la empresa El Cristal. Con base a los ensayos experimentales. Universidad de América [Laboratorio]. Bogotá D.C., Colombia

ANEXO 2. ECUACIONES

Ecuación 1. Determinación de la densidad aireada

$$\rho_{air} = \frac{P_s - P_v}{V_{ps}}$$

Donde

Pv = peso de la probeta vacía

Ps = peso de la probeta llena

Vps = volumen registrado en la probeta

Ecuación 2. Determinación de la densidad empacada

$$\rho_{air} = \frac{P_s - P_v}{V_{psa}}$$

Donde

Pv = peso de la probeta vacía

Ps = peso de la probeta llena

Vpsa = volumen registrado en la probeta después de la agitación

Ecuación 3. Determinación de cenizas

$$\%Cenizas = \frac{P_2 - P_0}{P_1 - P_0}$$

Donde

P0 = peso del crisol vacío

P1 = peso del crisol con la muestra

P2 = peso del crisol con las cenizas

Ecuación 4. Determinación del Rendimiento del ESG

$$\text{Rendimiento} = \frac{PF - PI}{M} * 100$$

Donde

PF = Peso final de la caja Petri + ESG

PI = Peso inicial de la caja vacía

M = Peso de la SG

Ecuación 5. Determinación del Índice de yodo

$$IY = \frac{12,69 * C * (V1 - V2)}{M}$$

Donde

C = Concentración de la solución de tiosulfato de sodio (mol/L)

V1 = Volumen en ml de la solución de tiosulfato de sodio empleado en el blanco

V2 = Volumen en ml de la solución de tiosulfato de sodio empleado en la muestra

M = masa del ESG (g)

Ecuación 6. Determinación del Índice de peróxidos

$$IP = \frac{(V-V0)*C*1000}{M}$$

Donde

V = Volumen en ml de la solución de tiosulfato de sodio empleado en la muestra

V0 = Volumen en ml de la solución de tiosulfato de sodio empleado en el blanco

C = Concentración de la solución de tiosulfato de sodio (mol/L)

M = masa del ESG (g)

Ecuación 7. Determinación del índice de saponificación

$$IS = \frac{(V_0 - V_1) * C * 56,1}{M}$$

Donde

V1 = Volumen en ml de la solución de ácido clorhídrico empleado en la muestra

V0 = Volumen en ml de la solución de ácido clorhídrico empleado en el blanco

C = Concentración de la solución de ácido clorhídrico (mol/L)

M = masa del ESG (g)

Ecuación 8. Determinación del grado de acidez

$$A = \frac{V * C * M * 100}{1000 * m}$$

Donde

V = Volumen en ml de la solución de hidróxido de potasio empleado en la muestra

m = masa del ESG (g)

C = Concentración de la solución de hidróxido de sodio (mol/L)

M = masa molar (g/mol) del ácido clorhídrico

Ecuación 9. Determinación del índice de acidez

$$A = \frac{56,1 * V * C}{m}$$

Donde

V = Volumen en ml de la solución de hidróxido de potasio empleado en la muestra

m = masa del ESG (g)

C = Concentración de la solución de hidróxido de sodio (mol/L)

Ecuación 10. Determinación de densidad

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Donde

V = Volumen del picnómetro (ml)

m = masa del ESG (g)

ANEXO 3.

OBTENCIÓN DEL EXTRACTO

A continuación, se evidencian las tablas de selección con información detallada acerca del molino usado en el proceso, así como los solventes analizados.

Tabla 52.

Selección de Molinos

	Tipo de molino	Procesador alimentos	Molino de discos	Molino de bolas
	Granos y semillas duras		X	
Tipo de material a moler	Granos y semillas medias	X		
	Vegetales secos/húmedos	X		X
	Hojas secas			
	Especies			
Tipo de partícula resultante			X	X
	Gruesos	X	X	
	Intermedios	X	X	
Tamaño de partícula a moler	Finos/ultra finos			X
	Grandes	X	X	
	Intermedios		X	
	Pequeños			

Nota. En la tabla se evidencian la matriz de selección de molino para la molienda de las SG luego de la revisión bibliográfica y Con base a los ensayos experimentales. Universidad de América [Laboratorio]. Bogotá D.C., Colombia

Tabla 53.

Información adicional de los solventes analizados

Sustancia	Formula Química	Características	P. eb.	Riesgos Físicos	Riesgos de la Salud	Riesgo Ambiental
Etanol	C ₂ H ₆ O	Denominado alcohol etílico, es un compuesto químico orgánico alifático que en condiciones normales de presión y temperatura se presenta como un líquido incoloro, con un olor etéreo muy penetrante.	78 °C	El vapor tiene una alta capacidad de mezclarse con el aire, lo que resulta en la formación fácil de mezclas explosivas.	Produce en la piel sequedad y agrietamiento, afecta al tracto respiratorio superior y al sistema nervioso central. Esto puede dar lugar a irritación, dolor de cabeza, fatiga y falta de concentración.	Los efectos de esta sustancia sobre el medio ambiente han sido investigados adecuadamente, pero no se ha encontrado ninguno significativo.
Acetona	C ₃ H ₆ O	Es un líquido incoloro con un distintivo olor y sabor, se evapora fácilmente en el aire es inflamable y se disuelve en el agua .	56 °C	El vapor es más denso que el aire y puede extenderse a ras del suelo; posible ignición en punto distante. Líquido y vapores muy inflamables. H225.	H301 + H311 + H331. Tóxico en caso de ingestión, contacto con la piel o inhalación. H370 Provoca daños en los órganos: Ojos, Sistema nervioso central.	No debe liberarse en el medio ambiente, Probablemente será móvil en el medio ambiente debido a su volatilidad
Butanol	C ₄ H ₁₀ O	Es un líquido claro, con olor punzante, no residual, soluble en etanol, metanol y otros solventes orgánicos.	117.7 °C	Riesgo de explosión del polvo. En caso de calentamiento pueden producirse mezclas explosivas con el aire	H319 Provoca irritación ocular grave. H335 Puede irritar las vías respiratorias. H336 Puede provocar somnolencia o vértigo	No posee una clasificación en las indicaciones de peligro. Sin embargo produce toxicidad al desechar los residuos al desagüe
Ácido Acético	C ₂ H ₄ O ₂	El ácido acético es un compuesto químico orgánico, líquido incoloro con un olor característico (vinagre), también llamado ácido metilcarboxílico o ácido etanoico.	118°C	H226 Líquidos y vapores inflamables. H314 Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves	Por evaporación de esta sustancia a 20°C se puede alcanzar bastante rápidamente una concentración nociva en el aire.	La sustancia es nociva para los organismos acuáticos. No dejar que el producto entre en el sistema de alcantarillado. Riesgo de explosion
Eter etílico	(C ₂ H ₅) ₂ O	es un éter líquido, incoloro, muy inflamable, con un bajo punto de ebullición, de sabor acre y ardiente. Es menos denso que el agua, sin embargo su vapor es más denso que el aire.	34,6 °C	Presenta una advertencia de peligro con la indicación H224: "Líquido y vapores altamente inflamables	Con un H302 de categoría 4 en caso de ingestión y un peligro de H336 de categoría 3 de Toxicidad específica en determinados órganos y puede provocar somnolencia o vértigo.	No posee una clasificación en las indicaciones de peligro. Sin embargo produce toxicidad al desechar los residuos al desagüe

Hexano	C ₆ H ₁₄	sustancia química elaborada a partir del petróleo crudo. El n-hexano puro es un líquido incoloro con un olor ligeramente desagradable. Se evapora fácilmente en el aire y se disuelve muy poco en el agua.	69 °C	Posee una indicación de Peligro H225 – Líquidos inflamables, categoría 2. Líquido y vapores muy inflamables.	Posee un peligro H304 Toxicidad por aspiración- H315 Corrosión o irritación cutáneas - H361 Toxicidad para la reproducción- H336 Toxicidad específica y H373 Toxicidad a exposición repetida)	Posee una indicación de Peligro H411 Peligroso para el medio ambiente acuático. Peligro crónico categoría 2. Tóxico para los organismos acuáticos; con efectos nocivos duraderos.
Eter de Petróleo	---	También conocido como bencina, nafta VM & P, nafta de petróleo, nafta ASTM o ligroína, es una mezcla líquida de diversos compuestos volátiles, muy inflamables, (hidrocarburos saturados o alcanos)	40 - 60°C	Posee una indicación de Peligro H225 – Líquidos inflamables, categoría 2. Líquido y vapores muy inflamables.	Posee una indicación de Peligro H304 Toxicidad por aspiración- H315 Corrosión o irritación cutáneas- H336 Toxicidad específica del órgano blanco - (única exposición)	Posee una indicación de Peligro H411 Peligroso para el medio ambiente acuático, con efectos nocivos duraderos.
Acetato de Etilo	C ₄ H ₈ O ₂	Líquido incoloro, característico de los ésteres, no residual. Es miscible con hidrocarburos, cetonas, alcoholes y éteres y poco soluble en agua. Disolvente universal en arte.	77 °C	Posee una indicación de Peligro H225 – Líquidos inflamables, categoría 2. Líquido y vapores muy inflamables.	Posee una indicación de Peligro H319 Lesiones o irritación ocular graves - H336 Toxicidad específica del órgano blanco - (única exposición)	No posee una clasificación en las indicaciones de peligro. Sin embargo produce toxicidad al desechar los residuos al desagüe

Nota. En la tabla se evidencian la información recolectada para el análisis y selección del solvente con que se trabajaría durante toda la investigación. Tomado de Fichas técnicas. Termo Fisher.

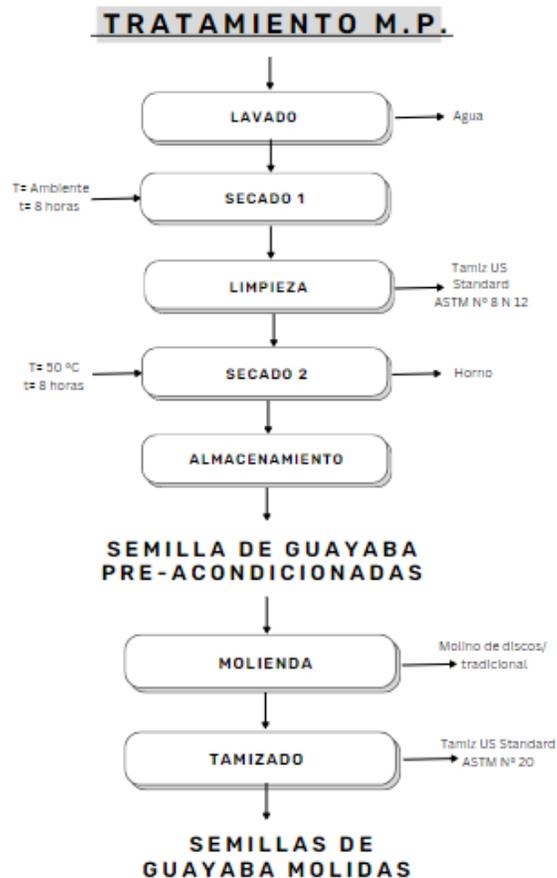
ANEXO 4.

CONDICIONES DE OPERACIÓN

A continuación, se evidencian cada uno de los diagramas de procedimiento seguidos para el tratamiento de la MP y la obtención del extracto de semilla de guayaba, cada uno con los equipos requeridos y condiciones de operación establecidas.

Figura 50.

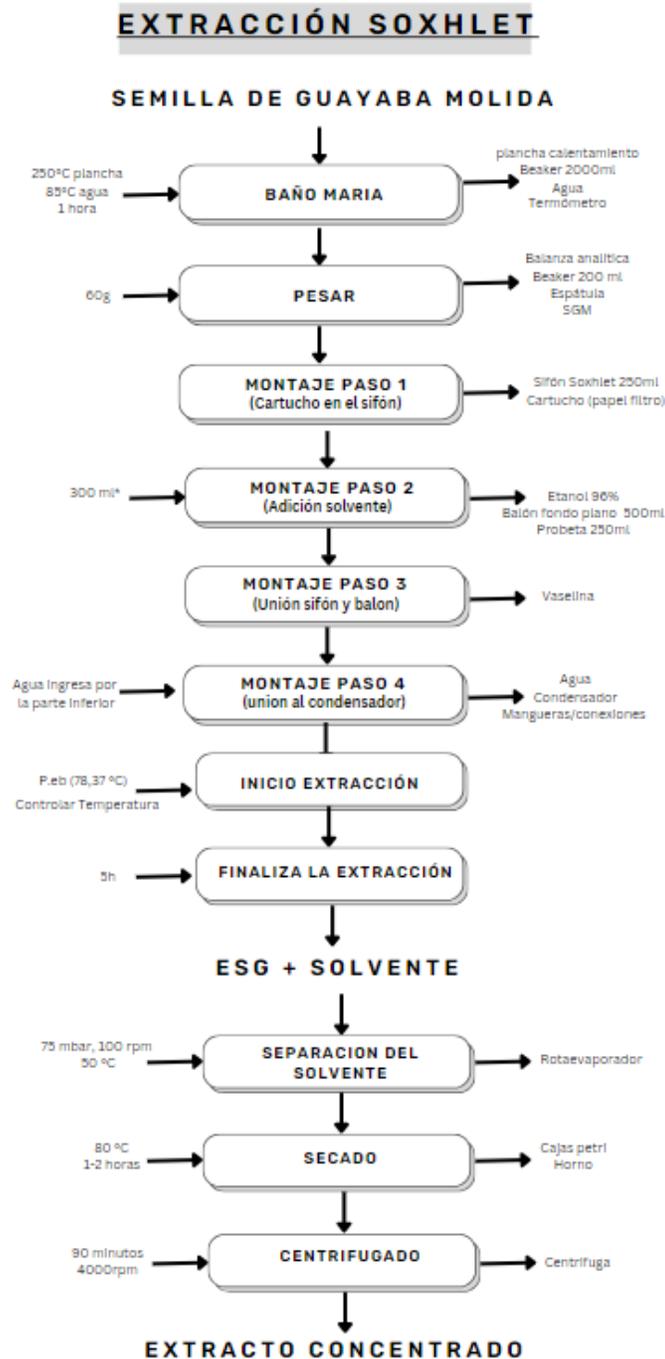
Procedimiento del tratamiento de la Materia Prima



Nota. En la figura se evidencia el procedimiento llevado a cabo para el tratamiento de la materia prima (Semillas de guayaba). Con base a los ensayos experimentales. Universidad de América [Laboratorio]. Bogotá D.C., Colombia

Figura 51.

Procedimiento del Extracto de la semilla de guayaba



Nota. En la figura se evidencia el procedimiento llevado a cabo para la obtención del extracto de semillas de guayaba. Con base a los ensayos experimentales. Universidad de América [Laboratorio]. Bogotá D.C., Colombia

ANEXO 5.

CARACTERIZACIÓN DEL ESG

A continuación, se evidencian los resultados cuantitativos obtenidos mediante cada una de las réplicas realizadas para las pruebas de caracterización del extracto de semilla de guayaba (*Psidium guajava* L.) obtenido. Mediante ensayos de laboratorio ejecutados en la Universidad de América.

Tabla 54.

Índice de refracción (nD)

Índice de refracción (nD)			
	T °C	M0	M1
	18,4	1,4764	1,4733
	18,6	1,4767	1,4779
	18,6	1,4762	1,4709
Promedio	18,533	1,476	1,474
Desviación	0,115	0,000	0,004

Nota. En la tabla se evidencian los valores obtenidos para las réplicas en las pruebas de caracterización del extracto de semilla de guayaba obtenido a las condiciones de operación establecidas. Con base a los ensayos experimentales. Universidad de América [Laboratorio]. Bogotá D.C., Colombia

Tabla 55.

Grados Brix (°Brix)

Grados Brix (°Brix)			
	T °C	M0	M1
	18,4	74,3	74,1
	18,6	73,4	73,5
	18,6	74,7	74,4
Promedio	18,533	74,133	74,000
Desviación	0,115	0,666	0,458

Nota. En la tabla se evidencian los valores obtenidos para las réplicas en las pruebas de caracterización del extracto de semilla de guayaba obtenido a las condiciones de operación establecidas. Con base a los ensayos experimentales. Universidad de América [Laboratorio]. Bogotá D.C., Colombia

Tabla 56.

pH (digital)

pH (digital)		
	T °C	MO
	18	3,01
	18	3,06
	18	3,02
Promedio	18,000	3,030
Desviación estándar	0,000	0,026

Nota. En la tabla se evidencian los valores obtenidos para las réplicas en las pruebas de caracterización del extracto de semilla de guayaba obtenido a las condiciones de operación establecidas. Con base a los ensayos experimentales. Universidad de América [Laboratorio]. Bogotá D.C., Colombia

Tabla 57.

Preparación de patrones de glucosa

Número de la muestra	Agua destilada μL	SIn Glucosa (2 g/L) μL	Concentración (g/L)
B	1000	0	0,00
1	800	200	0,40
2	600	400	0,80
3	400	600	1,20
4	200	800	1,60

Nota. En la tabla se evidencian los valores obtenidos para las réplicas en las pruebas de caracterización del extracto de semilla de guayaba obtenido a las condiciones de operación establecidas. Con base a los ensayos experimentales. Universidad de América [Laboratorio]. Bogotá D.C., Colombia

Tabla 58.

Valores de la curva de calibración – Determinación azúcares (2 réplicas)

Muestra	Concentración (g/L)	Absorbancia
blanco	0	0,000 ± 0,00
1	0,4	0,928 ± 0,00
2	0,8	1,934 ± 0,01
3	1,2	2,660 ± 0,03
4	1,6	3,000 ± 0,00

Nota. En la tabla se evidencian los valores obtenidos para las réplicas en las pruebas de caracterización del extracto de semilla de guayaba obtenido a las condiciones de operación establecidas. Con base a los ensayos experimentales. Universidad de América [Laboratorio]. Bogotá D.C., Colombia

Tabla 59.

Valores de la curva de calibración (3 réplicas) - Determinación Fenoles

Muestra	Concentración (g/L)	ABS 1	ABS 2	ABS 3	ABS T
blanco	0	0	0	0	0,000 ± 0,00
1	1,0	0,674	0,674	0,674	0,674 ± 0,00
2	1,5	1,040	1,040	1,040	1,040 ± 0,07
3	2	1,415	1,415	1,299	1,376 ± 0,005
4	2,5	2,342	2,333	2,333	2,336 ± 0,00

Nota. En la tabla se evidencian los valores obtenidos para las réplicas en las pruebas de caracterización del extracto de semilla de guayaba obtenido a las condiciones de operación establecidas. Con base a los ensayos experimentales. Universidad de América [Laboratorio]. Bogotá D.C., Colombia

ANEXO 6.

RESULTADOS LABORATORIO EXTERNO

A continuación, se evidencian los reportes emitidos por el laboratorio LEPTON S.A. en la cual se realizó el análisis cromatográfico y el análisis microbiológico.

Figura 52.

Resultados análisis cromatográfico

REPORTE DE ANÁLISIS 19889-V0



Código de Muestra: 050423-001

1. Información general
Fecha de reporte: 2023-05-18
Lugar de realización del análisis: LEPTON S.A.S Calle 71 No. 72-43 Bogotá - Colombia

2. Información del cliente
Cliente: LORENA ROMERO
Nombre y Apellido del contacto: Lorena Romero
Cargo: N.E.
Dirección: N.E.
Correo electrónico: francy.romero@estudiantes.uamerica.edu.co

3. Información de la muestra
Descripción de la muestra: EXTRACTO DE SEMILLA DE GUAYABA
Lote: 20230503
Fecha de recepción: 2023-05-04
Fecha(s) de análisis: 2023-05-11

Determinación analítica	Método	Técnica Analítica	Unidad	Límite de cuantificación	Resultado
Perfil lipídico					
Determinación de grasa saturada			g/100g	0,1	16,27
Determinación de ácidos grasos: monoinsaturados	Método Interno-LAB-ME-042 V.00 F.E.2014/06/27	Cromatografía de gases con detector FID	g/100g	0,04	6,97
Determinación de ácidos grasos: poliinsaturados			g/100g	0,03	76,76
Determinación de grasa trans			mg/100g	10	N.D.

A: Acreditado N.A.: No Aplica N.D.: No Detectado N.E.: No Especifica B.S.: Base Seca S: Subcontratado no acreditado

OBSERVACIONES:

- El logo de ONAC solamente es válido para los ensayos identificados con la letra (A).
- La muestra analizada fue tomada y remitida por el cliente, la información de descripción de la muestra incluida en este reporte fue suministrada por el cliente, LEPTON S.A.S. no se hace responsable por la información recibida.
- Los resultados son válidos únicamente para la muestra analizada como se recibió y no para otro(s) materiales de la misma procedencia.
- Se prohíbe su reproducción parcial, sin la autorización formal de LEPTON S.A.S.
- LEPTON S.A.S. no se hace responsable de las modificaciones que se puedan hacer al presente documento. Para verificar su autenticidad comunicarse al correo servicios@leptonlab.com
- Se incluye Anexo 1


REVISADO Y APROBADO
I.Q. Iván F. Sánchez A.
Director Técnico M.P. 15396

*** FIN DEL REPORTE***

 Calle 71 # 72-43 Bogotá D.C.

 (60) 1-2528340 / 2528637

 www.leptonlab.com

Página 1 de 2

LEPTON S.A.S. - Análisis químico especializado - Soporte técnico a la industria

NIT 900.198.720-1

**REPORTE DE ANÁLISIS
19889-V0**

ANEXO 1 - REPORTE DE ANÁLISIS 19889-V0



TABLA DE RESULTADOS ESPECÍFICOS

Código de Muestra: 050423-001

Ácido Graso		Nombre Común	g/100g Alimento
Saturado	C4:0	Butírico	0,00
Saturado	C6:0	Caproico	0,00
Saturado	C8:0	Caprílico	0,00
Saturado	C10:0	Cáprico	0,00
Saturado	C11:0	Undecanoico	0,00
Saturado	C12:0	Láurico	0,00
Saturado	C13:0	Tridecanoico	0,00
Saturado	C14:0	Mirístico	0,00
Monoinsaturado	C14:1	Miristoleico	0,00
Saturado	C15:0	Pentadecanoico	0,00
Monoinsaturado	C15:1	cis-10-Pentadecenoico	0,00
Saturado	C16:0	Palmitico	8,23
Monoinsaturado	C16:1 cis	Palmitoleico	0,00
Saturado	C17:0	Heptadecanoico	0,00
Monoinsaturado	C17:1 cis	cis-10-Heptadecenoico	0,00
Saturado	C18:0	Estearico	3,45
Monoinsaturado	C18:1 cis-9 Ω9	Oleico	6,97
Monoinsaturado	C18:1 trans 9	Elaidico	0,00
Poliinsaturado	C18:2 cis-9,12 Ω6	Linoleico	76,76
Poliinsaturado	C18:2 trans-9,12	Linolelaídico	0,00
Poliinsaturado	C18:3 cis-6,9,12 Ω6	Gamma Linolénico	0,00
Poliinsaturado	C18:3 cis-9,12,15 Ω3	Alpha Linolénico	0,00
Saturado	C20:0	Araquídico	4,60
Monoinsaturado	C20:1 cis-11 Ω9	Eicosenoico	0,00
Poliinsaturado	C20:2 cis-11,14	Eicosadienoico	0,00
Poliinsaturado	C20:3 cis-8-11-14 Ω6	Eicosatrienoico	0,00
Saturado	C21:0	Heneicosanoico	0,00
Poliinsaturado	C20:3 cis-11-14-17 Ω3	Eicosatrienoico	0,00
Poliinsaturado	C20:4 Ω6	Araquidónico	0,00
Poliinsaturado	C20:5 EPA Ω3	Eicosapentanoico	0,00
Saturado	C22:0	Behénico	0,00
Monoinsaturado	C22:1 Ω9	Erucático	0,00
Poliinsaturado	C22:2	Docosadienoico	0,00
Saturado	C23:0	Tricosanoico	0,00
Saturado	C24:0	Lignocérico	0,00
Poliinsaturado	C22:6 DHA Ω3	Docosahexanoico	0,00
Monoinsaturado	C24:1 cis-15 Ω9	Nervónico	0,00

FIN DEL ANEXO

Nota. En la figura se evidencia el reporte arrojado por los Laboratorio LEPTON en cuanto al análisis cromatográfico del ESG.

Figura 53.

Resultados análisis microbiológico

REPORTE DE ANÁLISIS 19889-V0



Código de Muestra: 050923-010

1. Información general
Fecha de reporte: 2023-05-19
Lugar de realización del análisis: LEPTON S.A.S Calle 71 No. 72-43 Bogotá - Colombia

2. Información del cliente
Cliente: LORENA ROMERO
Nombre y Apellido del contacto: Lorena Romero
Cargo: N.E.
Dirección: Calle 49sur # 89B-30 Bogotá D.C.
Correo electrónico: valentina.camelo@estudiantes.uamerica.edu.co - valentinacamel0135@gmail.com

3. Información de la muestra
Descripción de la muestra: EXTRACTO DE SEMILLA DE GUAYABA
Lote: 20230503
Fecha de recepción: 2023-05-04
Fecha(s) de análisis: 2023-05-09 a 2023-05-15

Determinación analítica	Método	Técnica Analítica	Unidad	Límite de cuantificación	Resultado
(S) Recuento de E. Coli	ISO 16649-2:2001.	Método Externo	UFC/ g o mL	-	< 10
(S) Recuento de Mohos (M) y Levaduras (L)	ISO 21527-2:2008.	Método Externo	UFC/g o mL	-	< 10
(S) Recuento de Coliformes Totales	ISO 4832:2006	Método Externo	UFC/ g o mL	-	< 10

A: Acreditado N.A.: No Aplica N.D.: No Detectado N.E.: No Especifica B.S.: Base Seca S: Subcontratado no acreditado

OBSERVACIONES:

- El logo de ONAC solamente es válido para los ensayos identificados con la letra (A).
- La muestra analizada fue tomada y remitida por el cliente, la información de descripción de la muestra incluida en este reporte fue suministrada por el cliente, LEPTON S.A.S. no se hace responsable por la información recibida.
- Los resultados son válidos únicamente para la muestra analizada como se recibió y no para otro(s) materiales de la misma procedencia.
- Se prohíbe su reproducción parcial, sin la autorización formal de LEPTON S.A.S.
- LEPTON S.A.S. no se hace responsable de las modificaciones que se puedan hacer al presente documento. Para verificar su autenticidad comunicarse al correo servicios@leptonlab.com


REVISADO Y APROBADO
I.Q. Iván F. Sánchez A.
Director Técnico M.P. 15396

*** FIN DEL REPORTE***

 Calle 71 # 72-43 Bogotá D.C. (60) 1-2528340 / 2528637 www.leptonlab.com

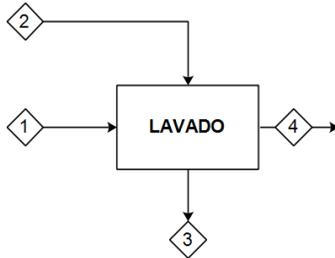
Página 1 de 1

LEPTON S.A.S. - Análisis químico especializado - Soporte técnico a la industria NIT 900.198.720-1

Nota. En la figura se evidencia el reporte arrojado por los Laboratorio LEPTON en cuanto al análisis microbiológico del ESG.

ANEXO 7.
BALANCE DE MATERIA

ETAPA DE LAVADO



Teniendo en cuenta un ingreso de $7,5_{kg}$ de materia prima (semillas de guayaba) y un ingreso de $3,5L$ de agua.

$$m_{H2O} = \rho_{H2O} * \forall_{H2O}$$

$$m_{H2O} = 997 \frac{kg}{m^3} * 0,0035 m^3$$

$$m_{H2O} = 3,4895_{kg}$$

$$m_2 = 3489,5_g$$

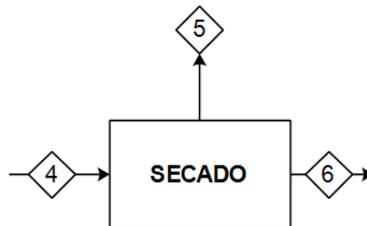
$$m_1 + m_2 = m_3 + m_4$$

$$m_3 = m_1 + m_2 - m_4$$

$$m_3 = 7500_g + 3489,5_g - 7000_g$$

$$m_3 = 3989,5_g$$

ETAPA DE SECADO



Teniendo en cuenta un ingreso de SG con humedad al 100% y en el secado una salida de semilla con 49,717% de humedad retirada.

$$m_6 = m_4(H_6)$$

$$m_6 = 7000_g(50,283\%)$$

$$m_6 = 3519,81_g$$

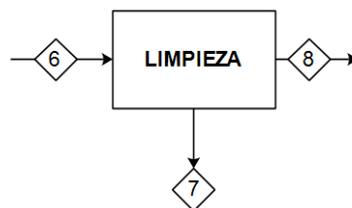
$$m_4 = m_5 + m_6$$

$$m_5 = m_4 - m_6$$

$$m_5 = 7000_g - 3519,81_g$$

$$m_5 = 3480,19_g$$

ETAPA DE LIMPIEZA



Sabiendo que se remueven 3,5% de objetos extraños

$$m_7 = m_6(OBE_7)$$

$$m_7 = 3519,81_g(3,5\%)$$

$$m_7 = 123,193_g$$

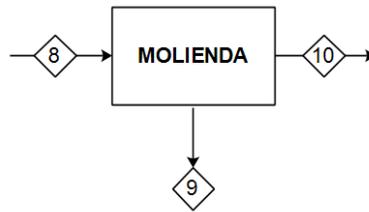
$$m_6 = m_7 + m_8$$

$$m_8 = m_6 - m_7$$

$$m_8 = 3519,81_g - 123,193_g$$

$$m_8 = 3396,617_g$$

ETAPA DE MOLIENDA



Para este calcula se tuvo en cuenta un 3% de merma como perdidas en el proceso.

$$m_{10} = m_8 - m_{19}$$

$$m_{10} = m_8 - m_8(\%merma)$$

$$m_{10} = 3396,617_g - 3396,617_g(3\%)$$

$$m_{10} = 3294,719_g$$

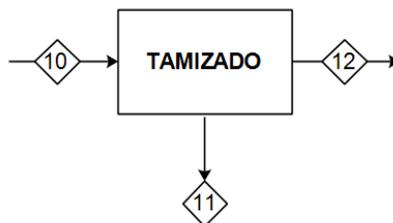
$$m_8 = m_9 + m_{10}$$

$$m_9 = m_8 - m_{10}$$

$$m_9 = 3396,617_g - 3294,719_g$$

$$m_9 = 101,898_g$$

ETAPA DE TAMIZADO



En esta operación se consideró un 20% que recircula nuevamente al proceso de molienda y que no cumple con un tamaño de partícula de 0,85mm

$$m_{11} = m_{10}(R_{11})$$

$$m_{11} = 3294,719_g(20\%)$$

$$m_{11} = 658,944_g$$

$$m_{10} = m_{11} + m_{12}$$

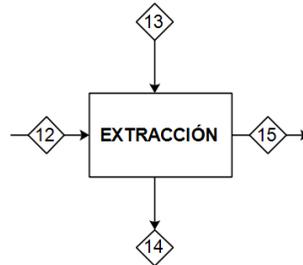
$$m_{12} = m_{10} + m_{11}$$

$$m_{12} = 3294,719_g + 658,944_g$$

$$m_{12} = 2635,775_g$$

ETAPA DE EXTRACCIÓN

Teniendo en cuenta un volumen de 13,178L de etanol y un rendimiento aproximado de 3%.



$$m_{12} + m_{13} = m_{14} + m_{15}$$

$$m_{14} = m_{12} + m_{13} - m_{15}$$

$$m_{14} = 2635,775_g + 10503,563_g - 8873,806_g$$

$$m_{14} = 4265,532_g$$

CÁLCULOS COMPLEMENTARIOS

- Masa de ESG con un rendimiento del 3%

$$\text{Rendimiento} = \frac{m_{ESG}}{m_{SG}}$$

$$m_{ESG} = 79,073_g$$

- Solvente Total en mezcla

$$ST_{mezcla} = 8873,806_g - 79,073_g$$

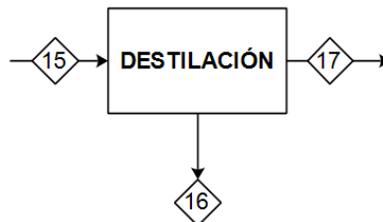
$$ST_{mezcla} = 8794,733_g$$

- Solvente total perdido (refinado y proceso)

$$ST_{perdido} = 10503,565_g - 8794,733_g$$

$$ST_{perdido} = 1708,83_g$$

ETAPA DE DESTILACIÓN



Teniendo en cuenta que de la extracción se obtienen 8873,806 g de mezcla (ESG + Solvente) y un extracto concentrado de 86,491g

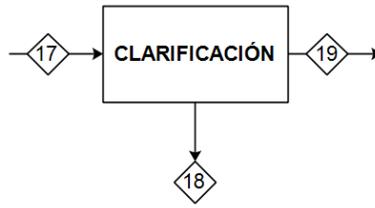
$$m_{15} = m_{16} + m_{17}$$

$$m_{16} = m_{15} - m_{17}$$

$$m_{16} = 8873,806_g - 86,491_g$$

$$m_{16} = 8787,315_g \text{ (solvente recuperado)}$$

ETAPA DE CLARIFICACIÓN



Durante esta etapa se tuvo en cuenta un 5% de remoción de impurezas aun contenidas en el ESG concentrado.

$$m_{18} = m_{17}(RC_{18})$$

$$m_{18} = 86,491_g(5\%)$$

$$m_{19} = 4,325_g$$

$$m_{17} = m_{18} + m_{19}$$

$$m_{19} = m_{17} + m_{18}$$

$$m_{19} = 86,491_g - 4,325_g$$

$$m_{19} = 82,166_g$$

- **Comprobación**

$$\text{Rendimiento} = \frac{m_{ESG}}{m_{SG}}$$

$$m_{ESG} = 3,1\%$$

ANEXO 8.
FICHAS TÉCNICAS

Figura 54.

Semillas de Guayaba

FICHA TÉCNICA MATERIAS PRIMAS	
NOMBRE	SEMILLAS DE GUAYABA (<i>Psidium guajava</i> L.)
PROVENIENTE DE	Guayaba (<i>Psidium guajava</i> L.) común y pera
IMAGEN	DESCRIPCIÓN
	<p>Semillas obtenidas como subproductos del despulpado de la guayaba en la industria de producción de bocadillo principalmente ubicadas en Bogotá D.C., Boyacá y Santander.</p> <p>También conocida como pepa de guayaba, tiene un peso promedio de 5,131 g y se asemeja a una forma ovoide. Posee diversos componentes bioactivos, antioxidantes y oleosos (lípidos).</p>

Nota. En la figura se evidencia la ficha técnica de las MP usadas para la obtención del extracto de ESG.

Figura 55.

Etanol

FICHA TÉCNICA MATERIAS PRIMAS	
NOMBRE	Alcohol Etílico al 96% (Etanol)
CAS	64-17-5
IMAGEN	DESCRIPCIÓN
	<p>Líquido transparente e inflamable (categoría 2), usado como disolvente a nivel laboratorio y con grandes aplicaciones a nivel industrial. Con punto de ebullición del 78,5 °C. Posee peligro H225- líquido y vapores muy inflamables; H319 (provoca irritación ocular). No contiene componentes bioacumulativos ni tóxicos persistentes.</p>

Figura 56.

Extracto de semillas de guayaba

FICHA TÉCNICA PRODUCTO DE INTERÉS	
NOMBRE	EXTRACTO DE SEMILLAS DE GUAYABA (ESG)
PROVENIENTE DE	Semillas de Guayaba (<i>Psidium guajava</i> L.)
IMAGEN	DESCRIPCION
	Extracto de semilla de guayaba (crudo) extraído a partir de las semillas recolectadas como subproductos de la industria de bocadillo. Se establece como un extracto oleoso mayormente insaturado y líquido a temperatura ambiente, con alto componente antioxidante. Olor frutal característico a guayaba y color amarillo oscuro.

Nota. En la figura se evidencia la ficha técnica de las MP usadas para la obtención del extracto de ESG.

ANEXO 9.

CÁLCULOS CONSUMO ENERGÉTICO

Consumo energético para el proceso de lavado

El consumo energético del tanque de lavado teniendo en cuenta que se da en un tiempo de 1 hora con una potencia de $11 \frac{kJ}{s}$

$$11 \frac{kJ}{s} * \frac{3600_s}{1_h} * 1_h = 39.600kJ$$

Consumo energético para el proceso de Secado

El consumo energético del Horno de bandejas rotatorio teniendo en cuenta que se da en un tiempo de 10 horas con una potencia de $38 \frac{kJ}{s}$

$$38 \frac{kJ}{s} * \frac{3600_s}{1_h} * 10_h = 1.368.000kJ$$

Consumo energético para el proceso de Limpieza

El consumo energético del tamiz vibrante universal teniendo en cuenta que se da en un tiempo de 1 hora con una potencia de $2,2 \frac{kJ}{s}$

$$2,2 \frac{kJ}{s} * \frac{3600_s}{1_h} * 1_h = 7.920kJ$$

Consumo energético para el proceso de Molienda

El consumo energético del molino de discos teniendo en cuenta que se da en un tiempo de 3 horas con una potencia de $3,72 \frac{kJ}{s}$

$$3,72 \frac{kJ}{s} * \frac{3600_s}{1_h} * 3_h = 40.176kJ$$

Consumo energético para el proceso de Tamizado

El consumo energético del tamiz vibratorio teniendo en cuenta que se da en un tiempo de 1 hora con una potencia de $0,5 \frac{kJ}{s}$

$$0,5 \frac{kJ}{s} * \frac{3600_s}{1_h} * 1_h = 1.800 kJ$$

Consumo energético para el proceso de Extracción

El consumo energético Extractor Soxhlet teniendo en cuenta que se da en un tiempo de 5 horas con una potencia de $500 \frac{kJ}{s}$

$$500 \frac{kJ}{s} * \frac{3600_s}{1_h} * 5_h = 9.000.000 kJ$$

Consumo energético para el proceso de Clarificación

El consumo energético del decantador centrifuga de dos discos teniendo en cuenta que se da en un tiempo de 2 horas con una potencia de $18,5 \frac{kJ}{s}$

$$18,5 \frac{kJ}{s} * \frac{3600_s}{1_h} * 2_h = 133.200 kJ$$

ANEXO 10.

RECOMENDACIONES

Realizar el lavado y secado inmediato de las semillas de guayaba luego de su recolección, puesto que por su estado húmedo pueden generar olores no deseados y proliferación de microorganismos incluyendo una posible fermentación.

Es conveniente llevar a cabo el análisis de humedad en un lugar (laboratorio) con las condiciones adecuadas, que permita llegar a peso constante y no exista tanta variación al momento de la toma de datos.

Es importante tener presente las condiciones a las que el extracto presenta sensibilidad e inestabilidad, específicamente tener un control de la temperatura.

Es necesario evaluar otros métodos de extracción como prensado en frío y arrastre con vapor, con el propósito de evaluar si el rendimiento aumenta y a su vez si dicho extracto puede ser aplicable directamente en la industria de alimentos de pasar por procesos de refinación.

Se considera interesante caracterizar más a fondo el extracto para conocer que otros componentes contiene el ESG que puedan ser considerados importantes dentro de la industria de alimentos.

Se recomienda realizar una investigación complementaria dando continuidad a la fase de refinación del ESG, para obtener información completa y detallada de las características finales del producto evaluando sus fines alimenticios y/o cosméticos.