

**EVALUACIÓN DE LA EXTRACCIÓN DE FLAVONOIDES A PARTIR DE LA
CÁSCARA DE NARANJA**

CLAUDIA JIMENA RAMÍREZ DELGADILLO

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA

BOGOTÁ D.C

2020

**EVALUACIÓN DE LA EXTRACCIÓN DE FLAVONOIDES A PARTIR DE LA
CÁSCARA DE NARANJA**

CLAUDIA JIMENA RAMÍREZ DELGADILLO

**Proyecto Integral de Grado para optar al título de
INGENIERA QUÍMICA**

Director

M. Sc. Jaime Eduardo Arturo Calvache

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

2020

Nota de aceptación:

Bogotá D.C. Octubre 2020

DIRECTIVAS 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. María Claudia Aponte González

Vicerrector Administrativo y Financiero

Dr. Ricardo Alfonso Peñaranda Castro

Secretaria General

Dra. Alexandra Mejía Guzmán

Decano Facultad de Ingenierías

Ing. Julio Cesar Fuentes Arismendi

Director Programa de Ingeniería Química

Ing. Iván Ramírez Marín

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

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a mis padres, hermanos y abuelos quienes estuvieron presentes en toda mi carrera.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer, en primer lugar, a mis padres por apoyarme a lo largo de este recorrido, por creer en mí desde el primer día que elegí esta carrera y ser mi fuerza impulsora en todo momento; a mis hermanos por acompañarme en cada paso de esta etapa y llenar mi día a día, a mis abuelos por siempre demostrarme su amor y apoyo incondicional, especialmente a mi abuelito Mario, que, desde el cielo, me acompaña en la culminación de esta etapa. A Santiago (mi flaco) por ser un apoyo enorme y permanecer a mi lado ante cualquier circunstancia. Por aconsejarme y brindarme la paciencia que yo no tengo.

A mi director de trabajo de grado Jaime Eduardo Arturo Calvache por apoyarme y guiarme en este proceso. Al docente Dany José Cárdenas por brindarme su ayuda desde el primer día de este proyecto e igual manera agradecer a la docente Diana Madelen Galindres por aconsejarme desde sus conocimientos en el área de química. A mis amigos y compañeros de carrera, que aportaron felicidad a esta etapa y que me apoyaron en todo momento. Finalmente, quiero agradecer especialmente a Érika Fajardo por extenderme su mano y por aportar en la realización de este trabajo.

CONTENIDO

	pág.
RESUMEN	19
INTRODUCCIÓN	20
OBJETIVOS	21
1. MARCO REFERENCIAL	22
1.1 MATERIA PRIMA	22
1.1.1 Clasificación taxonómica de la naranja	24
1.1.1.1 Naranja Dulce	24
1.2 FISONOMÍA Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA NARANJA	25
1.2.1 Maduración de la naranja	26
1.2.2 Parámetros de calidad de las naranjas	27
1.2.3 Valor nutricional	29
1.3 CARACTERÍSTICAS FISCOQUÍMICAS DE LA NARANJA	29
1.4 RECUPERACIÓN Y APLICACIÓN DE INGREDIENTES BIOACTIVOS DE LA NARANJA	30
1.5 COMPUESTOS BIOACTIVOS	31
1.5.1 Compuestos fenólicos	31
1.5.1.1 Flavonoides.	32
1.5.1.2 Métodos de cuantificación de polifenoles totales. Existen	35
1.6 ANTIOXIDANTES	37
1.6.1 Antioxidantes no enzimáticos	37
1.6.2 Antioxidantes enzimáticos	37
1.7 RADICALES LIBRES	37
2. SELECCIÓN DEL MÉTODO DE EXTRACCIÓN	39
2.1 EXTRACCIÓN	39
2.1.1 Técnicas de extracción de flavonoides	39
2.1.1.1 Extracción por maceración	40
2.1.1.2 Extracción por percolación	40
2.1.1.3 Extracción por Soxhlet	41
2.2 COMPARACIÓN Y SELECCIÓN DE LOS MÉTODOS	42
2.2.1 Factores evaluados para la selección del método de extracción	43
2.2.2 Factores para la selección del solvente	46
2.3 PREPARACIÓN DE LA MUESTRA PARA EL PROCESO DE EXTRACCIÓN	47
2.3.1 Lavado y corte	47
2.3.2 Secado	48
2.3.3 Molienda	48
2.3.4 Tamizado	48
2.4 EXTRACCIÓN DE LOS COMPUESTOS FENÓLICOS POR EL MÉTODO SOXHLET	49
2.4.1 Metodología	50
2.4.2 Antecedentes	51

2.5 EXTRACCIÓN DE LOS COMPUESTOS FENÓLICOS POR EL MÉTODO DE PERCOLACIÓN	56
2.5.1 Metodología	56
2.5.2 Antecedentes	58
2.6 DISCUSIÓN DE RESULTADOS	62
3. DISEÑO CONCEPTUAL DEL PROCESO	65
3.1 DIAGRAMA DE BLOQUES	65
3.1.1 Especificaciones del proceso	67
3.1.2 Balance de materia	68
3.1.2.1 Balance global	68
3.1.2.2 Balance de materia para el proceso de lavado	68
3.1.2.3 Balance de materia para el proceso de secado	70
3.1.2.4 Balance de materia para el proceso de molienda	71
3.1.2.5 Balance de materia para el proceso de tamizado	72
3.1.2.6 Balance de materia para el proceso de extracción	72
3.1.2.6 Balance de materia para el proceso de filtración	73
3.1.2.7 Balance de materia para el proceso de evaporación	73
3.1.2.8 Balance de materia para el proceso de condensación	74
3.2 SELECCIÓN DE EQUIPOS	75
3.2.1 Proceso de lavado	75
3.2.2 Proceso de secado	77
3.2.3 Proceso de molienda	78
3.2.4 Proceso de extracción	79
3.2.5 Proceso de filtración	80
3.2.6 Proceso de evaporación y condensación	81
3.3 ANÁLISIS DE COSTOS DEL PROCESO	83
3.3.1 Componentes de la economía de un proceso	83
3.3.2 Estimación de costos de inversión	85
4. CONCLUSIONES	89
5. RECOMENDACIONES	90
BIBLIOGRAFÍA	91
ANEXOS	99

LISTA DE GRÁFICOS

	pág.
Gráfico 1. Producción del grupo frutales	23
Gráfico 2. Contenido de flavonoides totales en las muestras de naranja Criolla y Valencia	55
Gráfico 3. Rendimiento de la extracción con diferentes solventes	59
Gráfico 4. Composición del contenido de polifenoles de la cáscara	60

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Contenido mínimo de zumo según la variedad de naranja.	27
Tabla 2. Contenido mínimo de sólidos solubles totales	28
Tabla 3. Acidez titulable	28
Tabla 4. Índice de madurez mínimo	29
Tabla 5. Contenido nutricional de la naranja valencia	29
Tabla 6. Características fisicoquímicas de la naranja	30
Tabla 7. Concentración de flavonoides	35
Tabla 8. Matriz de decisión	45
Tabla 9. Factores de selección del solvente	47
Tabla 10. Rendimientos promedios de la extracción	52
Tabla 11. Cuantificación de polifenoles totales	52
Tabla 12. Cuantificación de flavonoides totales	53
Tabla 13. Relación del solvente orgánico con el rendimiento de la extracción	54
Tabla 14. Relación del solvente orgánico con el contenido de polifenoles y flavonoides totales	54
Tabla 15. Polifenoles obtenidos	60
Tabla 16. Contenido fenólico presente en las cáscaras de naranja	61
Tabla 17. Balance de materia en las corrientes del proceso	75
Tabla 18. Ficha técnica lavadora	76
Tabla 19. Ficha técnica horno deshidratador	77
Tabla 20. Ficha técnica molino	78
Tabla 21. Ficha técnica extractor soxhlet	80
Tabla 22. Ficha técnica filtro de prensa	81
Tabla 23. Ficha técnica evaporador rotatorio	83
Tabla 24. Precios de equipos	86
Tabla 25. Precio de los servicios	86
Tabla 26. Costos del servicio del agua	87
Tabla 27. Costos del servicio de energía	87

LISTA DE ILUSTRACIONES

	pág.
Ilustración 1. Representación de la distribución de la composición química de la naranja.	26
Ilustración 2. Coloración de la naranja según su estado de maduración.	27
Ilustración 3. Estructura general de los flavonoides	33
Ilustración 4. Estructura de las subclases de flavonoides	34
Ilustración 5. Mecanismo de reacción del reactivo Folin-Ciocalteu.	36
Ilustración 6. Percolador	41
Ilustración 7. Extractor soxhlet	42
Ilustración 8. Balance global del proceso de extracción	68
Ilustración 9. Balance de materia para el proceso de lavado.	69
Ilustración 10. Balance para el proceso de secado.	70
Ilustración 11. Balance para el proceso de molienda.	71
Ilustración 12. Balance para el proceso de tamizado.	72
Ilustración 13. Balance para el proceso de extracción.	72
Ilustración 14. Balance para el proceso de filtración.	73
Ilustración 15. Balance para el proceso de evaporación.	73
Ilustración 16. Balance para el proceso de condensación.	74
Ilustración 17. Lavadora	76
Ilustración 18. Horno deshidratador.	77
Ilustración 19. Molino pulverizador.	78
Ilustración 20. Extractor soxhlet.	79
Ilustración 21. Filtro de prensa.	80
Ilustración 22. Evaporador rotatorio industrial.	82

LISTA DE ECUACIONES

	pág.
Ecuación 1. Rendimiento por el método soxhlet	51
Ecuación 2. Rendimiento por lixiviación	58
Ecuación 3. Balance global	68
Ecuación 4. Balance de materia para el lavado	69
Ecuación 5. Relación corriente 1 y 4	69
Ecuación 6. Balance para el secado	70
Ecuación 7. Balance para la molienda	71
Ecuación 8. Relación corriente 8	71
Ecuación 9. Balance para la extracción	72
Ecuación 10. Balance para la filtración	73
Ecuación 11. Balance para la filtración	73
Ecuación 12. Recuperación del solvente	74
Ecuación 13. Contenido de flavonoides	74
Ecuación 14. Componentes de la economía de un proceso	84
Ecuación 15. Costo de operación	84

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Clasificación taxonómica de la naranja	24
Cuadro 2. Clasificación de los compuestos fenólicos	32
Cuadro 3. Corrientes del proceso	67
Cuadro 4. Distribución de las corrientes a la salida del extractor	68

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Resultados artículo de referencia para los cálculos de balance de masa	100
Anexo B. Ficha de datos de seguridad del etanol al 96%	101
Anexo C. Cotización de equipos	103
Anexo D. Tarifas de servicios	106
Anexo E. Cálculos de servicio por proceso	108
Anexo F. Productos cosméticos que contienen flavonoides	111

LISTA DE ABREVIATURAS

g: Gramos
µg: Microgramo
kg: Kilogramo
m: Flujo másico
TPC: Contenido total de polifenoles
TFC: Contenido total de flavonoides
mg: Miligramo
mm: Milímetro
µm: Micrómetro
UV: Ultravioleta
ppm: Partes por millón
mL: Mililitro
L: Litro
GAE: Equivalentes de ácido gálico
h: Horas
min: Minutos
cm: Centímetros
rpm: Revoluciones por minuto
m²: Metro cuadrado
MPa: Mega pascales
°C: Grados Celsius
VAC: Voltios de corriente alterna
W: Vatio
kW: Kilovatio
kg/h: Kilogramo por hora
pc: Picas

GLOSARIO

CÁSCARA: se conoce como la corteza o capa exterior cuya función es proteger a los frutos y a algunos alimentos como el huevo.

CARACTERÍSTICA FÍSICOQUÍMICA: una característica fisicoquímica brinda información sobre el comportamiento del material ante acciones externas como el calentamiento, el ataque de productos químicos o deformaciones. Estas características pueden ser temperatura, color, pH, entre otras¹.

CONTENIDO DE CENIZAS: se refiere a la cantidad de minerales presentes en un alimento.²

DIFUSIÓN: esta propiedad se define como “la transferencia (o desplazamiento) de moléculas individuales a través de un fluido por medio de los desplazamientos individuales y desordenados de las moléculas, debido a una diferencia de concentraciones. La difusión puede ocurrir en sistemas de fluidos estancados o en fluidos que se están moviendo”.³

GRADOS BRUX: también llamados índices brix, miden la cantidad de azúcar o sacarosa presente en las frutas.⁴

HUMEDAD: se refiere a la cantidad de agua que contiene el alimento. Existen dos formas generales: agua libre o agua ligada, la primera es la más predominante y se retira con mayor facilidad, la segunda se encuentra en los alimentos como agua de cristalización ligada a proteínas y moléculas de sacáridos.⁵

PUNTO DE EBULLICIÓN: “es la temperatura en la cual el líquido abandona su estado y pasa a estado gaseoso.”⁶

¹ DIAZ, Angela. Características fisicoquímicas y microbiológicas del proceso de elaboración de biol y su efecto en germinación de semillas. Tesis de maestría. Universidad Nacional agraria La Molina: 2017. [Consultado el 30 de Junio de 2020].

² ITURBE, Francisca. Cenizas en alimentos. UNAM. [Consultado el 10 de Julio de 2020].

³ MASCIARELLI, Roque; STANCICH, Silvia y STOPPANI, Fernando. Transferencia de materia. En: Ingeniería de las reacciones. Universidad Tecnológica Nacional, 2012. 1-30.

⁴ FEDNA. Grados brix. [sitio web]. [Consultado el 15 de Julio de 2020]. Disponible en: http://www.fundacionfedna.org/tecnicas_de_analisis/grados-brix

⁵ HART. Citado por Sumi scientific. Análisis de humedad en alimentos. En: Grupo Sumi blog. [sitio web]. [Consultado el 2 de Julio de 2020]. Disponible en: <http://www.sumi.com.py/blog/humedad.php#:~:text=La%20determinaci%C3%B3n%20de%20humedad%20es,de%20los%20alimentos%20en%20general.&text=Se%20encuentra%20en%20los%20alimentos,superficie%20de%20las%20part%C3%ADculas%20coloidales>.

⁶ RAFFINO, María Estela. Punto de ebullición. En: Concepto de. [sitio web]. Argentina. [Consultado el 28 de Junio de 2020]. Disponible en: <https://concepto.de/punto-de-ebullicion/>

RENDIMIENTO: según la Real Academia de la Lengua Española, se define como “la proporción entre el producto o el resultado obtenido y los medios utilizados.”⁷

SUSTANCIA VOLÁTIL: se refiere a una sustancia que presenta punto de ebullición bajo y se evapora con facilidad.

TEMPERATURA: “es una medida de la energía cinética promedio d ellos átomos o moléculas de un sistema.”⁸

⁷ REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. Definición de rendimiento.

⁸ KHAN ACADEMY. Calor y temperatura. [sitio web]. [Consultado el 3 de Julio de 2020]. Disponible en: <https://es.khanacademy.org/science/fisica-pe-pre-u/x4594717deeb98bd3:energia-cinetica/x4594717deeb98bd3:calor-y-temperatura/a/heat>

RESUMEN

El objetivo de este proyecto fue evaluar la extracción de flavonoides a partir de la cáscara de naranja, por medio de dos métodos de extracción con solventes orgánicos, con el fin de seleccionar el mejor método de extracción y realizar el diseño conceptual del proceso. Para llevar a cabo el objetivo principal fue necesario recopilar información bibliográfica sobre compuestos polifenólicos, flavonoides, contenido de polifenoles totales, estructura química de la naranja y usos de estos compuestos bioactivos en la industria. También fue necesario recopilar los datos de las características fisicoquímicas de la cáscara de naranja variedad Valencia, como el contenido de humedad y cenizas para establecer los pretratamientos para la adecuación de las muestras previas al proceso de extracción. Los métodos de extracción que se evaluaron fueron escogidos mediante una matriz de decisión siguiendo la metodología Pugh, con base en factores importantes para el proceso de extracción y así lograr obtener un rendimiento significativo en el proceso, basado en la literatura. El rendimiento del proceso fue de 27.96%. Finalmente, el método con mayor rendimiento fue escogido para realizar el diseño conceptual del proceso de extracción, en donde se realizó un diagrama del proceso con el fin de identificar las corrientes de este y posteriormente se realizó el análisis de costos del proyecto, que permitió determinar si es adecuado o no llevar este proceso a un escalamiento industrial.

Palabras clave: Cáscara de naranja, extracción con solventes, diseño conceptual básico.

INTRODUCCIÓN

La naranja es uno de los frutos cítricos con mayor producción en el territorio colombiano. Según el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, en el año 2019 se alcanzó una producción de 1'257,474 toneladas con un rendimiento del 15.2%. De acuerdo con las principales plazas mayoristas del país, actualmente el 47% de la producción corresponde a naranjas, el 27% a mandarinas y el 26% a limón⁹. Debido al alto consumo de productos agroindustriales en las regiones del país, se ha buscado aprovechar los residuos generados de esta industria, ya que representan una de las principales problemáticas del medio ambiente, pues los residuos orgánicos representan el 61% de la generación de gases de efecto invernadero cuando son enterrados en el relleno sanitario, según lo señalado en el CONPES en La Política Nacional para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos¹⁰.

Los residuos generados por la naranja son cáscaras y semillas. Las cáscaras presentan compuestos fenólicos dentro de los cuales se encuentran los flavonoides, la concentración de estos compuestos es mayor en las cáscaras que en otras partes del fruto¹¹. Con base en esto, los residuos de la naranja pueden ser aprovechados para la extracción de los compuestos fenólicos en las industrias de alimentos, cosméticos y fármacos y así controlar un poco la cantidad de material orgánico que es desechado y acumulado hasta su deterioro final. Debido a que los flavonoides presentan propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y antimicrobianas, se ha explorado la obtención de estos compuestos por medio de técnicas de extracción con solventes orgánicos y con técnicas más avanzadas como lo son las extracciones asistidas por microondas o ultrasonido, con la finalidad de obtener un producto que puede ser utilizado como insumo en la industria y que genere un beneficio económico.

Este proyecto tendrá por objeto evaluar la extracción de los compuestos fenólicos de la cáscara de naranja mediante la revisión bibliográfica de investigaciones realizadas con solventes orgánicos, y se seleccionará la metodología que presente mayor rendimiento en el proceso de extracción para realizar el diseño básico conceptual del proceso y el análisis de costos de este.

⁹ MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. Cadena de cítricos. [Sitio web]. Dirección de cadenas agrícolas y forestales. [Consultado el 15 de Julio de 2020]. Disponible en: <https://sioc.minagricultura.gov.co/Citricos/Documentos/2019-06-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf>

¹⁰ CONPES. Política nacional para la gestión integral de residuos sólidos. Bogotá D.C. 2016. [Consultado el 10 de Julio de 2020]. Disponible en: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3874.pdf>

¹¹ ESCOBAR, Mónica. Extracción de compuestos fenólicos de las cáscaras de cítricos producidos en México. [en línea]. Tesis de maestría. Instituto Politécnico Nacional: 2010. [Consultado el 3 de Julio de 2020]. Disponible en: <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/9612/34.pdf>

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la extracción de flavonoides a partir de la cáscara de naranja.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las características fisicoquímicas de la cáscara de naranja.
- Seleccionar la metodología utilizada en el proceso de extracción de flavonoides, a partir de solventes orgánicos.
- Realizar el diseño conceptual de la extracción de flavonoides a partir de la cáscara de naranja.
- Realizar el análisis de costos del proyecto.

1. MARCO REFERENCIAL

Con el objetivo de proporcionar claridad en el documento, en este capítulo se presentan los términos y métodos que se utilizan en la extracción de flavonoides.

1.1 MATERIA PRIMA

Según la FEN, la naranja es el fruto del árbol naranjo, perteneciente al género *Citrus*, especie *sinensis* y proveniente de la familia rutáceas. Los frutos, denominados hesperidios, se caracterizan por poseer pulpas con numerosas vesículas en las cuales se encuentra el jugo. Algunas de estas especies presentan cáscaras casi verdes en su periodo de maduración, sin embargo, también se encuentran aquellas cuya cáscara es de color naranja y por lo cual reciben su nombre.

Esta planta es originaria del sudeste de China y norte de Birmania; Por cada 100 g de producto fresco se consumen 73 g. Dentro de las fuentes y sustancias no nutritivas de la naranja se encuentran la vitamina C, folatos, ácidos orgánicos, flavonoides y carotenoides.¹²

De acuerdo con Asohofrucol, gracias a las mejoras en los paquetes tecnológicos y su implementación, el rendimiento de los principales cultivos hortofrutícolas incrementó entre 2018 y 2019; la producción de cítricos para el año 2018 fue del 13.01% y para el año 2019 fue de 13.39% con un incremento del 3% respecto al año anterior¹³.

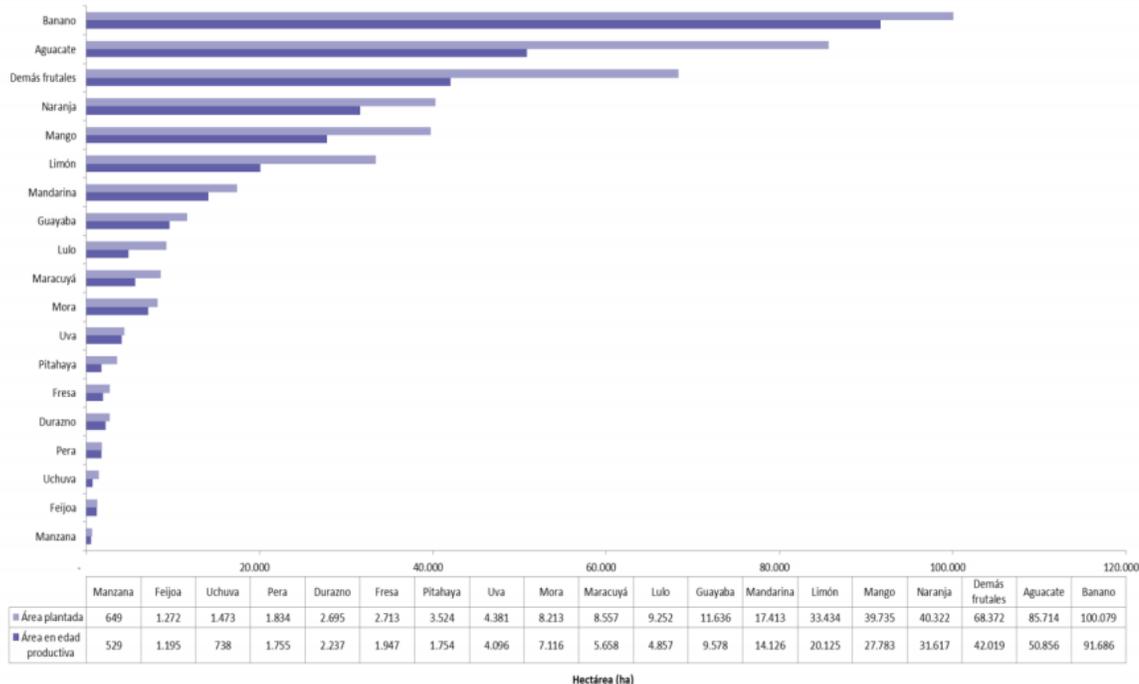
En el primer semestre del año 2019, el DANE determina, mediante la encuesta nacional agropecuaria (ENA), que, de la producción de frutales con un área total plantada de 441.267 hectáreas, la naranja se produjo en 283.815 toneladas, equivalentes al 9.7% de la producción frutal total registrada en el año¹⁴, tal como se evidencia en el gráfico 1.

¹² FEN, Fundación Española de la Nutrición. Naranja. [en línea]. [Consultado 12, Febrero, 2020]. Disponible en: <http://www.fen.org.es/mercadoFen/pdfs/naranja.pdf>

¹³ ASOHOFRUCOL. Balance del sector hortofrutícola en 2019. [Sitio web]. 2020. [Consultado 25 de septiembre de 2020]. Disponible en: <http://www.asohofrucol.com.co/interna.php?cat=3&scat=45&act=1>

¹⁴ DANE, Encuesta nacional agropecuaria (ENA) primer semestre 2019. Colombia. [en línea]. [Consultado 15, Febrero, 2019]. Disponible en: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/enda/ena/2019/boletin_ena_2019-I.pdf

Gráfico 1. Producción del grupo frutales (Toneladas)



Fuente: DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA. Boletín Nacional ENA primer semestre 2019. [En línea]. [Consultado 20 de Julio de 2020]. Disponible en: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/enda/ena/2019/boletin_ena_2019-I.pdf

Para inicios del año 2020, como lo indica la Secretaría de Agricultura del Meta, se estima un total de 10,104 hectáreas de área sembrada de las cuales el 62% pertenecen a cultivos cítricos, el 90% de esas 6,277 hectáreas cultivadas pertenecen a la naranja variedad Valencia¹⁵.

¹⁵ UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Cultivos de naranja en fincas agrodiversas resisitirán más al cambio climático. Agencia de Noticias UN. [en línea]. 2020. Disponible en: <https://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/article/cultivos-de-naranja-en-fincas-agrodiversas-resisitirian-mas-al-cambio-climatico.html>

1.1.1 Clasificación taxonómica de la naranja.

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de la naranja.

Reino	Plantae
Clase	Angiospermae
Subclase	Dicotoledónea
Orden	Rutae
Familia	Rutaceae
Género	Citrus
Subgénero	Eucitrus
Especie	Naranja dulce: <i>Citrus sinensis</i>
Especie	Naranja amarga: <i>Citrus aurantium</i>

Fuente: elaboración propia, con base en Centro para la Formación Empresarial. Universidad EATRH. 2004. [En línea]. [Consultado 20 de Julio de 2020]. Disponible en: <http://usi.earth.ac.cr/glas/sp/50000142.pdf>

1.1.1.1 Naranja Dulce. Su nombre científico es *Citrus Sinensis* y es la especie más importante de cítricos por su gran producción a nivel mundial. Las variedades de naranja dulce se dividen en tres grupos¹⁶:

- **Grupo Nável.** Esta variedad se caracteriza porque sus flores dan lugar a un doble fruto; el fruto principal se encuentra envuelto en el secundario y este último se muestra en el exterior como un ombligo (nável) lo que le da nombre al grupo. El jugo es de sabor amargo debido al contenido de limonina presente en el fruto, por tal razón no es utilizado para agroindustria¹⁷. En climas tropicales se recomienda cultivarla entre 1,200 a 1,800 msnm, no se recomienda su cultivo en el trópico bajo ya que presenta bajo rendimiento y baja calidad en el fruto¹⁸.
- **Grupo Blancas.** Este grupo abarca la mayoría de las variedades de naranja y es de gran interés agroindustrial debido a que se utiliza en la fabricación de jugos frescos tanto enteros como concentrados. En Colombia se planta desde los 1200 msnm, aunque presenta mejores comportamientos a la altura de 800 msnm. Otras variedades pertenecientes a este grupo son *Hamlin*, *Salustiana*, *Pineapple*, *Natal*, *Pera del Río*, entre otras. El clima más adecuado para la producción de esta especie

¹⁶ ORDUZ RODRIGUEZ, Javier Orlando, MATEUS CAGUA, Diana M. Generalidades de los cítricos y recomendaciones agronómicas para su cultivo en Colombia. [PDF]. [en línea]. Universidad de La Salle. 2012. [Consultado 12 de Febrero de 2020]. Disponible en: <http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/561/1/CAPITULO%202.pdf>

¹⁷ Ibid., p. 53.

¹⁸ LEÓN, Guillermo; ARANGO, Laura y ORDUZ, Javier. Corpoica, Evaluación de variedades de naranjas para la altillanura colombiana. [en línea]. Villavicencio: 2009. [Consultado 25 de septiembre de 2020]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/270161357_Evaluacion_de_variedades_de_naranjas_para_la_altillanura_colombiana

de naranjas es trópico, tanto medio como cálido¹⁹. A este grupo pertenece la naranja Valencia, especie más cultivada en el mundo y en el piedemonte llanero. En la altillanura colombiana se han obtenido excelentes resultados de adaptación reportando, en los primeros 4 años, un crecimiento, desarrollo y producción superior a las 2 toneladas y las 10 toneladas por hectárea a partir del quinto año. Existen varios clones de esta variedad de naranja en los que se encuentran las valencias Frost, Cutter, Delta, Midnight, Rhode Red y Olinda²⁰.

➤ **Grupo Sanguinas.** La particularidad de este grupo de naranjas es la pigmentación roja que contienen en la pulpa y la corteza de estas, este pigmento es soluble en agua; sin embargo, en Colombia son poco cultivadas y su disminución se debe a la inclusión de otras especies de naranjas. Algunas variedades que se encuentran dentro de este grupo son: *Entre fina*, *Doble fina* y *Sanguinell*²¹.

1.2 FISONOMÍA Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA NARANJA

La cáscara de naranja está conformada por tres partes morfológicas:

- **Epicarpio:** es la capa externa del fruto también conocida como flavedo en donde se alojan vesículas oleaginosas de paredes finas y frágiles; en el flavedo son importantes los pigmentos y aceites esenciales. En el caso de la naranja, los pigmentos son los que le dan la coloración amarilla-naranja cuando alcanza su etapa de maduración²².
- **Mesocarpio:** se encuentra entre el epicarpio y el endocarpio, está compuesto por la capa blanca esponjosa conocida como albedo; esta capa varía en su grosor y presenta contenido de sustancias pécticas y hemicelulosas. El albedo es rico en flavonoides y pectina²³.
- **Endocarpio:** es la parte comestible de la fruta en donde se encuentran las vesículas de jugo²⁴.

En la imagen 1 se muestra en detalle la fisonomía de la naranja y la distribución de los compuestos químicos presentes en ella.

¹⁹ ORDUZ RODRIGUEZ, Javier Orlando; MATEUS CAGUA, Diana M. Op. Cit., p. 53.

²⁰ LEÓN, Guillermo; ARANGO, Laura y ORDUZ, Javier: Corpoica. Op. Cit., p. 7.

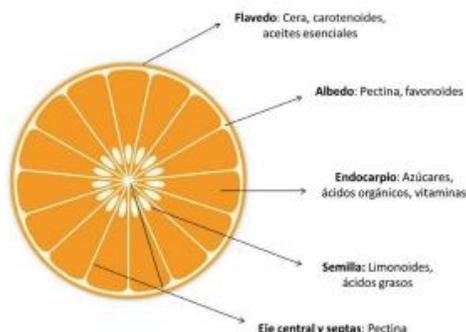
²¹ Ibid., p. 54.

²² ESCOBAR Mónica. Extracción de compuestos fenólicos de las cáscaras de cítricos producidos en México. [en línea]. Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional. 2010. [Consultado 21, Marzo, 2020]. Disponible en: <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/9612/34.pdf>

²³ Ibid., p. 2.

²⁴ Ibid., p. 3.

Ilustración 1. Representación de la distribución de la composición química de la naranja.



Fuente: LONDOÑO, Julián., SIERRA, Jelver., ÁLVAREZ, Rafael., RESTREPO, Ana María y PÁSSARO, Catarina. Aprovechamiento de los subproductos cítricos. [En línea]. [Consultado 21 Julio 2020]. Disponible en: <http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/560/1/CAPITULO%2012.pdf>

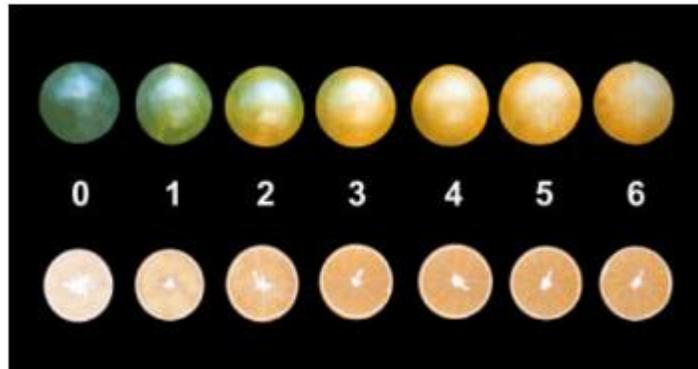
1.2.1 Maduración de la naranja. Según la norma CODEX para la naranja, las naranjas se definen teniendo en cuenta los parámetros de coloración y contenido mínimo de jugo en relación con el peso total del fruto después de la extracción del zumo²⁵.

- **Coloración:** depende de la variedad de naranja y además se tienen en cuenta el área de producción, tiempo de recolección y la duración del transporte. Además, según la norma, “se admiten frutos con coloración verde clara siempre que no supere un quinto de la superficie total del fruto”²⁶.

²⁵ FAO y OMS. Norma CODEX para la naranja. CODEX STAN 245-2004. Roma.: 2007. 86-87 p.

²⁶ Ibid., p. 87.

Ilustración 2. Coloración de la naranja según su estado de maduración.



Fuente: INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Frutas frescas. Naranja Valencia. Especificaciones. NTC 4086. Bogotá, D.C.: El instituto, 1997. 15 p.

- **Contenido mínimo de zumo:** la información correspondiente a este parámetro se muestra en la tabla 1, expresado como el porcentaje del peso del zumo sobre el peso total del fruto²⁷.

Tabla 1. Contenido mínimo de zumo según la variedad de naranja.

Variedad de naranja	Contenido mínimo de zumo
Sanguíneas	30%
Grupo navel	33%
Otras variedades	35%
Mosambi, Sathgudi y Pacitan con más de un quinto de color verde	33%
Otras variedades con más de un quinto de color verde	45%

Fuente: elaboración propia, con base en FAO y OMS. Norma CODEX para la naranja. CODEX STAN 245-2004. 87 p.

1.2.2 Parámetros de calidad de las naranjas. “Los parámetros más usados para la determinación de la calidad de la fruta se pueden agrupar en tres categorías: físicas, químicas, y fisiológicas”²⁸.

²⁷ Ibid., p. 87.

²⁸ ARÉVALO MARTÍN, Margarita. Determinaciones cuantitativas en naranja mediante tecnologías NIRS. [en línea]. Tesis. Universidad Pública de Navarra: 2013. [Consultado 17, Marzo, 2020]. Disponible en: https://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/8748/TyCIAA_TFM_Margarita_Ar%C3%A9valo_Mart%C3%A9n1.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- **Parámetros físicos:** las medidas que se pueden obtener son: firmeza, color de la corteza, forma y tamaño, peso y tamaño, volumen, espesor de la corteza, porcentaje de zumo, sólidos solubles totales...
- a. **Peso y tamaño:** Para la naranja Valencia se estima que el peso del fruto, expresado en gramos, es de aproximadamente 167 g.
 - b. **Coloración:** Generalmente la variedad Valencia se distingue por presentar un color naranja y verde en la totalidad de su corteza.
 - c. **Contenido de sólidos solubles totales SST:** Compuesto mayoritariamente por azúcares y se mide en °Brix. En la siguiente tabla se muestra el contenido de SST para las especies cultivadas por debajo de 700 msnm (piso 1) y por encima de 900 msnm (piso 2). Para la variedad Valencia corresponde a un valor de 11°Brix.

Tabla 2. Contenido mínimo de sólidos solubles totales expresados en °Brix.

Color	0	1	2	3	4	5	6
°Brix (piso 1)	8.2	8.2	8.3	8.5	8.8	9.4	9.4
°Brix (piso 2)	8.0	8.4	8.8	9.2	9.5	10.2	10.9

Fuente: INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Frutas frescas. Naranja Valencia. Especificaciones. NTC 4086. Bogotá, D.C.: El instituto. p. 6.

- **Parámetros químicos:** dentro de estos parámetros se encuentra la acidez titulable. A continuación, se muestra la acidez titulable máxima, de acuerdo con la figura 1.

Tabla 3. Acidez titulable expresada como porcentaje de ácido cítrico.

Color	0	1	2	3	4	5	6
%Ácido cítrico (piso 1)	2.2	1.5	1.3	0.9	0,9	0.8	0.8
%Ácido cítrico (piso 2)	2.3	1.7	1.4	1.3	1.1	1.1	1.2

Fuente: INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Frutas frescas. Naranja Valencia. Especificaciones. NTC 4086. Bogotá, D.C.: El instituto, 1997. 7 p.

- a. **Índice de madurez interna E/A.** Se considera que las naranjas alcanzan su grado de madurez cuando la relación E/A es igual a superior a 5.5.

Se expresa por la relación entre el extracto seco (E) y la acidez (A) expresada en gramos de ácido cítrico anhidro por 100 cm³ de zumo. Para la determinación del extracto seco se utiliza el refractómetro manual de azúcar. Para la determinación de la acidez se procede a la valoración de 2 cm³ ó 5 cm³ de zumo con hidróxido sódico 0.1 normal (NaOH 0.1 N), calculando los

gramos de ácido cítrico neutralizados en función de los centímetros cúbicos de sosa consumidos.²⁹

Tabla 4. Índice de madurez mínimo para la naranja Valencia.

Color	0	1	2	3	4	5	6
°Brix/%Ácido cítrico (piso 1)	3.7	5.5	6.4	9.4	9.8	11.8	11.8
°Brix/%Ácido cítrico (piso 2)	3.5	4.9	6.3	7.1	8.6	9.3	9.1

Fuente: INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Frutas frescas. Naranja Valencia. Especificaciones. NTC 4086. Bogotá, D.C.: El instituto, 1997. 7 p.

1.2.3 Valor nutricional. En la tabla 5 se muestra el aporte nutricional de la naranja valencia por 100 g de porción comestible.

Tabla 5. Contenido nutricional de la naranja valencia

Nutriente	Cantidad
Energía (kcal)	47
Proteína (g)	0.9
Grasa (g)	0.1
Calcio (mg)	40
Hierro (mg)	0.10
Vitamina A (µg)	120
Tiamina (mg)	0.09
Riboflavina (mg)	0.04
Niacina (mg)	0.3
Folato (µg)	30
Vitamina C (mg)	53

Fuente: elaboración propia, con base en FAO, Nutrición humana en el mundo en desarrollo. 2002.

1.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DE LA NARANJA

A continuación, se muestran las características fisicoquímicas de la naranja Valencia, contenidas en 100 g, sin tener en cuenta las semillas.

²⁹ QUINZA GUERRERO Enrique, LOPEZ MARCOS Manuel. Ministerio de Agricultura. Índices de madurez de frutos cítricos. España. [en línea]. [Consultado el 13 de Febrero de 2020]. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1978_25.pdf

Tabla 6. Características fisicoquímicas de la naranja expresadas en gramos.

Nutriente	Naranja cáscara	con Naranja cáscara	sin Cáscara de naranja
Agua	82.30	86.75	72.50
Lípidos totales	0.30	0.12	0.20
Cenizas	0.60	0.44	0.80

Fuente: USDA, 2007. Citado por: BAUTISTA CASTILLO, Daisy y VALIVIESO SÁNCHEZ, María Luisa. Contribución al estudio de la extracción de aceites esenciales y secado de cáscaras de naranja (*Citrus sinensis*, var. *Valencia Late*). [en línea]. Tesis. Universidad Nacional del Callao. 2016. Disponible en http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/UNAC/1738/Deysi_Tesis_T%C3%ADtuloprofesional_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y

1.4 RECUPERACIÓN Y APLICACIÓN DE INGREDIENTES BIOACTIVOS DE LA NARANJA

En el contenido de la naranja Valencia se encuentran compuestos con actividad biológica como la vitamina A y C, compuestos fenólicos, carotenoides, ácidos orgánicos, fibra dietaria, entre otros. Actualmente se han estudiado por aparte estos compuestos bioactivos y se ha aceptado el uso de estos para utilizarlos en la prevención de enfermedades de alto impacto. Dentro de las principales aplicaciones en la industria se encuentran:

- Aditivos en alimentos: las melasas, cáscaras, concentrados de jugo y pulpa se someten a fermentación, tratamiento pectolítico y finalmente se extrae con alcohol para obtener un agente enturbiantes para bebidas.³⁰ Otra aplicación ha sido el estudio del “efecto de la adición de diferentes concentraciones (5-10%) de las aguas residuales de jugo de naranja sobre las características físico-químicas y sensoriales de una mortadela”, en este estudio se pudo evidenciar que la adición de esta tiene un “efecto significativo en la extensión de la vida útil debido a una reducción en el grado de oxidación de los lípidos”³¹.
- Matriz alimentaria: la cáscara de la naranja y las de otros cítricos se utilizan como matriz alimentaria para desarrollar “nuevos ingredientes y alimentos funcionales de humedad alta, intermedia y baja en estructuras porosas y con excelentes cualidades organolépticas, microbiológicas y nutricionales”³².

³⁰SREENATH, H. K.; CRANDALL, P. G. and BAKER, R. A. Utilization of citrus by-products and wastes as beverage clouding agents. *Journal of Fermentation and Bioengineering*. 1995. Vo. 80, Nro. 2. p. 190-194.

³¹VIUDA-MARTOS, M.; et al. Effect of adding citrus waste water, thyme and oregano essential oil on the chemical, physical and sensory characteristics of a bologna sausage. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2009. Vo. 10, Nro. 4. p. 655-660.

³² CHÁFER, M.; et al. Microstructure and vacuum impregnation response of citrus peels. *Food Research International*. 2003. Vo. 36, Nro. 1. p. 35-41.

- Aplicaciones farmacéuticas: el interés se basa en el uso de los compuestos bioactivos en medicina tradicional³³. Un ejemplo de ello es el uso del aceite esencial de la cáscara de naranja con actividad antimicrobiana para emplearlo en la formulación de un gel con base de carbomer, una loción con base de etanol y alcohol isopropílico, obteniendo un producto estable, tolerable y de irritabilidad baja con el tejido humano al ser utilizado contra enfermedades cutáneas como el acné y además como antiséptico bucal³⁴.
- Biocombustibles: el método fue presentado por el profesor James Clark durante el Festival Británico de Ciencia en Bradford, y consiste en, por medio de microondas concentradas, extraer compuestos químicos de la cáscara, para ser utilizados para la producción de materiales y biocombustibles³⁵.

1.5 COMPUESTOS BIOACTIVOS

Un compuesto bioactivo se define como un “tipo de sustancia química que se encuentra en pequeñas cantidades en las plantas y ciertos alimentos (como frutas, verduras, nueces, aceites y granos integrales). Los compuestos bioactivos cumplen funciones en el cuerpo que pueden promover la buena salud. Están en estudio para la prevención del cáncer, las enfermedades del corazón y otras enfermedades”³⁶. Dentro de estos compuestos con actividad biológica se encuentran los antioxidantes.

1.5.1 Compuestos fenólicos. También llamados fenilpropanoides, son productos secundarios sintetizados por las plantas. Se derivan del fenol el cual es un anillo aromático unido a un grupo hidroxilo. Los compuestos fenólicos comprenden un grupo extenso de compuestos que van desde moléculas sencillas hasta polímeros complejos, un ejemplo de ellos es la lignina. Dentro de estos compuestos también se encuentran los flavonoides, que además de encontrarse como pigmentos, contienen propiedades funcionales importantes al ser consumidos³⁷. Los

³³ ARIAS, B. A. and RAMÓN-LACA, L. Pharmacological properties of citrus and their ancient and medieval uses in the Mediterranean region. *Journal of Ethnopharmacology*. 2005. Vo. 97, Nro. 1. p. 89-95.

³⁴ JUÁREZ, José., CASTRO, Américo., LIZANO, Jesús., CARHUAPOMA, Mario y LÓPEZ, Julio. Composición química, actividad antibacteriana del aceite esencial de *Citrus sinensis* L. (Naranja dulce) y formulación de una forma farmacéutica, *Ciencia e investigación*. 2010, 13 (1). 9-13. ISSN 1561-0861

³⁵ BATTISON, Leila. Nueva técnica para convertir cáscara de naranja en biocombustible, *BBC mundo*. [en línea]. 2011. [Consultado el 24 de Mayo de 2020]. Disponible en https://www.bbc.com/mundo/noticias/2011/09/110921_cascara_naranja_biocombustible_rg.shtml

³⁶ INSTITUTO NACIONAL DEL CÁNCER. Definición de compuesto bioactivo. España. [en línea]. [Consultado el 26 de Marzo de 2020]. Disponible en: <https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionario/def/compuesto-bioactivo>

³⁷ MARTINEZ, Isabel., PERIAGO, María Jesús y ROS, Gaspar. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. [en línea]. 2000. 50 (1). [Consultado el 25 de Marzo de 2020]. ISSN 0004-0622. Disponible en http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222000000100001

compuestos fenólicos se dividen en dos grandes grupos como lo indica el cuadro 2.

Cuadro 2. Clasificación de los compuestos fenólicos

No flavonoides	Fenoles no carboxílicos
	Ácidos fenoles
Flavonoides	Antocianos
	Flaonas, flavononas, flavanoles y flavanonoles
	Flavanoles, taninos condensados y lignanos

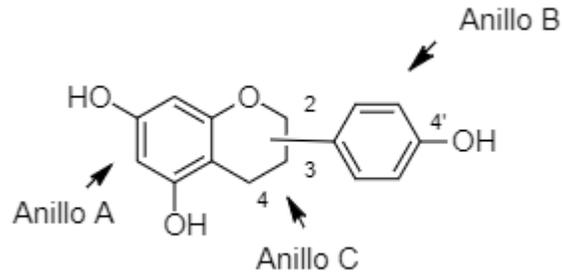
Fuente: elaboración propia, con base en GIMENEO, Eva. Compuestos fenólicos. Un análisis de sus beneficios para la salud. [en línea]. 2004, 23 (6). 80-84. [Consultado el 15 de Mayo de 2020]. Disponible en <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-compuestos-fenolicos-un-analisis-sus-13063508>

1.5.1.1 Flavonoides. Estos compuestos bioactivos son metabolitos secundarios polifenólicos que generalmente presentan en su composición un grupo cetona y pigmentos de coloración amarillos. Tienen grandes actividades farmacológicas en modelos “in vitro” tales como: antiinflamatorias, antialérgicas, antibióticas, antidiarreicas y antioxidantes³⁸. Los flavonoides son compuestos de bajo peso molecular, solubles en agua y comparten una estructura química en común (C6-C3-C6) la cual está conformada por dos anillos aromáticos (A y B) unidos entre sí por tres átomos de carbono que a su vez forman un anillo heterocíclico oxigenado (C). De acuerdo con la sustitución de este último anillo, su estado de oxidación y la posición del anillo B, se determina la subclase de flavonoide: flavonoles, flavonas, isoflavonas, flavanonas, antocianidinas y flavanoles³⁹. Dentro de su actividad antioxidante están clasificados como antioxidantes primarios. A continuación, se muestra la estructura general de los flavonoides.

³⁸ FUNDACIÓN CANNA. Flavonoides. España. [en línea]. [Consultado el 26 de Marzo de 2020]. Disponible en: <https://www.fundacion-canna.es/flavonoides>

³⁹ CARTAYA y REYNALDO, Inés. Cultivos Tropicales. [en línea]. 2001. 22 (2). 5-14. [Consultado el 26 de Marzo de 2020]. ISSN 0258-5936. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193215009001.pdf>

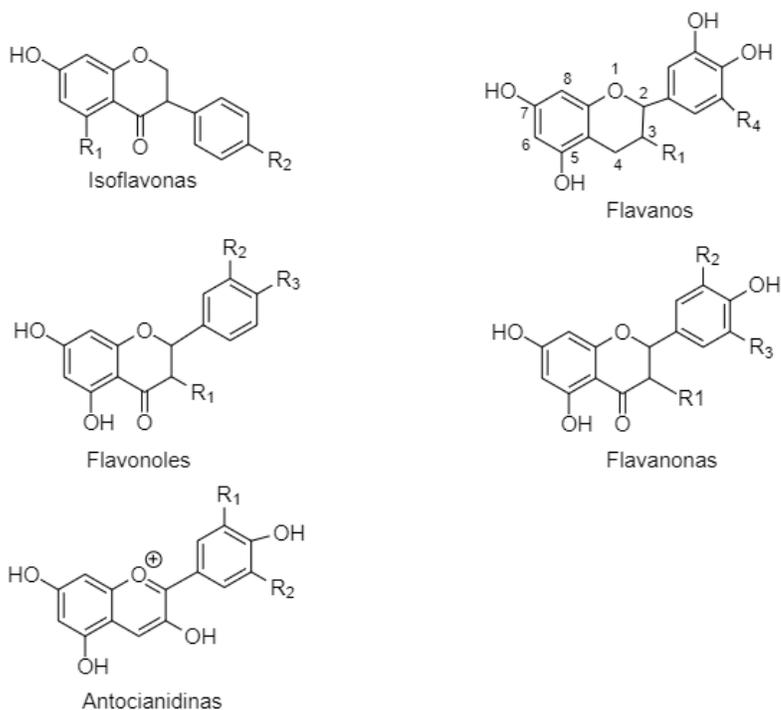
Ilustración 3. Estructura general de los flavonoides



Fuente: elaboración propia, con base en OCHOA, Claudia; AYALA, Alfredo. Ingeniería y competitividad, Los flavonoides: apuntes generales y su aplicación en la industria de alimentos. 2004, 6 (2). 93-104.

Las estructuras de las subclases de flavonoides se muestran a continuación.

Ilustración 4. Estructura de las subclases de flavonoides



Fuente: elaboración propia, con base en GÓMEZ, Miren. Metabolismo de flavonoides y ácidos hidroxicinámicos de la dieta. Estudios de transporte *in vitro* y de disponibilidad en humanos. Tesis de doctorado, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 2015, p. 13.

- **Flavonoides cítricos.** En los frutos cítricos, la concentración más alta de flavonoides se presenta en la cáscara. Los principales flavonoides que se encuentran en la cáscara de naranja dulce son las flavanonas glicosiladas, las cuales se encuentran en mayor cantidad en el albedo, a este grupo pertenecen la hesperidina y narirutina. En el flavedo también se presentan flavonoides de tipo flavonas polimetoxiladas⁴⁰.

En la tabla 7 se muestra la concentración de flavonoides en flavedo, albedo y cáscara de naranja variedad Valencia, en mg por cada 100 g de peso fresco.

⁴⁰ ESCOBAR Mónica. Op. Cit. p. 13.

Tabla 7. Concentración de flavonoides.

FLAVONOIDE	FLAVEDO	ALBEDO	CÁSCARA
Flavanonas			
Eriocitrina	8.2	3.6	5.9
Neeriocitrina	0.0	0.0	0.0
Narirutina	13.3	118	66.5
Naringina	0.0	0.0	0.0
Hesperidina	459	2300	1410
Neohesperidina	0.0	0.0	0.0
Neoponcirina	10.1	73.0	42.1
Poncirina	0.0	0.0	0.0
Flavonas			
Rutina	0.0	0.0	0.0
Isorroifolina	2.3	0.0	1.1
Roifolina	11.8	0.0	5.8
Diosmina	11.1	0.0	5.5
Nodiosmina	6.0	0.0	3.0
Flavonas Polimetoxiladas			
Sinensetina	64.6	4.5	34.0
Nobiletina	33.7	3.1	18.1
Tangeretina	15.7	1.6	8.5
Heptametoxiflavona	4.1	0.0	2.0

Fuente: NOGATA, Yoichi, et al. Flavonoid composition of fruit tissues of citrus species. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*. 2006, 70 (1). 178-192. ISSN 0916-8451. [En línea]. [Consultado 15 Julio de 2020]. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1271/bbb.70.178#aHR0cHM6Ly93d3cudGFuZGZvbmxpbmUuY29tL2RvaS9wZGYvMTAuMTI3MS9iYmluNzAuMTc4P25lZWRYBY2Nlc3M9dHJ1ZUBAQDA=>

1.5.1.2 Métodos de cuantificación de polifenoles totales. Existen varios métodos para la identificación de compuestos polifenólicos, basando su principio en un cambio en la coloración de la muestra.

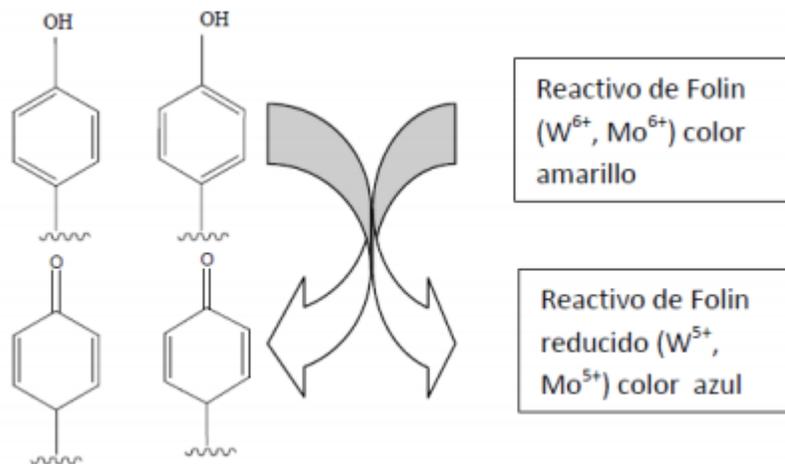
➤ **Método de Folin-Ciocalteu.** Este ensayo colorimétrico es utilizado como medida de los compuestos fenólicos totales contenidos en una muestra vegetal⁴¹. El principio de este método consiste en una reacción de reducción de los compuestos fenólicos con el reactivo de Folin-Ciocalteu en medio básico. Como resultado se obtiene una coloración azul en la muestra, referente a la oxidación de los compuestos fenólicos; esta coloración se determina en un espectrofotómetro a 765 nm y la concentración de fenoles se reporta en términos de equivalente de ácido gálico por gramo de muestra⁴².

⁴¹ AVILA, Iris., Estudio de los compuestos polifenólicos, con énfasis en flavonoides, del hongo *lentulina edodes* y determinación de la actividad antioxidante. Trabajo de grado para optar por el título de Magister en química, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 2009, p.37.

⁴² 5 GARCÍA, Eva, et al. Determinación de polifenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu. Universidad Politécnica de Valencia. Departamento de tecnología de alimentos.

Sin embargo, a pesar de que este método es comúnmente utilizado para la cuantificación de polifenoles totales, puede reaccionar con compuestos no fenólicos, lo cual implica que el contenido fenólico presente en la muestra vegetal sea sobrevalorado⁴³.

Ilustración 5. Mecanismo de acción del reactivo Folin-Ciocalteu.



Fuente: GARCÍA, Eva, et al., Citado por URBANO, Catalina. Validación del método analítico para la cuantificación de polifenoles totales en productos elaborados con té verde por método colorimétrico Folin.Ciocalteu. [en línea]. Tesis. Universidad ICESI, Santiago de Cali: 2016. [Consultado el 3 de Junio de 2020]. Disponible en https://repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/bitstream/10906/81092/1/TG01524.pdf

➤ **Método de Price y Butler.** Al igual que en el método de Folin-Ciocalteu, “el ión fenolato es oxidado mientras que el ión férrico es reducido a ión ferroso. Este último es detectado mediante la reacción con el reactivo ferricianuro de potasio arrojando un color azul. El complejo que se forma se conoce como azul de Prusia”⁴⁴.

⁴³ BARROS, et al. 2009. Citado por: AVILA, Iris., Op. Cit., p.37.

⁴⁴ RICCO, Rafael., AGUDELO, Ignacio y WAGNER, Marcelo. Métodos empleados en el análisis de los polifenoles en un laboratorio de baja complejidad. [en línea]. 2015, 52 (2). 161-174. [Consultado el 5 de Junio de 2020]. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/288180597_Metodos_empleados_en_el_analisis_de_los_polifenoles_en_un_laboratorio_de_baja_complejidad

1.6 ANTIOXIDANTES

“Los antioxidantes son compuestos químicos que el cuerpo humano utiliza para eliminar radicales libres, que son sustancias químicas muy reactivas que introducen oxígeno en las células y producen la oxidación de sus diferentes partes, alteraciones en el ADN y cambios diversos que aceleran el envejecimiento del cuerpo”⁴⁵. Estos compuestos se dividen en antioxidantes no enzimáticos y antioxidantes enzimáticos.

1.6.1 Antioxidantes no enzimáticos. Se consideran antioxidantes no enzimáticos a aquellos que se adquieren mediante la dieta. En este grupo se encuentran las vitaminas A, E y C, flavonoides y licopeno.

1.6.2 Antioxidantes enzimáticos. Este tipo de antioxidantes se caracterizan por ser aquellos que el mismo organismo produce y que contrarrestan los efectos de los radicales libres en cierto grado⁴⁶.

1.7 RADICALES LIBRES

Los radicales libres son átomos o grupos de átomos que en su estructura presentan un electrón libre o desapareado proporcionando inestabilidad en la molécula, y como consecuencia la especie resulta ser muy reactiva. Esta condición les confiere la capacidad de captar electrones de moléculas estables para alcanzar su estabilidad electroquímica. Una vez el radical logra captar el electrón de la molécula estable, ésta se convierte en un radical libre y es un proceso de reacción en cadena produciendo gran daño a las células hasta tal punto de destruirlas. A estas especies se les atribuye el estrés oxidativo⁴⁷.

A pesar de que la vida media biológica del radical libre es de solo microsegundos, estas especies provocan gran daño en membranas celulares, moléculas y tejidos debido a su capacidad de reaccionar con todo lo que se encuentre a su alrededor. Sin embargo, el cuerpo genera, moderadamente, radicales libres para combatir virus y bacterias, pero estos radicales deben ser regulados por un agente que sea

⁴⁵ RAMÍREZ, Jaime., GARCÍA, Christian., VIZCAÍNO, José., CÁRDENAS, Jairo., GUITIÉRREZ, Francisco., MURGA, Humberto y VILLAGRÁN, Sonia. Revista de divulgación científica y tecnológica de la Universidad Veracruzana, ¿Qué son y para qué sirven los antioxidantes? [en línea]. 2012, 25 (2). [Consultado 24, Marzo, 2020]. Disponible en: <https://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol25num2/articulos/antioxidantes/>

⁴⁶ Ibid., p. 1.

⁴⁷ DÍAZ SOTO, Luis. Revista Cubana de medicina militar, Daño oxidativo, radicales libres y antioxidantes. [en línea]. 2002. 31 (2). [Consultado el 19 de Marzo de 2020]. ISSN 1561-3046. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=si_arttext&pid=S0138-65572002000200009

capaz de neutralizar su acción oxidante mediante la liberación de electrones en la sangre ya que estos son captados por los radicales libres⁴⁸.

⁴⁸ FERNÁNDEZ, Germán, Extracción. Química orgánica. En: Química Orgánica. [sitio web]. [Consultado el 18 de Marzo de 2020]. Disponible en: <http://www.quimicaorganica.net/extraccion.html>

2. SELECCIÓN DEL MÉTODO DE EXTRACCIÓN

2.1 EXTRACCIÓN

“La extracción es la técnica empleada para separar un producto orgánico de una mezcla de reacción o para aislarlo de sus fuentes naturales. Puede definirse como la separación de un componente de una mezcla por medio de un disolvente”⁴⁹.

En cuanto a la extracción para compuestos polifenólicos se busca disminuir la cantidad de solventes orgánicos sin afectar el rendimiento y calidad de los fenoles obtenidos. Sin embargo, se deben tener en cuenta aspectos como la humedad de la muestra, la pureza del extracto, la técnica que se utiliza y el solvente para que el contenido de fenoles en el extracto se vea favorecido⁵⁰.

2.1.1 Técnicas de extracción de flavonoides. La selección del método de extracción de los compuestos fenólicos desempeña un papel muy importante debido al compromiso adquirido con el medio ambiente, en el cual se busca implementar la química verde con fines de minimizar el impacto ambiental. Por esto es necesario identificar las técnicas de extracción que minimicen el uso de solventes orgánicos sin que afecten el rendimiento de la extracción. Además, se deben tener en cuenta algunos aspectos como la preparación del material vegetal para este proceso con la finalidad de eliminar toda impureza que esta contenga, el tipo de solvente a utilizar y la técnica mediante la cual se obtendrán los extractos.

La extracción de flavonoides se realiza a partir del material fresco, aunque puede realizarse con el material seco siempre y cuando el proceso de deshidratación no altere la composición de los flavonoides⁵¹. Las técnicas de extracción de flavonoides se dividen en métodos convencionales y métodos avanzados. La diferencia radica en que en las primeras se utiliza un solvente orgánico que presente afinidad con la muestra, mientras que las técnicas avanzadas se apoyan en las nuevas tecnologías buscando sustituir los solventes. Un ejemplo de estas últimas es el uso de fluidos

⁴⁹ AVELLO, Marcia y SUWALSKY, Mario. Atenea, Radicales libres, antioxidantes naturales y mecanismos de protección. [en línea]. 2006. 494. 161-172. [Consultado 19, Marzo, 2020]. ISSN 0718-0462. Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-04622006000200010

⁵⁰ AVILA Frank, GUERRERO Karen. Obtención de un conservante natural a partir de la semilla de aguacate variedad Hass (persea americana mill). [en línea]. Tesis. Universidad de América. 2019. [Consultada el 25 de Marzo de 2020]. Disponible en: <http://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7627/1/6112706-2019-2-IQ.pdf>

⁵¹ REYNALDO, Inés. Cultivos Tropicales, Flavonoides: Características químicas y aplicaciones. 2001. 22 (2). 5-14. ISSN 0258-5936.

supercríticos, la extracción asistida por ultrasonido, microondas o enzimas y pulsos eléctricos⁵².

Los métodos convencionales de extracción sólido-líquido más comunes en la extracción de compuestos fenólicos son percolación (lixiviación), maceración y soxhlet.

El objetivo del proyecto es evaluar la extracción de flavonoides por medio de técnicas que utilicen solventes orgánicos; por tal motivo a continuación se muestran las técnicas convencionales utilizadas en el proceso y posterior selección del método a evaluar.

2.1.1.1 Extracción por maceración. Esta técnica consiste en remojar el material sólido, que generalmente suele ser material vegetal, en un solvente (etanol o agua) hasta que este penetre y disuelva las porciones solubles. Este material vegetal debe estar fragmentando para aumentar el área de transferencia entre el soluto y el solvente⁵³.

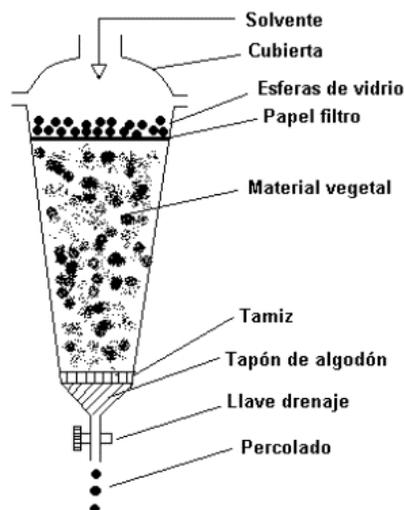
2.1.1.2 Extracción por percolación. Es una técnica similar a la maceración en donde se utiliza una sustancia líquida que actúa como solvente y que entra en contacto íntimo con la muestra sólida. De este modo se logra, por medio de difusión, separar los compuestos de interés de la fase sólida a la fase líquida; en esta técnica es necesario agregar solvente constantemente⁵⁴.

⁵² PANJA, Palash, Green extraction methods of food polyphenols from vegetable materials. [en línea]. 2017. 17. 1-10. [Consultado 25, Marzo, 2020]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/321306314_Green_extraction_methods_of_food_polyphenols_from_vegetable_materials

⁵³ GONZALEZ VILLA, Angela. Obtención de aceites esenciales y extractos etanólicos de plantas del amazonas. [En línea]. Tesis. Universidad Nacional de Colombia. Manizales. 2004. Disponible en: Biblioteca Digital UNAL. 2004. [Consultado 12 de abril de 2019]. Disponible en Internet: <http://www.bdigital.unal.edu.co/1173/1/angelaandregonzalezvilla.2004.pdf>

⁵⁴ Ibid., p. 9.

Ilustración 6. Percolador.



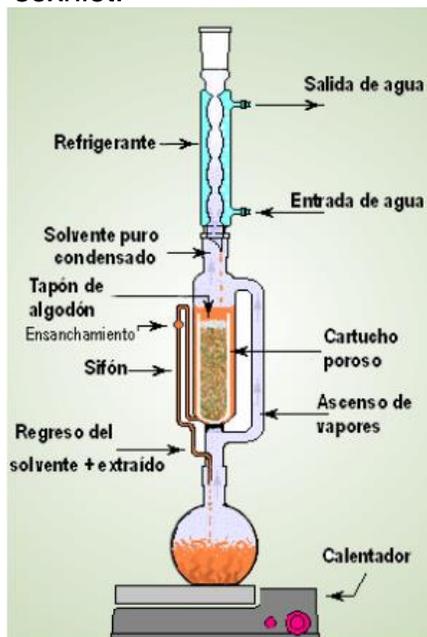
Fuente: Cosmetología marina aplicada a la educación permanente. Elaboración del gel de algas pardas de arribazón. Disponible en: http://www.cosmetologiamarina.algasdebolonia.es/_elaboracin_del_gel_de_algas_pardas_de_arribazn.html

2.1.1.3 Extracción por Soxhlet. La extracción soxhlet se considera el método estándar de extracción de muestras sólidas más utilizado y actualmente es el método de referencia cuando se comparan distintos métodos de extracción.

En este procedimiento la muestra sólida finamente pulverizada se coloca en un cartucho de material poroso que se sitúa en la cámara del extractor soxhlet. Se calienta el disolvente extractante, situado en el matraz, se condensan sus vapores que caen, gota a gota, sobre el cartucho que contiene la muestra, extrayendo los analitos solubles. Cuando el nivel del disolvente condensado en la cámara alcanza la parte superior del sifón lateral, el disolvente, con los analitos disueltos, asciende por el sifón y retorna al matraz de ebullición. Este proceso se repite hasta que se completa la extracción de los analitos de la muestra y se concentran en el disolvente⁵⁵.

⁵⁵ CELA, Rafael, LORENZO, Rosa y CAS AIS, María del Carmen. Técnicas de separación en química analítica. Madrid.

Ilustración 7. Extractor soxhlet.



Fuente: NÚÑEZ, Carlos. Extracciones con equipo soxhlet. Disponible en: <http://www.cenunez.com.ar/archivos/39-extraccinconequipo Soxhlet.pdf>

2.2 COMPARACIÓN Y SELECCIÓN DE LOS MÉTODOS

En esta sección se plantea el desarrollo de una matriz de decisión con el objetivo de seleccionar las dos mejores alternativas para la extracción de polifenoles presentes en la cáscara de naranja.

La matriz propuesta es de tipo puntuación por resultado siguiendo la metodología Pugh. Esta matriz permite comparar opciones entre sí mediante un arreglo multidimensional cuantitativo. El primer paso es identificar los criterios que serán evaluados y luego especificar los conceptos de diseño⁵⁶. El Método de Pugh es un proceso sistemático que permite seleccionar la mejor alternativa de diseño que reúna todos los posibles criterios de evaluación. Estos criterios deben ser especificados y se les debe asignar una importancia relativa y comparar las

⁵⁶ SEJZER, Raúl, La matriz de Pugh para la toma de decisiones. En: CALIDAD TOTAL. [sitio WEB]. [Consultado el 5 de Abril de 2020]. Disponible en <http://ctcalidad.blogspot.com/2016/10/la-matriz-de-pugh-para-la-toma-de.html>

alternativas en cada criterio. Finalmente, el valor final es una ponderación de todas las alternativas⁵⁷.

Para este caso, la metodología es la siguiente: Se determinan 7 factores y se les asignan 3 niveles de importancia en donde 1 es poco importante, 2 importante y 3 muy importante, para cada criterio. Posteriormente se evalúa criterio por criterio asignando una calificación, teniendo en cuenta que si este afecta el resultado final se identifica con signo positivo (+), si es de poca relevancia, se identifica con signo negativo (-) y si el criterio no afecta el resultado final significa que es neutro y se identifica con un 0.

Finalmente, se realiza la sumatoria de los signos y la mayor puntuación corresponderá al método que será evaluado en este trabajo de grado.

2.2.1 Factores evaluados para la selección del método de extracción.

- **Temperatura de extracción.** Debido a que los compuestos polifenólicos son compuestos bioactivos, el autor Agnieszka et al. en su trabajo Phenolic compound profiles and antioxidant capacity of Persea americana Mill, advierte que la temperatura de extracción no debe superar los 60°C para garantizar que los metabolitos secundarios no sean degradados durante el proceso⁵⁸. En la matriz se le otorgó el nivel 3 y signo positivo (+), debido a que es un factor muy importante y con el método se logra controlar dicho factor. El signo negativo (-) indica que el método no logra controlar el factor evaluado.
- **Tiempo de extracción.** Junto con la temperatura de extracción y el tamaño de partícula⁵⁹, este factor es muy importante ya que incide en la eficiencia de la extracción en términos de calidad y rendimiento del producto a obtener⁶⁰. En la

⁵⁷ INSTITUTO DE BIOMECÁNICA DE VALENCIA. Biomecánica, Nuevas técnicas para el desarrollo de productos innovadores orientados al usuario. [en línea] 21-24. [Consultado el 15 de septiembre de 2020]. Disponible en: <file:///C:/Users/Jimena%20Ram%C3%ADrez/Downloads/Dialnet-NuevasTécnicasParaElDesarrolloDeProductosInnovador-4762107.pdf>

⁵⁸ KOSIŃSKA, Agnieszka, et al. Phenolic compound profiles and antioxidant capacity of Persea americana Mill. peels and seeds of two varieties. Journal of agricultural and food chemistry, 2012, vol. 60, no 18, p. 4613-4619.

⁵⁹ VAZQUEZ y col. Kinetic and statistical criteria for the selection of conditions of extraction of volatile compounds of piquin pepper (*Capsicum annum* L. var. *glabriusculum*). Citado por FLORES MARTÍNEZ y col. Optimización del proceso de extracción de sustancias antioxidantes a partir del orégano mexicano (*Lippia graveolens* HBK) utilizando la metodología de superficie de respuesta (MSR), Revista mexicana de ingeniería química, [en línea]. 2016, 15 (3). 773-785. [Consultado el 4 de Abril de 2020]. ISSN 1665-2738. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/620/62048168009.pdf>

⁶⁰ OSORIO, Felipe y MEIRELES, Angela. Recent applications of pressurized fluid extraction: Curcuminoids extraction with pressurized liquids, Food and public health. [en línea]. 2013, 3 (6). 289-303. [Consultado el 5 de Abril de 2020]. ISSN 2162-8440. Disponible en: <http://article.sapub.org/10.5923.j.fph.20130306.05.html>

matriz se le asigna un nivel 3 (muy importante) y signo positivo (+) si el tiempo de extracción no es tal alto o signo negativo (-) si este factor es elevado.

- **Rendimiento del proceso.** Se evalúa este factor puesto a que en este trabajo se espera que en cuanto el rendimiento del proceso sea mayor, la cantidad de compuestos polifenólicos también será mayor. En la matriz se le asigna el nivel 3, muy importante y signo positivo (+) indicando que en el método el rendimiento es alto, y signo (-) indicando que el método presenta bajo rendimiento.
- **Gasto energético.** En los procesos de extracción se busca optar por métodos que no consuman gran cantidad de energía, reduciendo el impacto negativo al medio ambiente y haciendo el proceso más viable en términos económicos. En la matriz se asigna nivel 1, poco importante y signo positivo (+) indicando que el método no consume gran cantidad de energía y signo negativo (-) indicando que el método consume bastante energía.
- **Afinidad con el solvente.** Es uno de los factores más relevantes del proceso de extracción ya que, además de que el solvente tenga afinidad con la muestra a extraer, también debe tenerla con el método de extracción⁶¹. De esta manera se establece una relación directa entre el solvente y el método a seleccionar. Su nivel de importancia es 3 (muy importante), si se le otorga un signo positivo (+) indica que el método acepta el solvente seleccionado, si por el contrario se le asigna un signo negativo (-) indica que el método no es compatible con el solvente de selección.
- **Método de extracción en la industria.** Este es un factor muy importante en el desarrollo de este trabajo de grado, debido a que en el siguiente capítulo se llevará a cabo el diseño conceptual del proceso de extracción, por tanto, el nivel otorgado es 3 (muy importante) y la asignación del signo positivo (+) indica que el método es usado industrialmente, mientras que el signo negativo (-) indica que el método no es usado industrialmente.
- **Seguridad del proceso.** El método seleccionado debe tener un margen de seguridad en el momento de operación y posteriores réplicas. Este factor acoge los equipos y reactivos que se van a utilizar. El nivel otorgado es 1 (poco importante) y el signo positivo (+) indica que el método es seguro, mientras que el signo negativo (-) indica que el método no es seguro.

⁶¹ Ibid., p. 292.

Tabla 8. Matriz de decisión.

Método de extracción		Maceración	Percolación	Soxhlet
Criterios/Factores	Valor			
Temperatura de extracción	3	-	+	+
Tiempo de extracción	3	-	-	+
Rendimiento del proceso	3	-	+	+
Gasto energético	1	0	0	0
Afinidad con el solvente	3	+	+	+
Método de extracción en la industria	3	0	+	+
Seguridad del proceso	1	+	+	+
	+	2	5	6
Total	0	2	1	1
	-	3	1	0
	Total	-1	4	6

Fuente: elaboración propia.

Los resultados obtenidos en la matriz demuestran que el método más apropiado para la extracción de compuestos fenólicos es el soxhlet, sin embargo, los estudios realizados por el método de percolación o lixiviación también han demostrado ser efectivos en la obtención de estos compuestos⁶². De acuerdo con lo anterior, estos métodos serán evaluados y se realizará la respectiva comparación para determinar el rendimiento de la extracción de cada uno, de modo tal que el método por el que se obtenga el mayor rendimiento se le realizará el diseño conceptual del proceso.

⁶² AGUILAR, Jeisson. Evaluación de la actividad antioxidante de extractos obtenidos a partir de la cáscara de naranja valencia (*Citrus sinensis* L.). [en línea]. Tesis. Fundación universitaria agraria de Colombia, Bogotá D.C.: 2015. [consultado el 2 de Julio de 2020]. Disponible en: https://issuu.com/maosabo/docs/documento_final_1

2.2.2 Factores para la selección del solvente.

- **Afinidad con el soluto.** Los flavonoides son sustancias sólidas cristalizadas de color amarillento o blanco y se caracterizan por ser de naturaleza polar, sin embargo, su polaridad puede variar dependiendo del tipo de flavonoide presente, llegando a encontrar flavonoides más polares que otros. Son solubles en agua caliente, alcoholes y disolventes orgánicos más o menos oxigenados dependiendo su polaridad⁶³. De igual manera se busca optar por solventes que sean de fácil recuperación⁶⁴.
- **Toxicidad.** Este factor es muy importante puesto que la ingeniería química busca llevar a cabo procesos más seguros y amigables con el medio ambiente, además de disminuir el número de solventes que se utilizan en el proceso de extracción, sin afectar el rendimiento de esta. Por tal motivo en el presente trabajo de grado este criterio es clave para la selección del solvente.
- **Miscibilidad.** La miscibilidad es la propiedad de algunos líquidos para mezclarse en cualquier proporción, formando una disolución⁶⁵. Por tanto, la miscibilidad del solvente es indispensable para la selección de este, puesto que es necesario el contacto del solvente con el material vegetal en base seca para favorecer la extracción del metabolito de interés⁶⁶.
- **Precio.** Para garantizar que el proceso sea viable económicamente, este factor es importante puesto que el solvente a seleccionar debe, además de garantizar afinidad con el material vegetal, ser accesible con fines a que la replicación del método sea viable⁶⁷.
- **Temperatura de ebullición.** Debido a que en el método Soxhlet el solvente es calentado y sus vapores son condensados entrando en contacto con la

⁶³ LÓPEZ, María Tránsito. Flavonoides, Offarm. [en línea]. 2002, 21 (4). 108-113. [Consultado el 5 de Junio de 2020]. Disponible en: <https://www.elsevier.es/pt-revista-offarm-4-articulo-flavonoides-13028951>

⁶⁴ OSORIO y MEIRELES. Op. Cit., p. 293.

⁶⁵ JIMÉNEZ, Honorio y HERNÁNDEZ, Leticia. Correlaciones para obtener la presión mínima de miscibilidad o de enriquecimiento en los procesos de recuperación mejorada (desplazamiento miscible con gases), ajuste a campos petroleros mexicanos. [en línea]. Tesis. Instituto Politécnico Nacional, México: 2009. [Consultado el 15 de Junio de 2020]. Disponible en: <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/17399/Correlaciones%20para%20obtener%20la%20presi%C3%B3n%20m%C3%ADnima%20de%20miscibilidad%20o%20de%20enriquecimiento%20en%20los%20procesos%20de%20recuperaci%C3%B3n%20mejorada%20%28desplazamiento%20miscible%20con%20gases%29%2C%20ajuste%20a%20campos%20petroleros%20mexicanos.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

⁶⁶ OSORIO y MEIRELES. Op. Cit., p. 292.

⁶⁷ Ibid., p. 293.

muestra⁶⁸, este factor es clave e influyente en la selección del solvente debido a que, como se ha mencionado anteriormente, la temperatura de extracción no debe superar los 60°C⁶⁹, por tanto, se debe optar por un solvente cuya temperatura de ebullición no supere dicha temperatura.

A continuación, se muestra la tabla 9, referente a la selección del solvente, basada en los factores mencionados en la sección 2.1.2. Los datos de temperatura fueron tomados de las fichas de seguridad de cada reactivo y los valores en pesos colombianos de 1 litro de reactivo fueron tomados de la empresa Instrumentalia.

Tabla 9. Factores de selección del solvente.

Solvente	Hexano	Acetona	Metanol	Etanol
Factores				
Afinidad con el soluto	No polar	Polar	Polar	Polar
Toxicidad	Sí	Sí	Sí	No
Miscibilidad	Sí	Sí	Sí	Sí
Precio (\$, 1L)	110000	113508	89709	21850
Temperatura de ebullición (°C)	68.73	56	64.7	78.4

Fuente: elaboración propia.

El solvente seleccionado fue el etanol debido a su bajo costo en comparación con los demás solventes, la polaridad del reactivo, miscibilidad y su no toxicidad. Sin embargo, la temperatura de ebullición supera los 60°C, motivo por el cual se utilizará el metanol como solvente comparativo debido a que su temperatura de ebullición es menor a la del etanol y es un solvente que se utiliza en procesos de extracción de compuestos fenólicos, a pesar de ser tóxico⁷⁰; por tanto, este trabajo también tendrá en cuenta este reactivo como el solvente de extracción.

2.3 PREPARACIÓN DE LA MUESTRA PARA EL PROCESO DE EXTRACCIÓN

Para la extracción de los compuestos polifenólicos es necesario adecuar la muestra como se muestra a continuación.

2.3.1 Lavado y corte. Se realiza con la finalidad de remover las impurezas que la cáscara contenga y se realiza el corte de esta para facilitar los posteriores procesos.

⁶⁸ CELA, Rafael, LORENZO, Rosa y CASAIS, María del Carmen. Op. Cit.

⁶⁹ KOSIŃSKA, Agnieszka, et al. Op. Cit.

⁷⁰ OSORIO y MEIRELES. Op. Cit., p. 292.

2.3.2 Secado. La muestra debe ser secada a una temperatura inferior a 60°C (por aproximadamente 24 horas) y su porcentaje de humedad no debe ser mayor al 10%⁷¹.

2.3.3 Molienda. Para aumentar el rendimiento de la extracción es necesario aumentar el área de contacto del soluto con el solvente⁷², por tal motivo la muestra debe ser sometida a un proceso de molienda en el cual se disminuirá el tamaño de partícula.

2.3.4 Tamizado. Esta operación se realiza con la finalidad de separar las partículas gruesas de las finas para que estas últimas sean sometidas al proceso de extracción. Se ha comprobado que en cuanto menor es el tamaño de partícula de la muestra mayor es el rendimiento de la extracción; este puede estar por el orden de 300 μm ⁷³.

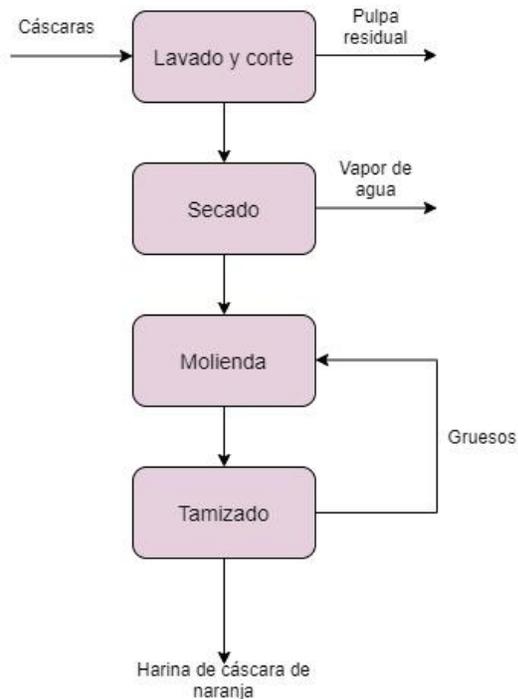
El proceso para la preparación de la muestra se muestra en el siguiente esquema:

⁷¹ MELO, Felipe. Evaluación técnico-financiera para el proceso de obtención de aceite vegetal a partir de aguacate (*Persea americana*) variedad Lorena. Tesis. Universidad de América, Bogotá D.C.: 2018. [Consultado el 15 de Junio de 2020].

⁷² OPAZO, Álvaro. Efecto de la distribución de tamaño de partícula en la extracción de aceite de semillas oleaginosas con CO₂ supercrítico. Tesis. Universidad Técnica Federico Santa María: 2019. [Consultado el 16 de Junio de 2020].

⁷³ PÉREZ, V., LUEGO, E., GUTIÉRREZ, M. y SÁNCHEZ, C. Extracción de compuestos fenólicos de la cáscara de lima (*Citrus Limetta Risso*) y determinación de su actividad antioxidante, Revista de ciencias biológicas y de la salud. 2013, 15 (3). 18-22.

Diagrama 1. Preparación de la muestra



Fuente: elaboración propia

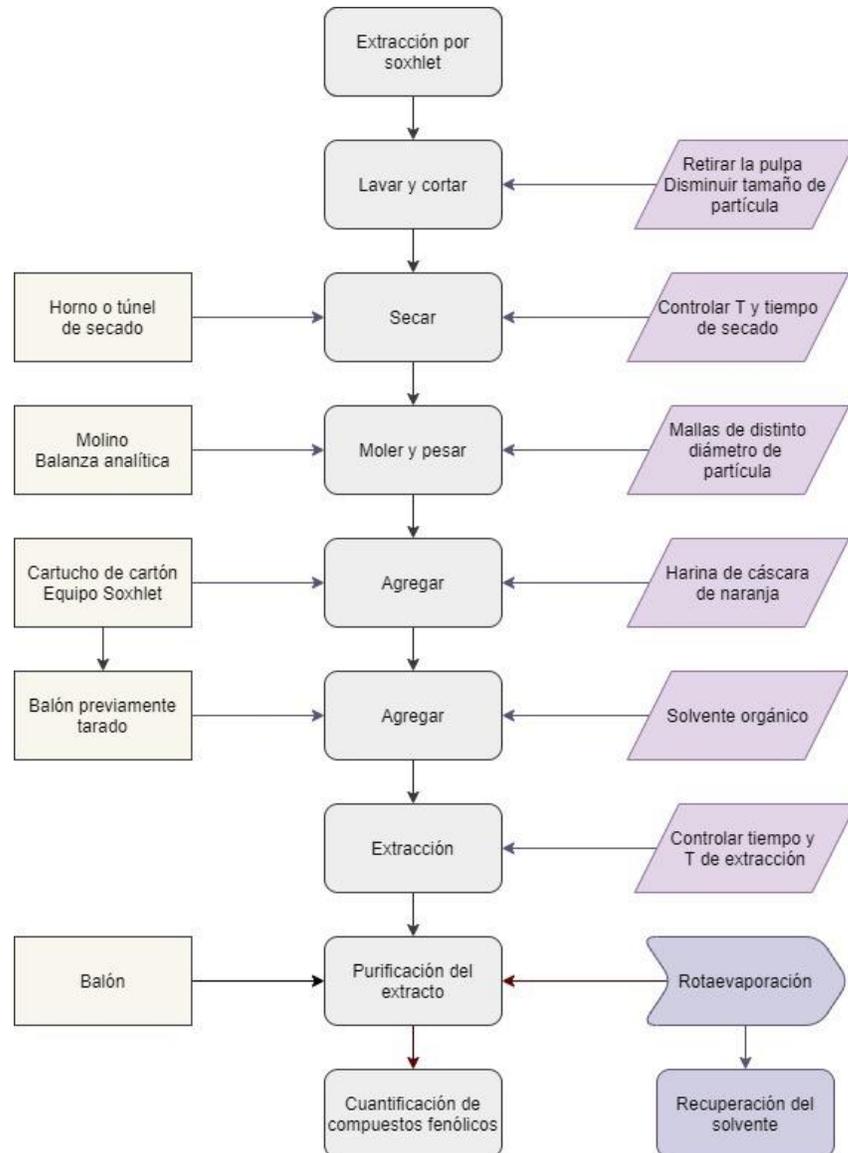
2.4 EXTRACCIÓN DE LOS COMPUESTOS FENÓLICOS POR EL MÉTODO SOXHLET

En esta sección se presentan la metodología y el estado del arte del proceso de extracción de los compuestos fenólicos, así como la identificación y cuantificación de estos mediante el método de Folin-Ciocalteu.

Los antecedentes evaluados hacen referencia a estudios realizados para la naranja variedad Valencia.

2.4.1 Metodología.

Diagrama 2. Metodología del proceso de extracción por soxhlet.



Fuente: elaboración propia, con base en SOTO, María Luisa. Extracción y purificación de compuestos fenólicos a partir de subproductos de destilería de vinos. [en línea]. Tesis. Universidad de Vigo, Ourense: 2015. [Consultado el 16 de Junio de 2020]. Disponible en: <http://www.investigacion.biblioteca.uvigo.es/xmlui/bitstream/handle/11093/412/Extracci%C3%B3n%20y%20purificaci%C3%B3n%20de%20compuestos.pdf?sequence=4>

El rendimiento de la extracción se calcula mediante la ecuación 1.

Ecuación 1. Rendimiento de la extracción

$$\%Rendimiento = \frac{\text{Peso del extracto seco}}{\text{Peso de la muestra}} * 100$$

Fuente: NARANJO, Jorge. Evaluación de dos métodos para la obtención de extractos con actividad antioxidante a partir de gulupa (*Passiflora edulis Sims.*) con aplicación en productos mínimamente procesados. Tesis. Universidad de La Salle, Bogotá D.C.: 2016. [Consultado el 30 de Junio de 2020].

Finalmente, a los extractos se les adicionó el reactivo de Folin-Ciocalteu para cuantificar los compuestos fenólicos⁷⁴.

2.4.2 Antecedentes. En la tesis “Evaluación de la actividad antioxidante e inhibición de la acetilcolinesterasa de extractos etanólicos obtenidos de cáscaras de naranja” de Eileen Guerra, se obtuvieron los extractos a partir de las cáscaras de naranja Valenciag tanto en estado seco como fresco, y se empleó etanol comercial al 96% como solvente de extracción. Las condiciones de operación, para 30 gramos de muestra, fueron las siguientes:

Temperatura de operación: 70°C

Tiempo de extracción: 12 horas

El proceso se realizó por triplicado y los extractos obtenidos se sometieron a rotaevaporación con el fin de concentrar los compuestos fenólicos en la muestra y recuperar el solvente; posteriormente se determinó el contenido de polifenoles totales por el método de Folin.Ciocalteu, tomando como patrón el ácido gálico, en una concentración de 5000 ppm. La curva de calibración se construyó con los extractos etanólicos obtenidos de cáscara de naranja, a los cuales se les adicionó agua desionizada y el reactivo de Folin-Ciocalteu. La mezcla se dejó en reposo a temperatura ambiente y se agregó carbonato de sodio al 10% para posteriormente calentar los tubos de ensayo a una temperatura de 40°C y leer las absorbancias a una longitud de onda de 765 nm (máximo de absorbancia para polifenoles) en un espectrofotómetro de UV-Visible⁷⁵.

⁷⁴ NARANJO, Jorge. Evaluación de dos métodos para la obtención de extractos con actividad antioxidante a partir de gulupa (*Passiflora edulis Sims.*) con aplicación en productos mínimamente procesados. Tesis. Universidad de La Salle, Bogotá D.C.: 2016. [Consultado el 30 de Junio de 2020].

⁷⁵ GUERRA, Eileen. Evaluación de la actividad antioxidante e inhibición de la acetilcolinesterasa de extractos etanólicos obtenidos de cáscaras de naranja. Tesis. Universidad Santo Tomás, Bucaramanga: 2015. [Consultado el 30 de Junio de 2020].

Finalmente, para la determinación del contenido de flavonoides totales se preparó el patrón de quercetina en concentración de 1000 ppm. La curva de calibración se preparó adicionando a cada extracto etanol al 95%, cloruro de aluminio al 10%, acetato de potasio 1M y agua desionizada. Se dejaron reposar las muestras por 30 minutos y se leyeron las absorbancias en el espectrofotómetro UV-Visible a una longitud de onda de 415 nm, correspondiente al máximo de absorbancia para la determinación de flavonoides⁷⁶. Los resultados obtenidos se muestran a continuación.

Este documento se escogió debido a que presenta un estudio completo del proceso de extracción de flavonoides y las condiciones de operación de este.

Tabla 10. Rendimientos promedios de la extracción

Muestra	Peso promedio de la muestra (g)	Peso promedio del extracto (g)	% de rendimiento
En base fresca	30.06	2.670	8.900
En base seca	30.01	8.532	28.40

Fuente: GUERRA, Eileen. Evaluación de la actividad antioxidante e inhibición de la acetilcolinesterasa de extractos etanólicos obtenidos de cáscaras de naranja.

Tabla 11. Cuantificación de polifenoles totales

Extracto	Absorbancia (765 nm)	Concentración (ppm)	Peso extracto seco (g)	PT (mg AG/g extracto seco)
En base fresca	0.6822±0.0702	436.4	0.04500	13.00
En base seca	0.6621±0.0151	423.8	0.04600	39.20

Fuente: GUERRA, Eileen. Evaluación de la actividad antioxidante e inhibición de la acetilcolinesterasa de extractos etanólicos obtenidos de cáscaras de naranja. p. 56.

⁷⁶ Ibid., p. 42-44.

Tabla 12. Cuantificación de flavonoides totales

Extracto	Absorbancia (415 nm)	Concentración (ppm)	Peso extracto seco (g)	FT (mg quercetina/g extracto seco)
En base fresca	0.6360±0.0013	70.00	0.01020	0.1900
En base seca	0.6677±0.0012	73.30	0.007700	0.8100

Fuente: GUERRA, Eileen. Evaluación de la actividad antioxidante e inhibición de la acetilcolinesterasa de extractos etanólicos obtenidos de cáscaras de naranja. p. 58.

En el artículo Antioxidant activities of orange peel extracts, se realiza un procedimiento similar al descrito anteriormente, en donde además de utilizar etanol como solvente extractante, también se utiliza metanol. Las cáscaras de naranja Valencia fueron previamente secadas y se eliminó el contenido de fruta presentes en ellas para posteriormente ser cortadas y secadas a una temperatura de 40°C por 48 horas. La muestra se sometió a molienda y se pasó por un tamiz 24-mesh; posteriormente se realizaron las extracciones con etanol, metanol y otros solventes como diclorometano, acetona, hexano y acetato de etilo por el método sohxlet durante 6 horas. Los extractos se filtraron y se utilizó un rotaevaporador con presión reducida a una temperatura de 60°C para recuperar el solvente.

Se calculó el rendimiento de la extracción mediante diferencia de peso y se determinó el contenido de polifenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu y el contenido de flavonoides totales⁷⁷. Los resultados obtenidos se muestran a continuación.

Este artículo se seleccionó con la finalidad de comparar el rendimiento de la extracción y el contenido fenólico total de la muestra cuando se adicionan diferentes solventes al proceso de extracción. De esta forma se seleccionará el solvente que, además de cumplir con los criterios establecidos en la tabla 9, favorezca el rendimiento del proceso.

⁷⁷ HEGAZY, A. y IBRAIUM, M. Antioxidant activities of orange peel extracts, *Worlds applied sciences journal*. [en línea]. 2012, 18 (5). 684-688. [Consultado el 30 de Junio de 2020]. ISSN 1818-4952. Disponible en: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.389.8801&rep=rep1&type=pdf>

Tabla 13. Relación del solvente orgánico con el rendimiento de la extracción

Solvente	Rendimiento (mg/ 10mL)	%Rendimiento
Metanol	69.27	28.32
Etanol	65.82	27.96
Diclorometano	34.79	13.29
Acetona	49.20	18.21
Hexano	21.76	8.270
Acetato de etilo	58.27	24.92

Fuente: HEGAZY, A. y IBRAIUM, M. Antioxidant activities of orange peel extracts, *Worlds applied sciences journal*. [en línea]. 2012, 18 (5). 684-688. [Consultado el 30 de Junio de 2020]. ISSN 1818-4952. Disponible en: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.389.8801&rep=rep1&type=pdf>

Tabla 14. Relación del solvente orgánico con el contenido de polifenoles y flavonoides totales.

Solvente	TPC (mg/g)	TFC (µg/g)
Metanol	165.4	28.36
Etanol	169.6	29.75
Diclorometano	98.64	17.39
Acetona	145.8	21.87
Hexano	63.20	13.89
Acetato de etilo	85.27	18.36

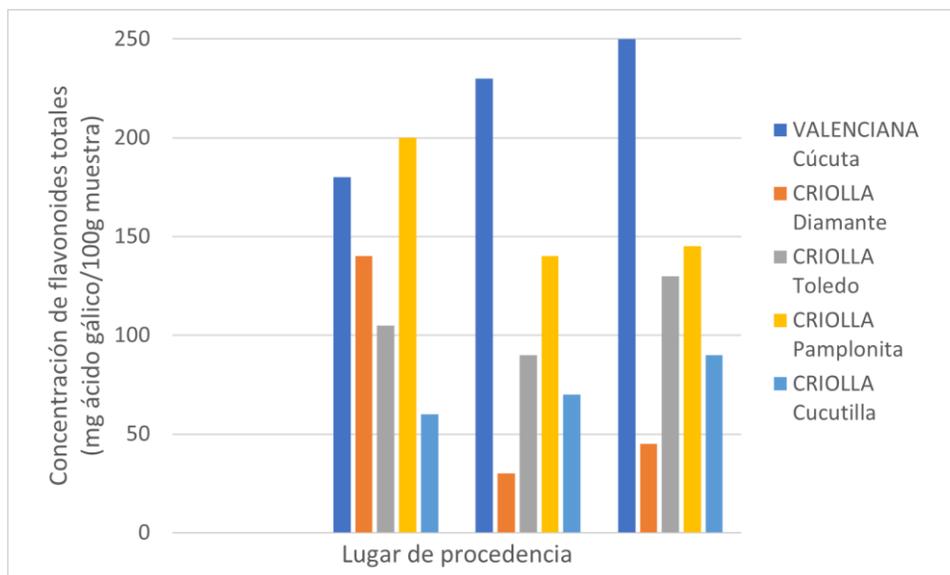
Fuente: HEGAZY, A. y IBRAIUM, M. Antioxidant activities of orange peel extracts, *Worlds applied sciences journal*. [en línea]. 2012, 18 (5). 684-688. [Consultado el 30 de Junio de 2020]. ISSN 1818-4952. Disponible en: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.389.8801&rep=rep1&type=pdf>

En el artículo Cuantificación de flavonoides (Catequinas) en cáscara de naranja variedad criolla (*Citrus Sinensis*) producida en Norte de Santander, se empleó un túnel de secado a una temperatura no mayor a 60°C hasta alcanzar una humedad final del 6%, determinando el tiempo de secado el cual fue de media hora. A diferencia de los estudios mencionados anteriormente, se realizó la cuantificación de flavonoides totales antes del proceso de extracción y se determinó que la condición a la cual se conservaron mejor estos compuestos fue a 50°C con una velocidad de secado de 5 m/s y un tiempo de exposición de 3 horas y media.

Como solvente de extracción se utilizó en metanol al 85% y se variaron las concentraciones de soluto y solvente obteniendo las siguientes relaciones: 1.0, 5.0 y 10 gramos de harina con volúmenes de 10 y 25 mL de solvente. Se determinó que en la relación de 10 gramos de harina y 25 mL de solvente se obtuvo mayor proporción de metabolitos.

Una vez obtenidos los extractos metanólicos se adicionó éter de petróleo en concentración v/v 1:1 y se formaron dos fases, una acuosa y una orgánica, de esta última se tomaron muestras para realizar la cuantificación de flavonoides⁷⁸. Este mismo procedimiento se realizó con la cáscara de naranja variedad Valencia o Valenciana y obtuvieron los resultados que se muestran a continuación.

Gráfico 2. Contenido de flavonoides totales en las muestras de naranja Criolla y naranja Valencia, según su lugar de procedencia.



Fuente: elaboración propia, con base en G,Rangel y P. Adriana. Cuantificación de flavonoides (Catequinas) en cáscara de naranja variedad criolla (*Citrus sinensis*) producida en Norte de Santander: @limentech ciencia y tecnología alimentaria. 2010, 8 (2). 34-43. [Consultado el 10 de Junio de 2020]. ISSN 1692-7125.

La variedad Valencia fue la que reportó mayor contenido polifenólico, siendo 65 mg ácido gálico/100 g muestra mayor que la variedad criolla la cual, a su vez, demostró que el lugar de procedencia influye en el contenido polifenólico del fruto, siendo la naranja procedente de Pamplonita la que registró mayor contenido de flavonoides.

Este antecedente aporta un método de secado distinto a los encontrados en los demás documentos, disminuyendo el tiempo en el que se debe retirar el contenido de humedad del material y, por tanto, disminuyendo el tiempo del proceso completo.

⁷⁸ G,Rangel y P. Adriana. Cuantificación de flavonoides (Catequinas) en cáscara de naranja variedad criolla (*Citrus sinensis*) producida en Norte de Santander: @limentech ciencia y tecnología alimentaria. 2010, 8 (2). 34-43. [Consultado el 10 de Junio de 2020]. ISSN 1692-7125.

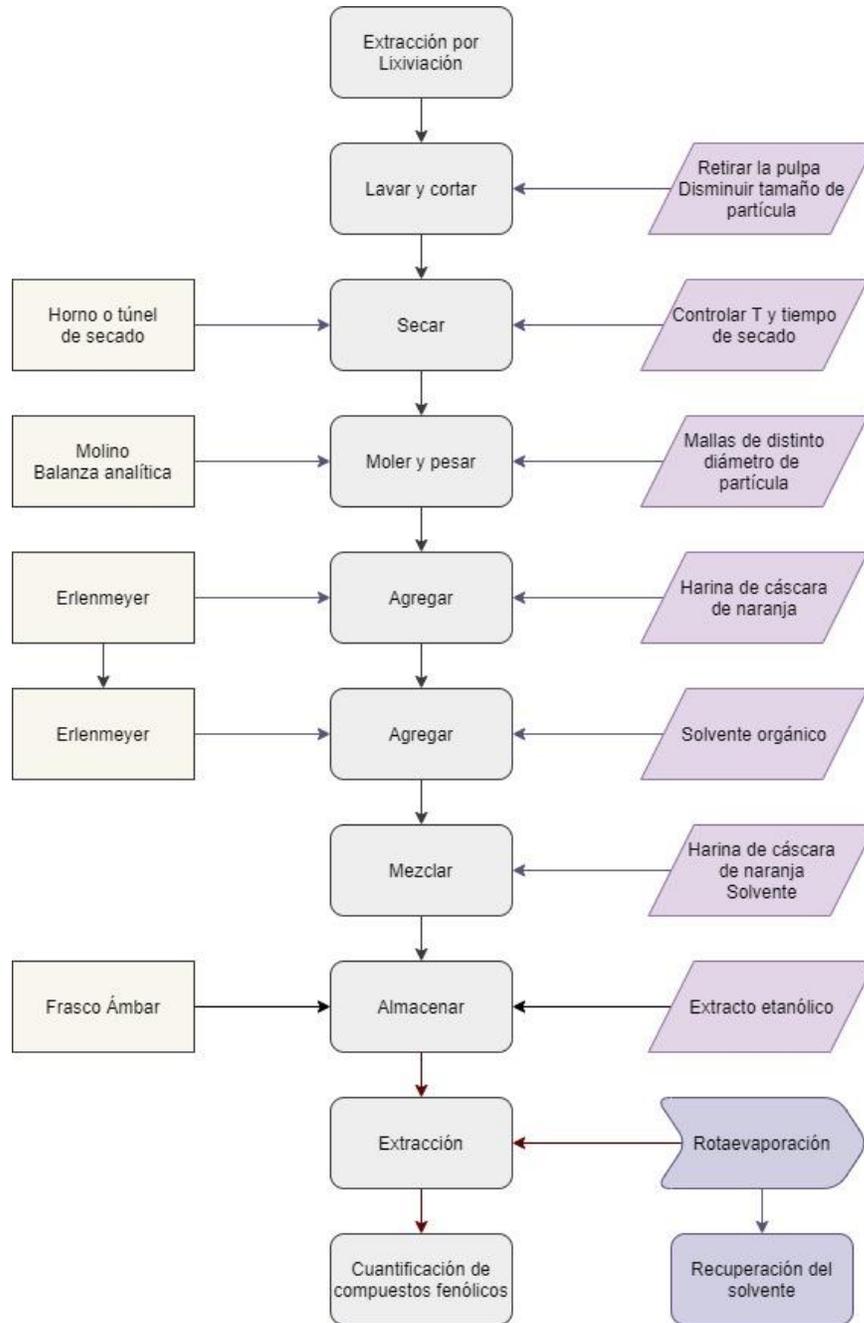
También porque demuestra que el lugar de procedencia de la naranja influye en la cantidad de compuestos fenólicos que existan en sus cáscaras.

2.5 EXTRACCIÓN DE LOS COMPUESTOS FENÓLICOS POR EL MÉTODO DE PERCOLACIÓN

La extracción por este método puede ser en frío o aplicando calor. Debido a que el método soxhlet es en caliente, se analizará el efecto de la temperatura en el proceso de extracción de los compuestos fenólicos, por tal motivo se tendrán en cuenta los estudios realizados en frío por el método de lixiviación.

2.5.1 Metodología. En el diagrama 3 se describe la metodología empleada para el proceso de extracción por percolación o lixiviación.

Diagrama 3. Metodología proceso de extracción por lixiviación



Fuente: AVILA, Frank y GUERRERO, Karen. Op. Cit., p. 65.

2.5.2 Antecedentes. La tesis Evaluación de la actividad antioxidante de extractos obtenidos a partir de la cáscara de naranja Valencia (*Citrus sinensis L.*) utiliza el método de lixiviación en frío con dos solventes: éter de petróleo y etanol al 96%, el primero con el fin de extraer los metabolitos no polares de la cáscara de naranja y el segundo para extraer los compuestos polares. Se evaluó el método tanto para cáscaras en base fresca como para cáscaras en base seca (secadas a 60°C por 4 horas hasta obtener un porcentaje de humedad de 9.45%) y se evaluó el rendimiento del proceso, para cada caso, de acuerdo con la ecuación 2.

Ecuación 2. Rendimiento de la extracción por lixiviación

$$\%Rendimiento = \frac{E-R}{M} * 100$$

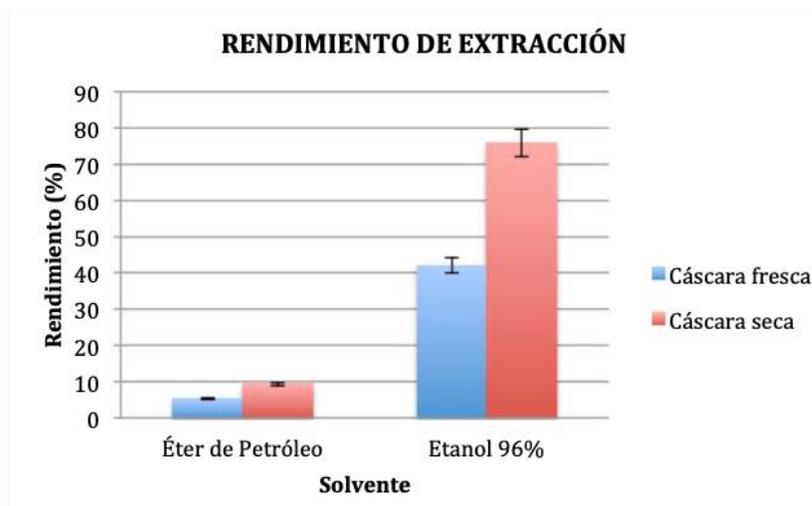
Fuente: AGUILAR, Jeisson. Evaluación de la actividad antioxidante de extractos obtenidos a partir de la cáscara de naranja valencia (*Citrus sinensis L.*). [en línea]. Tesis. Fundación universitaria agraria de Colombia, Bogotá D.C.: 2015. [consultado el 2 de Julio de 2020]. Disponible en: https://issuu.com/maosabo/docs/documento_final_1

En donde E es el peso en gramos del Erlenmeyer con el extracto soluble seco, R es el peso en gramos del Erlenmeyer seco y M es el peso en gramos de la muestra inicial.

Cada extracción se realizó adicionando 20 ± 0.5 gramos de muestra y 50 mL de solvente en un Erlenmeyer de 250 mL, el cual fue recubierto por papel aluminio para evitar la entrada de luz. El sistema se mantuvo a una temperatura de 15°C y se sometió a agitación cada 3 horas durante 46 horas. Posteriormente se filtró el extracto para retirar las cáscaras sobrenadantes; el extracto con éter de petróleo fue sometido a evaporación y se retiró el papel aluminio exponiendo el contenido a temperatura ambiente por un periodo de 24 horas. El extracto etanólico fue sometido a rotaevaporación a $30 \pm 2^\circ\text{C}$. La cuantificación de polinefoles se realizó por el método Folin-Ciocalteu a una longitud de onda de 765 nm con patrón de ácido gálico⁷⁹. Los resultados obtenidos se muestran a continuación.

⁷⁹ AGUILAR. Op. Cit., p. 24-33.

Gráfico 3. Rendimiento de la extracción con diferentes solventes expresado como g de extracto/100 g de extracto crudo.

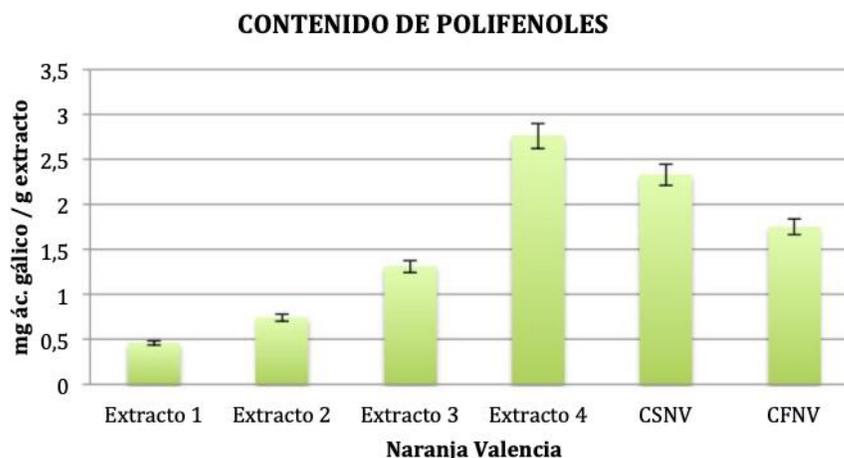


Fuente: AGUILAR, Jeisson. Evaluación de la actividad antioxidante de extractos obtenidos a partir de la cáscara de naranja valencia (*Citrus sinensis L.*). [En línea]. [Consultado 5 Julio 2020]. Disponible en: https://issuu.com/maosabo/docs/documento_final_1

Los rendimientos de acuerdo con los solventes son: etanol en base seca 75.92% y 42.08% en fresca; en cuanto al éter en base seca el rendimiento fue de 9.32% y en base fresca 5.3%.

El siguiente gráfico muestra los resultados obtenidos de los extractos comparados con los realizados en investigaciones por los autores Escobar (CFNV) y Rincón et al. (CSNV), en cáscara fresca y cáscara seca, respectivamente.

Gráfico 4. Composición del contenido de polifenoles en la cáscara de naranja.



Donde: Extracto 1=Éter de Petróleo-Cáscara fresca. Extracto 2=Éter de Petróleo-Cáscara seca. Extracto 3 =Etanol 96%-Cáscara fresca. Extracto 4=Etanol 96%-Cáscara seca. CSNV= cáscara seca de naranja Valencia por Rincón *et al.*, (2005). CFNV= cáscara fresca de naranja Valencia por Escobar, (2010).

Fuente: AGUILAR, Jeisson. Evaluación de la actividad antioxidante de extractos obtenidos a partir de la cáscara de naranja valencia (*Citrus sinensis L.*) p. 53. [En línea]. [Consultado 5 Julio 2020]. Disponible en: https://issuu.com/maosabo/docs/documento_final_1

Finalmente, en la tabla 15 se evidencia la cantidad de polifenoles extraídos de la cáscara de naranja mediante este método.

Tabla 15. Polifenoles obtenidos.

Condición de operación	Éter de petróleo (ppm)	Etanol al 96% (ppm)
Cáscara fresca	0.00230	0.00660
Cáscara seca	0.00370	0.0138

Fuente: AGUILAR, Jeisson. Evaluación de la actividad antioxidante de extractos obtenidos a partir de la cáscara de naranja valencia (*Citrus sinensis L.*) p. 54. [En línea]. [Consultado 5 Julio 2020]. Disponible en: https://issuu.com/maosabo/docs/documento_final_1

Este documento fue considerado dentro de este trabajo debido a que brinda una descripción detallada del método de extracción y los resultados obtenidos son significativos, a pesar de que no se opera a temperaturas altas.

En la tesis de maestría “Extracción de compuestos fenólicos de las cáscaras de cítricos producidos en México”, las cáscaras de naranja Valencia no fueron molidas previamente, de modo que su tamaño fue de 0.5 cm aproximadamente, en un frasco ámbar se pesaron 10 gramos de muestra y se adicionaron 50 mL de etanol al 80%,

en proporción 1:5 a temperatura ambiente ($25 \pm 2^\circ\text{C}$) durante una semana. Posteriormente se filtró el contenido del frasco para retirar las cáscaras del extracto alcohólico y se cuantificaron los compuestos polifenólicos por el método de Folin-Ciocalteu⁸⁰. El proceso se realizó para cáscaras en base seca y en base fresca. Los resultados se muestran a continuación.

Tabla 16. Contenido fenólico presente en las cáscaras de naranja dulce.

Condición de operación	Contenido fenólico (g GAE/100 g)
Base seca	2.75 ± 0.06
Base fresca	0.920 ± 0.02

Fuente: ESCOBAR, Mónica. Extracción de compuestos fenólicos de las cáscaras de cítricos producidos en México. [en línea]. Tesis de maestría. Instituto Politécnico Nacional: 2010. [Consultado el 3 de Julio de 2020]. Disponible en: <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/9612/34.pdf>

Este documento evalúa el desempeño de la extracción por lixiviación con un tiempo de extracción de una semana, por lo cual será útil determinar la influencia del tiempo de extracción en el proceso.

La tesis de Juan David Aristizábal empleó dos solventes para la extracción de compuestos fenólicos, el primero fue éter de petróleo y el segundo etanol, en ambos casos se pesaron 200 gramos de las cáscaras de naranja Valencia pulverizadas y se depositaron en erlenmeyers a los cuales se les adicionó un volumen fijo del solvente, estos fueron almacenados durante 3 días con agitación constante y los extractos obtenidos fueron filtrados y posteriormente recuperados por medio de un rotaevaporador. Estos extractos fueron pesados en seco y se determinó el rendimiento de la extracción con la ecuación 1.

El rendimiento de la extracción para 5.28 g de muestra fue de 2.64% para los extractos etanólicos mientras que en los extractos etéreos (1.65 g de muestra) se obtuvo un rendimiento del 0.825%⁸¹.

Al igual que en el primer antecedente por este método, se trabaja con agitación constante pero el tiempo de extracción varía. Este documento se tuvo en cuenta

⁸⁰ESCOBAR, Mónica. Extracción de compuestos fenólicos de las cáscaras de cítricos producidos en México. [en línea]. Tesis de maestría. Instituto Politécnico Nacional: 2010. [Consultado el 3 de Julio de 2020]. Disponible en: <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/9612/34.pdf>

⁸¹ ARISTIZÁBAL, Juan. Evaluación de la actividad antifúngica de los extractos de las cáscaras y semillas de tres especies de cítricos contra el hongo fitopatógeno *Fusarium roseum*. [en línea]. Tesis. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá D. C.: 2011. [Consultado el 5 de Julio de 2020]. Disponible en: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8842/tesis787.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

debido a que se puede estudiar el efecto en el rendimiento del proceso si se mantiene el sistema bajo agitación.

2.6 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Aunque inicialmente se planteó que la temperatura de extracción no debía superar los 60°C por tratarse de compuestos bioactivos, los resultados obtenidos por el método soxhlet demuestran que a temperaturas de 70°C como en el caso del etanol, se obtienen rendimientos considerables y el contenido de material fenólico es significativo, esto se debe a la estabilidad de los flavonoides en los procesos de extracción y purificación pues presentan una alta resonancia otorgada por los anillos bencénicos lo cual implica alta estabilidad molecular siendo capaces de soportar bajas y altas temperaturas, hasta de 300°C. Por esta misma razón estos compuestos “pueden ser extraídos con solventes orgánicos sin perder sus propiedades estructurales”⁸².

En cuanto a los rendimientos de la extracción por el método soxhlet, en el artículo Antioxidant activities of orange peel extracts se establecen seis solventes orgánicos y se evalúa el efecto en el rendimiento de la extracción y el contenido total de compuestos fenólicos y flavonoides, los resultados obtenidos sugieren que con los solventes polares (metanol y etanol) el rendimiento de la extracción es mayor y por tanto el contenido de los metabolitos también lo es. Sin embargo, el rendimiento de la extracción de los compuestos fenólicos y su actividad antioxidante no solo dependen de la naturaleza del solvente y el método de extracción, dependen también de la estructura de la matriz y los compuestos bioactivos pues los flavonoides presentes en las plantas son una mezcla de diferentes clases de polifenoles solubles en el solvente⁸³.

Otro punto por resaltar es el lugar de procedencia de las cáscaras de naranja, según lo expuesto en el artículo Cuantificación de flavonoides (Catequinas) en cáscara de naranja variedad criolla (*Citrus Sinensis*) producida en Norte de Santander, el lugar de procedencia del material vegetal tuvo influencia en el contenido total de compuestos fenólicos, a pesar de ser tratados bajo las mismas condiciones de operación. En este artículo se alcanzaron concentraciones del orden de 260 mg de ácido gálico/100 g de muestra de flavonoides totales para la especie Valencia del género *Citrus sinensis* o naranja dulce, 65 mg más respecto a la variedad Criolla perteneciente al mismo género, por tanto, se infiere que el contenido fenólico de las naranjas del género *Citrus sinensis* dependerá de la variedad de naranja. De igual manera se le atribuye la incorporación del túnel de secado en el proceso de

⁸² BADUI, S. Química de los alimentos. México D.F.: Logman Alhambra, 2005. 645 p.

⁸³ CONTINI, M., BACCELLONI, S., MASSANTINI, R., y ANELLI, G. Extraction of natural antioxidants from hazelnut (*Corylus avellana* L.) Shell and skin wastes by long maceration at room temperature. Food Chem. 2008, 110 (3). 659-669.

adecuación de la mezcla al alto contenido de flavonoides obtenidos, en comparación con los demás antecedentes, puesto que el tiempo de exposición a la temperatura fue menor (3 horas y media) y a una temperatura que, como se ha dicho antes, permite que los compuestos bioactivos se conserven sin presentar algún tipo de pérdida de metabolitos durante el proceso⁸⁴.

En cuanto al método por lixiviación en frío se encontró que, a pesar de que en la tesis Evaluación de la actividad antioxidante de extractos obtenidos a partir de la cáscara de naranja Valencia (*Citrus sinensis* L.) los resultados del rendimiento de la extracción correspondían a valores del 75.92% en base seca y 2.5 y 3 mg de ácido gálico/100 g de muestra en contenido total de polifenoles, el método no resultó ser el más adecuado para la obtención de estos compuestos ya que en los demás antecedentes no se registró un comportamiento uniforme, tal como se evidencia en el tercer antecedente, cuyo rendimiento de extracción fue apenas del 2.64%. Sin embargo, en la tesis doctoral de la autora Mónica Escobar, Extracción de compuestos fenólicos de las cáscaras de cítricos producidos en México, el contenido de fenoles totales fue de 2.75 ± 0.06 g GAE/100 g muestra. Estos valores son mayores que los reportados en el primer antecedente y se le puede atribuir a la temperatura a la cual se trabajó, superando en 5°C y el tiempo de extracción (1 semana).

A pesar de que en el documento escrito por Mónica Escobar se alcanzaron concentraciones altas de fenoles, se desconoce el rendimiento de la extracción pero se estima que sea bajo debido a que las cáscaras no fueron molidas, por tanto no se aumentó el área de contacto con el solvente y pudo ser un impedimento para el proceso de extracción pues la velocidad de difusión del soluto a través del sólido y la del solvente hasta la superficie de este, depende de factores como el tamaño de partícula del sólido, concentración del disolvente, número de extracciones, temperatura del medio, tiempo de contacto, relación harina-solvente, entre otros. Estos factores suelen ser la resistencia que controla el proceso de lixiviación⁸⁵.

De acuerdo con el análisis realizado, este trabajo tendrá en cuenta el proceso de extracción por el método soxhlet para el diseño conceptual puesto que demostró ser un método que puede ser replicado y sus resultados no estarán tan alejados entre ellos. A pesar de que por el método de lixiviación el consumo de energía es nulo (puesto que se trabajó en frío), el tiempo de extracción es mayor que por el método soxhlet y el rendimiento del proceso presenta mayor variación entre los antecedentes. En cuanto a la temperatura de extracción, ligada al solvente, se demostró que los flavonoides resisten temperaturas mayores a 60°C, por tanto, no

⁸⁴BADUI S. Op. Cit.

⁸⁵ GEANKOPLIS C. Procesos de transporte y operaciones unitarias. México DF: Editorial CECSA, 1998.

es considerado un factor que impida utilizar este método ya que la temperatura es el factor responsable de acelerar el proceso de extracción, esto debido a que las altas temperaturas ayudan a penetrar la matriz disminuyendo la viscosidad del disolvente mejorando el proceso de extracción. Además, las altas temperaturas disminuyen la tensión superficial del solvente, compuestos y matriz⁸⁶.

⁸⁶ OSORIO y MEIRELES. Op. Cit., p. 292.

3. DISEÑO CONCEPTUAL DEL PROCESO

“El diseño conceptual se asocia a la fase de generación de alternativas mediante propuestas formales de diseño”⁸⁷. El diseño está definido como un proceso complejo de búsqueda y alternativas y definición material de las mismas⁸⁸.

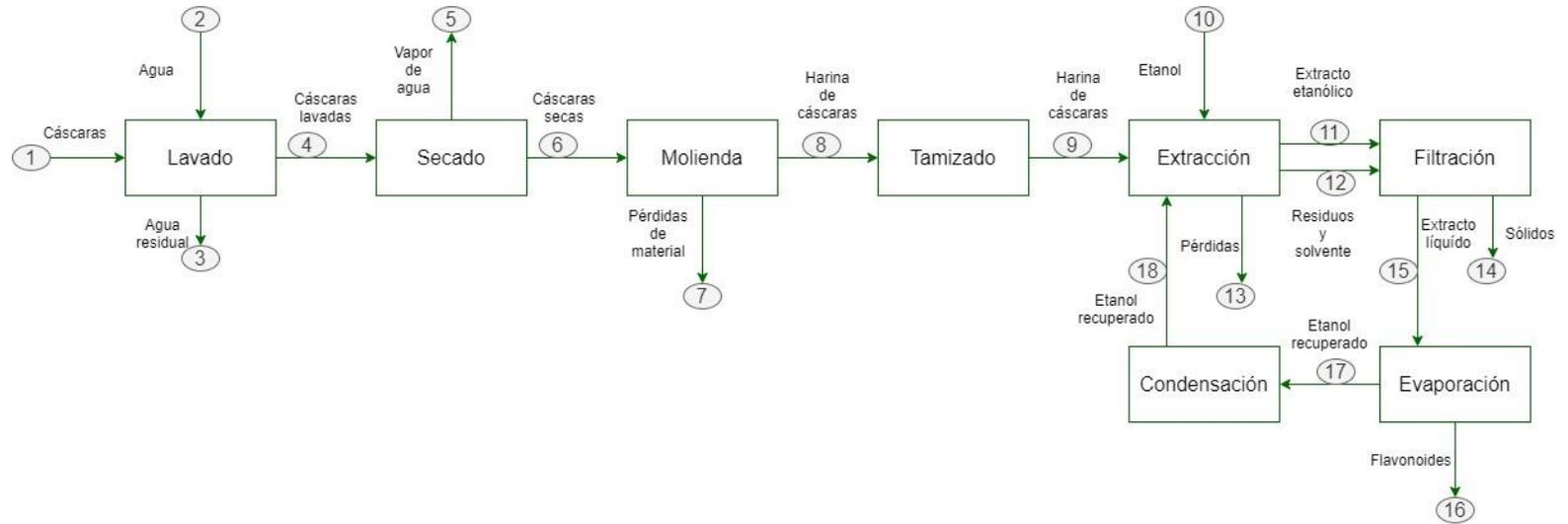
En esta sección se desarrolla el diseño conceptual básico del proceso de extracción de flavonoides a partir de la cáscara de naranja teniendo como base el método seleccionado en el capítulo anterior, considerando las condiciones de operación del antecedente que registró mayor rendimiento en el proceso. El diseño abarcará el diagrama de bloques del proceso, los balances de materia tanto global como en cada operación unitaria, la especificación técnica de los equipos seleccionados y el dimensionamiento de estos.

3.1 DIAGRAMA DE BLOQUES

⁸⁷ GUERRERO, Mauricio; HERNANDIS, Bernabé y AGUDO, Begoña. Estudio comparativo de las acciones a considerar en el proceso de diseño conceptual desde la ingeniería y el diseño de productos: *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*. 2014, 22 (3). 398-411. [Consultado el 23 de Julio de 2020]. ISSN 0718-3305.

⁸⁸ LEÓN, R. *Sistémica aplicada al Diseño de Productos en Venezuela*. Tesis de doctorado. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia: 2009, p. 29.

Diagrama 4. Diagrama de bloques del proceso de extracción



Fuente: elaboración propia

En el cuadro 3 se muestran las corrientes del proceso con su respectiva descripción.

Cuadro 3. Corrientes del proceso.

Corriente	Descripción
1	Cáscara de naranja
2	Agua
3	Agua residual
4	Cáscaras lavadas
5	Vapor de agua
6	Cáscaras secas
7	Pérdidas del material
8	Harina de cáscaras
9	Harina de cáscaras
10	Solvente etanol puro
11	Extracto etanólico
12	Residuos y solvente
13	Pérdidas
14	Sólidos
15	Extracto líquido
16	Flavonoides
17	Solvente recuperado
18	Solvente recuperado condensado

Fuente: elaboración propia.

3.1.1 Especificaciones del proceso. Se plantea el diseño conceptual del proceso para planta piloto con una capacidad de procesamiento de 15 kg/h de cáscaras de naranja, la cantidad requerida de agua para el proceso de lavado se condiciona al equipo de lavado. Adicional a esto se considera que la humedad de las cáscaras es del 75.8% por cada kilogramo de material y las pérdidas en el proceso de molienda son del 1%.

Para el proceso de extracción se establece la relación entre el soluto y solvente correspondiente a 1:8 con un rendimiento de 27.96%⁸⁹ en el proceso. El solvente seleccionado es el etanol debido a que no es tóxico y obtiene rendimientos altos en el proceso de extracción para la obtención de compuestos fenólicos en muestras vegetales, además, es un solvente económico y biodegradable (ver anexo B). Se estima la distribución de las corrientes, basadas en el artículo Flavonoides: su extracción y uso como nuevos antioxidantes⁹⁰ (ver anexo A), como se muestra en el cuadro 4:

⁸⁹ HEGAZY, A. y IBRAIUM, M. Op. Cit., p. 686.

⁹⁰ CAHUEQUE, Clara. Flavonoides: su extracción y uso como nuevos antioxidantes: Ingeniería y Ciencia. 2015, 1.

Cuadro 4. Distribución de las corrientes a la salida del extractor.

Corriente	Descripción	%
\dot{m}_{11}	Solución de flavonoides	23
\dot{m}_{12}	Residuos y solventes	76
\dot{m}_{13}	Pérdidas	1

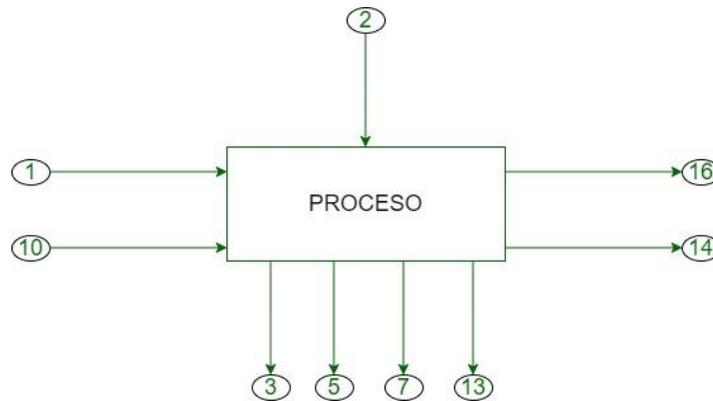
Fuente: elaboración propia, con base en CAHUEQUE, Clara. Flavonoides: su extracción y uso como nuevos antioxidantes: Ingeniería y Ciencia. 2015, 1.

Por último, el equipo rotavapor recupera el 40% del solvente.

3.1.2 Balance de materia.

3.1.2.1 Balance global.

Ilustración 8. Balance global de materia del proceso de extracción de flavonoides.



Fuente: elaboración propia

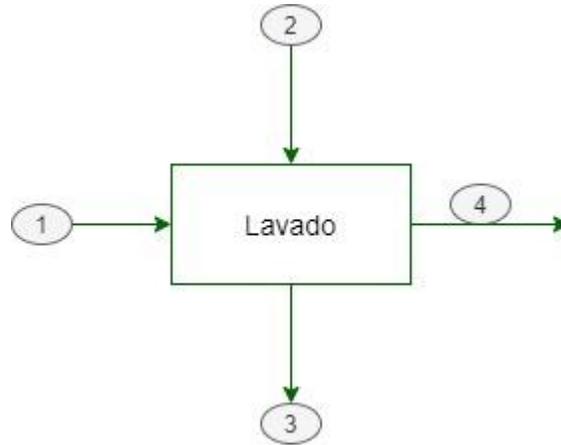
Ecuación 3. Balance global

$$\dot{m}_1 + \dot{m}_2 + \dot{m}_{10} = \dot{m}_3 + \dot{m}_5 + \dot{m}_7 + \dot{m}_{13} + \dot{m}_{14} + \dot{m}_{16} \left[\frac{kg}{h} \right]$$

Fuente: elaboración propia

3.1.2.2 Balance de materia para el proceso de lavado.

Ilustración 9. Balance de materia para el lavado.



Fuente: elaboración propia

A continuación, se muestra el balance de materia para la figura 4.

Ecuación 4. Balance de materia en el lavado

$$\dot{m}_1 + \dot{m}_2 = \dot{m}_3 + \dot{m}_4 \left[\frac{kg}{h} \right]$$

Fuente: elaboración propia

En este caso, se tiene en cuenta que la cantidad de pulpa adherida a la cáscara es mínima, se considera que la cantidad de cáscara que entra es la misma que sale, por tanto:

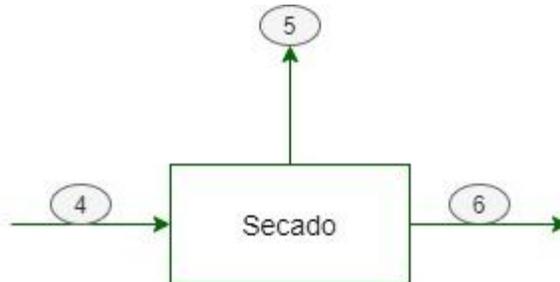
Ecuación 5. Relación de las corrientes 1 y 4

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_4 \left[\frac{kg}{h} \right]$$

Fuente: elaboración propia

3.1.2.3 Balance de materia para el proceso de secado.

Ilustración 10. Balance para el proceso de secado.



Fuente: elaboración propia

La ecuación 7 describe el balance para el proceso de secado.

Ecuación 6. Balance en el secado

$$\dot{m}_4 = \dot{m}_5 + \dot{m}_6 \left[\frac{kg}{h} \right]$$

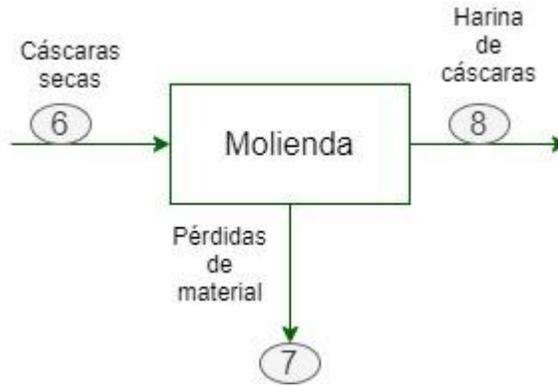
Fuente: elaboración propia

Se debe tener en cuenta el porcentaje de humedad de la cáscara de naranja, descrito en el capítulo 1 (propiedades fisicoquímicas de la cáscara de naranja) el cual tiene un valor de 75.80%⁹¹ y el contenido de humedad mínimo requerido para el proceso de extracción, el cuál será de 6%.

⁹¹ ARIAS, Hugo; TUIRAN, Hernando. Obtención de pectinas críticas a base de las cáscaras de naranja desechadas de los diferentes puestos de fresquerías de la ciudad de Santa Marta. Tesis. Universidad del Magdalena, Santa Matra: 2009. p. 75.

3.1.2.4 Balance de materia para el proceso de molienda.

Ilustración 11. Balance para el proceso de molienda.



Fuente: elaboración propia

Como se mencionó en la sección 3.1.1, en el proceso de molienda se consideran pérdidas del 1%, por tanto, la ecuación que describe el balance del proceso de molienda es la siguiente:

Ecuación 7. Balance en la molienda

$$\dot{m}_6 = \dot{m}_7 + \dot{m}_8 \left[\frac{kg}{h} \right]$$

Fuente: elaboración propia

En donde la corriente 7 representa las pérdidas del material y la corriente 8 es el material a la salida del molino, por tanto, se obtiene la siguiente relación:

Ecuación 8. Cálculo de la corriente 8

$$\dot{m}_8 = \dot{m}_6 - \dot{m}_6 * \text{Pérdida} \left[\frac{kg}{h} \right]$$

Fuente: elaboración propia

3.1.2.5 Balance de materia para el proceso de tamizado.

Ilustración 12. Balance para el proceso de tamizado.



Fuente: elaboración propia

Se estima que en el proceso de tamizado no existen pérdidas significativas, por tanto, la corriente de entrada es igual a la de salida.

3.1.2.6 Balance de materia para el proceso de extracción.

Ilustración 13. Balance para el proceso de extracción.



Fuente: elaboración propia

Ecuación 9. Balance en la extracción

$$\dot{m}_9 + \dot{m}_{10} + \dot{m}_{18} = \dot{m}_{11} + \dot{m}_{12} + \dot{m}_{13} \left[\frac{kg}{h} \right]$$

Fuente: elaboración propia

3.1.2.6 Balance de materia para el proceso de filtración.

Ilustración 14. Balance para el proceso de filtración.



Fuente: elaboración propia

La ecuación 10 hace referencia al balance de materia en el proceso de filtración.

Ecuación 10. Balance en la filtración

$$\dot{m}_{11} + \dot{m}_{12} = \dot{m}_{14} + \dot{m}_{15} \left[\frac{kg}{h} \right]$$

Fuente: elaboración propia

3.1.2.7 Balance de materia para el proceso de evaporación.

Ilustración 15. Balance para el proceso de evaporación.



Fuente: elaboración propia

Ecuación 11. Balance en la evaporación

$$\dot{m}_{15} = \dot{m}_{16} + \dot{m}_{17} \left[\frac{kg}{h} \right]$$

Fuente: elaboración propia

En este proceso se tiene en cuenta el porcentaje de recuperación del solvente por parte del equipo, el cual se estima que se encuentra en el 40%.

Ecuación 12. Solvente recuperado

$$\dot{m}_{17} = \dot{m}_{15} * \text{Recuperación} \left[\frac{kg}{h} \right]$$

Fuente: elaboración propia

Se tiene en cuenta el rendimiento de la extracción (27.96%) para la corriente 16, correspondiente a la masa de flavonoides.

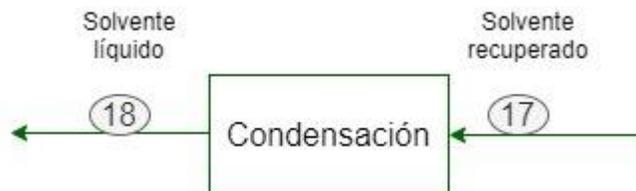
Ecuación 13. Cálculo flavonoides extraídos

$$\dot{m}_{16} = \dot{m}_9 * \text{Rendimiento} \left[\frac{kg}{h} \right]$$

Fuente: elaboración propia

3.1.2.8 Balance de materia para el proceso de condensación.

Ilustración 16. Balance para el proceso de condensación.



Fuente: elaboración propia

En este proceso no se tienen en cuenta pérdidas, por tanto, la corriente a la entrada (17) es la misma a la salida (18).

La tabla 17 presenta el resumen de las corrientes del proceso de extracción de flavonoides a partir de la cáscara de naranja, por el método de soxhlet.

Tabla 17. Balance de materia en las corrientes del proceso

Corriente	Descripción	Valor en kg/h
1	Cáscara de naranja	15.00
2	Agua	150.00
3	Agua residual	150.00
4	Cáscaras lavadas	15.00
5	Vapor de agua	5.923
6	Cáscaras secas	9.077
7	Pérdidas del material	9.077e ⁻²
8	Harina de cáscaras	9.068
9	Harina de cáscaras	9.068
10	Solvente etanol puro	35.31
11	Extracto etanólico	15.52
12	Residuos y solvente	51.27
13	Pérdidas	0.6747
14	Sólidos	6.533
15	Extracto líquido	60.26
16	Flavonoides	2.535
17	Solvente recuperado	23.01
18	Solvente recuperado condensado	23.01

Fuente: elaboración propia

3.2 SELECCIÓN DE EQUIPOS

3.2.1 Proceso de lavado. La lavadora general de alimentos con referencia 10067-2, permite retirar la pulpa residual de las cáscaras de naranja y eliminar las impurezas que estas contengan.

Ilustración 17. Lavadora general de fruta.



Fuente: IMARCA. Lavadora general de alimentos Ref. 10067-2. [Consultado el 30 de Julio de 2020]. Disponible en: <http://www.imarca.com.ve/Lavadora-general-de-Alimentos.php>

Tabla 18. Ficha técnica de la lavadora ref. 10067-2.

Característica	Valor	Unidad
Capacidad	300 - 500	kg/h
Poder	1.5	kW
Voltaje	220	VAC
Duración por carga	10 - 15	min
Peso	200	kg
Dimensiones	118x78x108	cm
Recirculación de agua	150	L

Fuente: IMARCA. Lavadora general de alimentos Ref. 10067-2. [Consultado el 30 de Julio de 2020]. Disponible en: <http://www.imarca.com.ve/Lavadora-general-de-Alimentos.php>

3.2.2 Proceso de secado. El horno deshidratador de frutas de la empresa Exhibir está elaborado en acero inoxidable, cuenta con una capa aislante de 4 cm y cuenta con un sistema que permite graduar la temperatura hasta 70°C.

Ilustración 18. Horno deshidratador de frutas.



Fuente: EXHIBIR. Deshidratador de frutas. [Consultado el 30 de Julio de 2020]. Disponible en: <https://exhibirequipos.com/producto/horno-deshitrado-15-bandejas/>

Tabla 19. Ficha técnica horno deshidratador.

Característica	Valor	Unidad
Capacidad	<= 80	kg
Área de secado	4.38	m ²
Dimensiones	63x85x220	cm
Consumo de energía	2.4	kW

Fuente: EMAQ INDUSTRIAL. Horno deshidratador de frutas. [Consultado el 30 de Julio de 2020]. Disponible en: <https://exhibirequipos.com/producto/horno-deshitrado-15-bandejas/>

3.2.3 Proceso de molienda. Se utilizará el molino pulverizador referencia 10134 de la empresa Imarca, fabricado en acero inoxidable el cual permite ajustar la textura de la molienda.

Ilustración 19. Molino pulverizador.



Fuente: IMARCA. Molino pulverizador. [Consultado el 2 de Agosto de 2020]. Disponible en: <http://imarca.com.ve/Molino-pulverizador.php>

En la tabla 18 se muestran las características del equipo.

Tabla 20. Ficha técnica molino pulverizador.

Característica	Valor	Unidad
Capacidad	20 - 30	kg/h
Poder	1500	W
Voltaje	220	VAC
Velocidad	1500	rpm
Peso	33	kg
Medidas	75x34x37	cm

Fuente: IMARCA. Molino pulverizador. [Consultado el 2 de Agosto de 2020]. Disponible en: <http://imarca.com.ve/Molino-pulverizador.php>

3.2.4 Proceso de extracción. Se plantea utilizar un equipo soxhlet a escala industrial, con capacidad superior a 50 L. El extractor es de marca Leno fabricado en acero inoxidable, contiene una válvula de presión que permite ajustar la variable de operación.

Ilustración 20. Extractor soxhlet a escala industrial.



Fuente: ALIBABA. Extractor soxhlet a escala industrial. [Consultado el 2 de Agosto de 2020]. Disponible en: https://spanish.alibaba.com/product-detail/factory-price-stainless-steel-essence-extractor-62195016169.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_image.4bb27144zglUUU

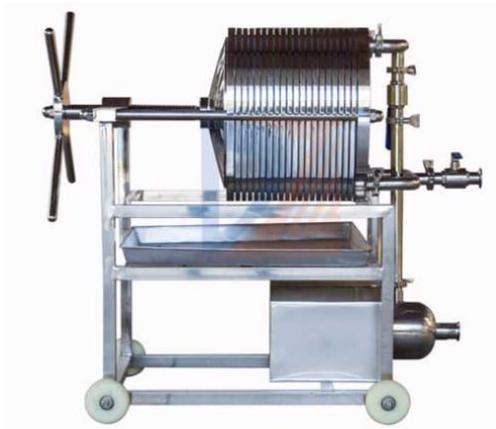
Tabla 21. Ficha técnica extractor soxhlet.

Característica	Valor	Unidad
Capacidad	50 - 60	L
Poder	2500	W
Voltaje	180	VAC
Consumo de agua	70	L/h
Peso	50	kg

Fuente: ALIBABA. Extractor soxhlet a escala industrial. [Consultado el 2 de Agosto de 2020]. Disponible en: https://spanish.alibaba.com/product-detail/factory-price-stainless-steel-essence-extractor-62195016169.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_image.4bb27144zglUUU

3.2.5 Proceso de filtración. El equipo seleccionado es un filtro de prensa DZCR-100. Este equipo se utiliza especialmente para separar sólidos de líquidos en la producción de alimentos, fármacos y cosméticos. El modelo DZCR-100 es utilizado también a nivel laboratorio con fines de producción en etapa de prueba, está fabricado en acero inoxidable 304, seguro para la industria alimentaria.

Ilustración 21. Filtro de prensa DZCR-100.



Fuente: SHANGHAI DAZHANG. Filtro en acero inoxidable DZCR-100. [Consultado el 4 de agosto del 2020]. Disponible en: <https://www.filter-presses.cn/product/Stainless-steel-multilayer-filter.html>

Tabla 22. Ficha técnica filtro de prensa DZCR-100.

Característica	Valor	Unidad
Capacidad	Hasta 200	L/h
Área del filtro	0.08	m ²
Potencia de la bomba	0.37	kW
Dimensiones	300x300x600	mm
Presión del filtro	0.3	MPa
Platos	10	pc

Fuente: SHANGHAI DAZHANG. Filtro en acero inoxidable DZCR-100. [Consultado el 4 de Agosto del 2020]. Disponible en: <https://www.filter-presses.cn/product/Stainless-steel-multilayer-filter.html>

3.2.6 Proceso de evaporación y condensación. El evaporador rotatorio referencia PR-50 es de la marca Purui, cuenta con un matraz rotativo de 50 L y dos matraces receptores de 10 L cada uno. La ventaja de este equipo es que permite trabajar a temperaturas menores debido a que opera al vacío.

Ilustración 22. Evaporador rotatorio industrial.



Fuente: ALIBABA. Evaporador rotatorio al vacío. [Consultado el 3 de agosto de 2020]. Disponible en:
https://spanish.alibaba.com/product-detail/50l-rotary-evaporator-with-electric-lift-water-bath-60476507542.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_image.27baa3a3Kpyws3

Tabla 23. Ficha técnica evaporador rotatorio PR-50.

Característica	Valor	Unidad
Velocidad de rotación	5 – 110	rpm
Capacidad	50	L
Potencia de potencia	1.76	W
Dimensiones	120x80x220	cm
Tasa de vacío	0.096	MPa
Consumo de agua	70	L/h

Fuente: ALIBABA. Evaporador rotatorio al vacío. [Consultado el 3 de Agosto de 2020]. Disponible en: https://spanish.alibaba.com/product-detail/50l-rotary-evaporator-with-electric-lift-water-bath-60476507542.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_image.27baa3a3Kpyws3

3.3 ANÁLISIS DE COSTOS DEL PROCESO

Un proceso (industrial o nuevo proceso) solo tiene estabilidad en el mercado si es favorable su aspecto económico. Con base en lo anterior, se debe identificar el nivel de diseño para realizar el análisis de costos de este, existen 3 tipos de niveles de diseño de procesos:

- Diseño preliminar.
- Estudio de preinversión.
- Diseño final, o ingeniería de detalle.

El primer nivel abarca la información básica del proyecto, el diseño aproximado y escenarios económicos simples, esto con la finalidad de llegar a un diagnóstico preliminar sobre el potencial económico del proceso. En esta etapa se debe tomar la decisión de continuar o no con el proyecto, dependiendo de si existe una perspectiva económica favorable⁹². En este proyecto se trabajará con el primer nivel de diseño.

3.3.1 Componentes de la economía de un proceso. “Para establecer una actividad económica se requiere de una inversión”⁹³. La inversión requerida se puede calcular mediante la ecuación 16.

⁹² JIMENEZ, Arturo. Diseño de procesos en ingeniería química. Barcelona: Editorial Reverté S.A., 2003. p. 8. ISBN 84-291-7277-7.

⁹³ Ibid., p. 8.

Ecuación 14. Cálculo inversión necesaria

$$I = I_F + I_W$$

Fuente: JIMENEZ, Arturo. Diseño de procesos en ingeniería química. Barcelona: Editorial Reverté S.A., 2003. p. 8. ISBN 84-291-7277-7.

En donde I_F es la inversión fija y I_W es la inversión en componentes del proceso: bombas, reactores, columnas, entre otros. El término I_W se define como capital de trabajo o circulante referente a la cantidad necesaria para mantener la operación, un ejemplo es el inventario disponible en un mes.

La inversión fija se divide en la inversión de los componentes principales del proceso y la inversión en los componentes auxiliares de este, como por ejemplo las torres de enfriamiento o los generadores de vapor. Así, la inversión fija es la suma de los componentes (principales y auxiliares) del proceso⁹⁴.

Por otro lado, de acuerdo con el autor Arturo Jiménez, el costo de operación puede evaluarse mediante la ecuación 17, y puede expresarse como \$/año (en unidad de tiempo) o \$/kg (en unidad de producción):

Ecuación 15. Cálculo del costo de operación

$$C = aI_F + bMP + cE + dMO - pSP$$

Fuente: JIMENEZ, Arturo. Diseño de procesos en ingeniería química. Barcelona: Editorial Reverté S.A., 2003. p. 8. ISBN 84-291-7277-7.

C: Costo de operación.

a: Factor de gastos anuales (regalías, mantenimiento).

bMP: Costo unitario de cada materia prima. Pueden estimarse como fracción de la inversión fija.

cE: Costo de cada servicio.

dMO: Costo de mano de obra.

pSP: Precio de cada subproducto.

⁹⁴ Ibid., p. 8.

3.3.2 Estimación de costos de inversión. El nivel de precisión en las estimaciones de costos de inversión varía dependiendo del nivel de desarrollo del proyecto, esta precisión puede variar desde el 40% para una estimación preliminar hasta un 3% para una estimación detallada⁹⁵. Lo anterior indica que en este proyecto el nivel de precisión en los costos de inversión puede variar en un 40%.

Para realizar el análisis de costos del proyecto es necesario establecer el alcance de este. No se tendrán en cuenta costos de inventario debido a que el análisis se realizará solo para el proceso de obtención de los compuestos antioxidantes, tampoco se tendrá en cuenta el factor a mencionado en la sección 3.3.1. No se tendrán en cuenta los componentes auxiliares (debido a que los equipos previamente seleccionados incluyen sistemas de enfriamiento, bombas y demás accesorios) ni el costo de mano de obra.

El precio del solvente fue obtenido de la empresa Tienda Calima. Según el balance de masa descrito en la sección 3.1.2 la cantidad necesaria de solvente, según la relación 1:8 previamente establecida, es de 60 litros por día. El precio por litro es de \$9,900 pesos colombianos. Las cotizaciones del reactivo y los equipos se encuentran en los anexos B y C respectivamente.

Se procesarán 315 kg de cáscara de naranja al mes trabajando durante 21 días. Por tanto, los valores en los servicios tendrán en cuenta la duración de los equipos en uso y el tiempo de trabajo en el mes.

El precio de los equipos y servicios se muestran en las tablas 24 y 25, respectivamente. Se debe tener en cuenta el valor del CIF para equipos importados, según la revista dinero, este corresponde al 36.6%⁹⁶. En este caso aplica para el extractor, el filtro y el evaporador.

⁹⁵ Ibid., p. 38.

⁹⁶ DINERO. Los costos y el tiempo que tarda importar y exportar una mercancía en Colombia. 2020.

Tabla 24. Precios de equipos en pesos colombianos.

Equipo	Precio	Valor CIF (%)
Lavadora de fruta con cepillos	15'384,000	N/A
Horno deshidratador de frutas	9'850,000	N/A
Molino pulverizador	4'230,600	N/A
Extractor soxhlet	26'1568,823	35'732,952
Filtro de prensa DZCR-100	4'295,982	5'868,311
Evaporador rotatorio	14'999,400	20'489,180

Fuente: elaboración propia.

El horno deshidratador es fabricado por una empresa colombiana, la lavadora y el molino pulverizador los comercializa la empresa venezolana Imarca, los costos de importación de estos dos últimos equipos no están contemplado en el proyecto, debido a que el monto supera los USD1000, se debe contratar a una empresa de aduanas para que realice este proceso⁹⁷.

El precio de los servicios se calcula teniendo en cuenta el consumo de los equipos seleccionados. Para el mes de agosto la empresa de acueducto de la ciudad de Bogotá cobra una tarifa fija de \$17,373.62 para el sector no residencial industrial. Los datos suministrados por las empresas proveedoras de servicios en la ciudad de Bogotá se encuentran en el anexo D.

Tabla 25. Precio de los servicios por unidad en pesos colombianos.

Servicio	Unidad	Precio
Agua	\$/m ³	3,601.86
Luz	\$/kwh	494.8514

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con la información suministrada en las tablas 24 y 25 y el precio del solvente se calculan los costos fijos teniendo en cuenta que el proceso es por lotes y el tiempo de uso de los equipos es el siguiente: el proceso de lavado dura 15 minutos, el proceso de secado dura 24 horas y se secarán las cáscaras 1 vez por semana, los procesos de molienda y evaporación y recuperación del solvente duran

⁹⁷ ENCOLOMBIA. Trámite de importación. [Sitio web]. Disponible en: <https://encolombia.com/economia/economiacolombiana/tramitedeimpo/>

aproximadamente 1 hora, (la molienda se realizará 2 veces por semana). La extracción dura 6 horas y la filtración dura 30 minutos para procesar 15 kg de cáscara de naranja al día. En la tabla 26 se describen los costos del servicio de agua, los cálculos se encuentran en el anexo E. Cabe resaltar que estos costos se calculan únicamente con el tiempo de uso de los equipos y no el tiempo total del consumo del servicio (es decir, si se encuentran conectados durante las 24 horas del día).

Tabla 26. Costos del servicio de agua.

Operación	Costo al día (pesos colombianos)	Costo al mes (pesos colombianos)
Lavado	33.767	18,082.74
Extracción	9,076.69	207,984.05
Evaporación	252.1302	22,668.35
Total	9,362.585	248,735.142

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 27 se describen los costos del servicio de luz.

Tabla 27. Costos del servicio de energía.

Operación	Costo al día (pesos colombianos)	Costo al mes (pesos colombianos)
Lavado	185.57	3,896.95
Secado	28,503.44	114,013.76
Molienda	742.28	15,587.82
Extracción	7,422.77	155,878.19
Filtración	91.5475	1,992.5
Evaporación	870.938	18,289.71
Total	37,816.54	299,939.33

Fuente: elaboración propia.

El costo de inversión de los equipos y el solvente orgánico es de aproximadamente 94 millones de pesos colombianos, de los cuales \$2'376,000 equivalen al precio del solvente requerido en un mes. En cuanto al costo mensual de operación, aproximadamente, se obtiene un total de 550,000 pesos colombianos, por tanto, los costos de servicios y adquisición de la materia prima equivalen a \$2'924,674.47 pesos al mes.

Si se tiene en cuenta que los flavonoides obtenidos mediante este proceso son utilizados como insumo en tres grandes industrias, se puede explorar la posibilidad de que el proyecto pueda ser viable pues, de 315 kg procesados al mes, se obtienen 53 kg de extracto fenólico con un costo de operación de aproximadamente 3 millones de pesos. Sin embargo, esto depende del valor del VPN o la TIR obtenidos en el estudio financiero.

En el mercado de la industria cosmética se encuentran productos cuyos componentes contienen flavonoides, un ejemplo de ello es la crema *Lierac Lift Integral Sculpting Lift Cream Nutri* de la marca *LIERAC Paris* cuyo costo (por 50 ml de producto) es de \$324,261 COP. Otro ejemplo es el extracto de naranja amarga de la marca Gran Velada, cuyo costo por litro es de 27 euros (aproximadamente \$122,645 COP). Estos productos se encuentran en el anexo F.

4. CONCLUSIONES

- La identificación de las características fisicoquímicas de la naranja fue posible. El contenido de humedad (75.80%) resultó ser la variable más significativa debido al efecto contraproducente que esta genera sobre el proceso de extracción de flavonoides. Otras propiedades identificadas fueron el contenido de cenizas y grados Brix.
- A través de la revisión del estado del arte fue posible identificar la metodología más apropiada para la extracción de flavonoides a partir de solventes orgánicos mediante la matriz de decisión Pugh. Factores como temperatura, relación soluto: solvente y tiempo de extracción fueron significativos para la selección del método. La metodología seleccionada (soxhlet) demostró ser apropiada obteniendo un rendimiento de extracción del 27.96% con concentraciones de 169.6 mg/g de polifenoles y 29.75 µg/g de flavonoides.
- Se realizó el diseño conceptual básico del proceso de extracción de flavonoides a partir de la cascara de la naranja bajo un esquema de 8 etapas. Las condiciones de operación para este diseño fueron: alimentación de 15 kg de cáscara de naranja fresca con un contenido de humedad final del 6%, etanol al 96% como disolvente y una relación soluto: solvente 1:8. Del proceso se obtienen 2.54 kg de flavonoides con una recuperación del 40 % del solvente, estos resultados son acordes con la información disponible en la literatura abierta.
- El proyecto requiere una inversión de \$93'779,043.8 para desarrollarlo a escala piloto. Los costos de operación mensual corresponden a \$2'924,674.47 pesos. La viabilidad comercial del mismo dependerá de un estudio de mercado.

5. RECOMENDACIONES

- Se recomienda llevar a cabo la experimentación con la finalidad de validar los resultados expuestos a lo largo del documento.
- Se recomienda incluir una mezcla de solventes en el proceso de extracción para obtener un extracto con mayor pureza.
- Evaluar la vida útil del solvente recirculado en el proceso de extracción para determinar el efecto que tiene en la obtención de los compuestos fenólicos y evitar pérdidas en el proceso.
- En cuanto a los costos de inversión y operación, es necesario realizar un diseño detallado acompañado de un análisis financiero para establecer el valor real de los costos de estos.
- Emplear el residuo sólido proveniente del proceso de filtración para ser evaluado en un biodigestor, como fuente energética, o utilizarlo como compostaje.
- Implementar un método de secado mediante el cual se garantice que el contenido de humedad final se encuentre por debajo del 10%, y cuyo tiempo y temperatura de extracción no excedan las 24 horas y los 60°C, respectivamente.
- Se debe plantear un acondicionamiento de la muestra en donde se utilice un equipo para retirar el contenido de humedad de las cáscaras y posterior disminución del tamaño de partícula que incremente el área de contacto entre el solvente y la muestra y así aumentar la extracción.

BIBLIOGRAFÍA

AGUILAR, Jeisson. Evaluación de la actividad antioxidante de extractos obtenidos a partir de la cáscara de naranja valencia (*Citrus sinensis* L.). [en línea]. Tesis. Fundación universitaria agraria de Colombia, Bogotá D.C.: 2015. [consultado el 2 de Julio de 2020]. Disponible en: https://issuu.com/maosabo/docs/documento_final_1

ARÉVALO MARTÍN, Margarita. Determinaciones cuantitativas en naranja mediante tecnologías NIRS. [en línea]. Tesis. Universidad Pública de Navarra: 2013. [Consultado 17, Marzo, 2020]. Disponible en: https://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/8748/TyCIAA_TFM_Margarita_Ar%C3%A9valo_Mart%C3%ADn1.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ARIAS, B. A. and RAMÓN-LACA, L. Pharmacological properties of citrus and their ancient and medieval uses in the Mediterranean region. *Journal of Ethnopharmacology*. 2005. Vo. 97, Nro. 1. p. 89-95.

ARIAS, Hugo; TUIRAN, Hernando. Obtención de pectinas críticas a base de las cáscaras de naranja desechadas de los diferentes puestos de refresquerías de la ciudad de Santa Marta. Tesis. Universidad del Magdalena, Santa Matra: 2009. p. 75.

ARISTIZÁBAL, Juan. Evaluación de la actividad antifúngica de los extractos de las cáscaras y semillas de tres especies de cítricos contra el hongo fitopatógeno *Fusarium roseum*. [en línea]. Tesis. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá D. C.: 2011. [Consultado el 5 de Julio de 2020]. Disponible en: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8842/tesis787.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ASOHOFrucOL. Balance del sector hortofrutícola en 2019. [Sitio web]. 2020. [Consultado 25 de septiembre de 2020]. Disponible en: <http://www.asohofrucol.com.co/interna.php?cat=3&scat=45&act=1>

AVELLO, Marcia y SUWALSKY, Mario. Atenea, Radicales libres, antioxidantes naturales y mecanismos de protección. [en línea]. 2006. 494. 161-172. [Consultado 19, Marzo, 2020]. ISSN 0718-0462. Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-04622006000200010

AVILA Frank, GUERRERO Karen. Obtención de un conservante natural a partir de la semilla de aguacate variedad Hass (*persea americana* mill). [en línea]. Tesis. Universidad de América. 2019. [Consultada el 25 de Marzo de 2020]. Disponible en: <http://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7627/1/6112706-2019-2-IQ.pdf>

AVILA, Iris., Estudio de los compuestos polifenólicos, con énfasis en flavonoides, del hongo *lentinula edodes* y determinación de la actividad antioxidante, Trabajo de grado para optar por el título de Magister en química, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 2009, p.37.

BADUI, S. Química de los alimentos. México D.F.: Logman Alhambra, 2005. 645 p.

BATTISON, Leila. Nueva técnica para convertir cáscara de naranja en biocombustible, BBC mundo. [en línea]. 2011. [Consultado el 24 de Mayo de 2020]. Disponible en https://www.bbc.com/mundo/noticias/2011/09/110921_cascara_naranja_biocombustible_rg.shtml

CAHUEQUE, Clara. Flavonoides: su extracción y uso como nuevos antioxidantes: Ingeniería y Ciencia. 2015, 1.

CARTAYA y REYNALDO, Inés. Cultivos Tropicales. [en línea]. 2001. 22 (2). 5-14. [Consultado el 26 de Marzo de 2020]. ISSN 0258-5936. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193215009001.pdf>

CELA, Rafael, LORENZO, Rosa y CASAIS, María del Carmen. Técnicas de separación en química analítica. Madrid.

CHÁFER, M.; et al. Microstructure and vacuum impregnation response of citrus peels. Food Research International. 2003. Vo. 36, Nro. 1. p. 35-41.

CONPES. Política nacional para la gestión integral de residuos sólidos. Bogotá D.C. 2016. [Consultado el 10 de Julio de 2020]. Disponible en: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3874.pdf>

CONTINI, M., BACCELLONI, S., MASSANTINI, R., y ANELLI, G. Extraction of natural antioxidants from hazelnut (*Corylus avellana* L.) Shell and skin wastes by long maceration at room temperature. Food Chem. 2008, 110 (3). 659-669.

DANE, Encuesta nacional agropecuaria (ENA) primer semestre 2019. Colombia. [en línea]. [Consultado 15, Febrero, 2019]. Disponible en: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/enda/ena/2019/boletin_ena_2019-I.pdf

DÍAZ SOTO, Luis. Revista Cubana de medicina militar, Daño oxidativo, radicales libres y antioxidantes. [en línea]. 2002. 31 (2). [Consultado el 19 de Marzo de 2020]. ISSN 1561-3046. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=si_arttext&pid=S0138-65572002000200009

ESCOBAR, Mónica. Extracción de compuestos fenólicos de las cáscaras de cítricos producidos en México. [en línea]. Tesis de maestría. Instituto Politécnico Nacional: 2010. [Consultado el 3 de Julio de 2020]. Disponible en: <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/9612/34.pdf>

FAO y OMS. Norma CODEX para la naranja. CODEX STAN 245-2004. Roma.: 2007. 86-87 p.

FEN, Fundación Española de la Nutrición. Naranja. [en línea]. [Consultado 12, Febrero, 2020]. Disponible en: <http://www.fen.org.es/mercadoFen/pdfs/naranja.pdf>

FERNÁNDEZ, Germán, Extracción. Química orgánica. En: Química Orgánica. [sitio web]. [Consultado el 18 de Marzo de 2020]. Disponible en: <http://www.quimicaorganica.net/extraccion.html>

FUNDACIÓN CANNA. Flavonoides. España. [en línea]. [Consultado el 26 de Marzo de 2020]. Disponible en: <https://www.fundacion-canna.es/flavonoides>

G, Rangel y P. Adriana. Cuantificación de flavonoides (Catequinas) en cáscara de naranja variedad criolla (*Citrus sinensis*) producida en Norte de Santander: @limentech ciencia y tecnología alimentaria. 2010, 8 (2). 34-43. [Consultado el 10 de Junio de 2020]. ISSN 1692-7125.

GARCÍA, Eva, et al. Determinación de polifenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu. Universidad Politécnica de Valencia. Departamento de tecnología de alimentos.

GEANKOPLIS C. Procesos de transporte y operaciones unitarias. México DF: Editorial CECSA, 1998.

GIMENEO, Eva. Compuestos fenólicos. Un análisis de sus beneficios para la salud. [en línea]. 2004, 23 (6). 80-84. [Consultado el 15 de Mayo de 2020]. Disponible en <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-compuestos-fenolicos-un-analisis-sus-13063508>

GONZALEZ VILLA, Angela. Obtención de aceites esenciales y extractos etanólicos de plantas del amazonas. [En línea]. Tesis. Universidad Nacional de Colombia. Manizales. 2004. Disponible en: Biblioteca Digital UNAL. 2004. [Consultado 12 de abril de 2019]. Disponible en Internet: <http://www.bdigital.unal.edu.co/1173/1/angelaandreagonzalezvilla.2004.pdf>

GUERRA, Eileen. Evaluación de la actividad antioxidante e inhibición de la acetilcolinesterasa de extractos etanólicos obtenidos obtenidos de cáscaras de naranja. Tesis. Universidad Santo Tomás, Bucaramanga: 2015. [Consultado el 30 de Junio de 2020].

GUERRERO, Mauricio; HERNANDIS, Bernabé y AGUDO, Begoña. Estudio comparativo de las acciones a considerar en el proceso de diseño conceptual desde la ingeniería y el diseño de productos: *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*. 2014, 22 (3). 398-411. [Consultado el 23 de Julio de 2020]. ISSN 0718-3305.

HEGAZY, A. y IBRAIUM, M. Antioxidant activities of orange peel extracts, *Worlds applied sciences journal*. [en línea]. 2012, 18 (5). 684-688. [Consultado el 30 de Junio de 2020]. ISSN 1818-4952. Disponible en: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.389.8801&rep=rep1&type=pdf>

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Compendio de normas para trabajos escritos. NTC-1486-6166. Bogotá D.C. El instituto, 2018 ISBN 978958858673 153 p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Frutas frescas. Naranja Valencia. Especificaciones. NTC 4086. Bogotá, D.C.: El instituto, 1997. 15 p.

INSTITUTO NACIONAL DEL CÁNCER. Definición de compuesto bioactivo. España. [en línea]. [Consultado el 26 de Marzo de 2020]. Disponible en: <https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionario/def/compuesto-bioactivo>

JIMENEZ, Arturo. Diseño de procesos en ingeniería química. Barcelona: Editorial Reverté S.A., 2003. p. 8. ISBN 84-291-7277-7.

JIMÉNEZ, Honorio y HERNÁNDEZ, Leticia. Correlaciones para obtener la presión mínima de miscibilidad o de enriquecimiento en los procesos de recuperación mejorada (desplazamiento miscible con gases), ajuste a campos petroleros mexicanos. [en línea]. Tesis. Instituto Politécnico Nacional, México: 2009. [Consultado el 15 de Junio de 2020]. Disponible en: <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/17399/Correlaciones%20para%20obtener%20la%20presi%C3%B3n%20m%C3%ADnima%20de%20miscibilidad%20o%20de%20enriquecimiento%20en%20los%20procesos%20de%20recuperaci%C3%B3n%20mejorada%20%28desplazamiento%20miscible%20con%20gases%29%2C%20ajuste%20a%20campos%20petroleros%20mexicanos.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

JUÁREZ, José., CASTRO, Américo., LIZANO, Jesús., CARHUAPOMA, Mario y LÓPEZ, Julio. Composición química, actividad antibacteriana del aceite esencial de *Citrus sinensis* L. (Naranja dulce) y formulación de una forma farmacéutica, *Ciencia e investigación*. 2010, 13 (1). 9-13. ISSN 1561-0861

KOSIŃSKA, Agnieszka, et al. Phenolic compound profiles and antioxidant capacity of *Persea americana* Mill. peels and seeds of two varieties. *Journal of agricultural and food chemistry*, 2012, vol. 60, no 18, p. 4613-4619.

LEÓN, Guillermo; ARANGO, Laura y ORDUZ, Javier. Corpoica, Evaluación de variedades de naranjas para la altillanura colombiana. [en línea]. Villavicencio: 2009. [Consultado 25 de septiembre de 2020]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/270161357_Evaluacion_de_variedades_de_naranjas_para_la_altillanura_colombiana

LEÓN, R. Sistémica aplicada al Diseño de Productos en Venezuela. Tesis de doctorado. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia: 2009, p. 29.

LONDOÑO, Julián., SIERRA, Jelver., ÁLVAREZ, Rafael., RESTREPO, Ana María y PÁSSARO, Catarina. Aprovechamiento de los subproductos cítricos. [en línea]. [Consultado el 24 de Marzo de 2020]. Disponible en: <http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/560/1/CAPITULO%2012.pdf>

LÓPEZ, María Tránsito. Flavonoides, *Offarm*. [en línea]. 2002, 21 (4). 108-113. [Consultado el 5 de Junio de 2020]. Disponible en: <https://www.elsevier.es/pt-revista-offarm-4-articulo-flavonoides-13028951>

MARTINEZ, Isabel., PERIAGO, María Jesús y ROS, Gaspar. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. [en línea]. 2000. 50 (1). [Consultado el 25 de Marzo de 2020]. ISSN 0004-0622. Disponible en http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222000000100001

MASCIARELLI, Roque; STANCICH, Silvia y STOPPANI, Fernando. Transferencia de materia. En: *Ingeniería de las reacciones*. Universidad Tecnológica Nacional, 2012. 1-30.

MELO, Felipe. Evaluación técnico-financiera para el proceso de obtención de aceite vegetal a partir de aguacate (*Persea americana*) variedad Lorena. Tesis. Universidad de América, Bogotá D.C.: 2018. [Consultado el 15 de Junio de 2020].

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. Cadena de cítricos. [Sitio web]. Dirección de cadenas agrícolas y forestales. [Consultado el 15 de Julio de 2020]. Disponible en: <https://sioc.minagricultura.gov.co/Citricos/Documentos/2019-06-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf>

NARANJO, Jorge. Evaluación de dos métodos para la obtención de extractos con actividad antioxidante a partir de gulupa (*Passiflora edulis Sims.*) con aplicación en

productos mínimamente procesados. Tesis. Universidad de La Salle, Bogotá D.C.: 2016. [Consultado el 30 de Junio de 2020].

OPAZO, Álvaro. Efecto de la distribución de tamaño de partícula en la extracción de aceite de semillas oleaginosas con CO₂ supercrítico. Tesis. Universidad Técnica Federico Santa María: 2019. [Consultado el 16 de Junio de 2020].

ORDUZ RODRIGUEZ, Javier Orlando, MATEUS CAGUA, Diana M. Generalidades de los cítricos y recomendaciones agronómicas para su cultivo en Colombia. [PDF]. [en línea]. Universidad de La Salle. 2012. [Consultado 12 de Febrero de 2020]. Disponible en: <http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/561/1/CAPITULO%202.pdf>

OSORIO, Felipe y MEIRELES, Angela. Recent applications of pressurized fluid extraction: Curcuminoids extraction with pressurized liquids, Food and public health. [en línea]. 2013, 3 (6). 289-303. [Consultado el 5 de Abril de 2020]. ISSN 2162-8440. Disponible en: <http://article.sapub.org/10.5923.j.fph.20130306.05.html>

PANJA, Palash, Green extraction methods of food polyphenols from vegetable materials. [en línea]. 2017. 17. 1-10. [Consultado 25, Marzo, 2020]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/321306314_Green_extraction_methods_of_food_polyphenols_from_vegetable_materials

PÉREZ, V., LUEGO, E., GUTIÉRREZ, M. y SÁNCHEZ, C. Extracción de compuestos fenólicos de la cáscara de lima (*Citrus Limetta Risso*) y determinación de su actividad antioxidante, Revista de ciencias biológicas y de la salud. 2013, 15 (3). 18-22.

QUINZA GUERRERO Enrique, LOPEZ MARCOS Manuel. Ministerio de Agricultura. Índices de madurez de frutos cítricos. España. [en línea]. [Consultado el 13 de Febrero de 2020]. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1978_25.pdf

RAFFINO, María Estela. Punto de ebullición. En: Concepto de. [sitio web]. Argentina. [Consultado el 28 de Junio de 2020]. Disponible en: <https://concepto.de/punto-de-ebullicion/>

RAMÍREZ, Jaime., GARCÍA, Christian., VIZCAÍNO, José., CÁRDENAS, Jairo., GUTIÉRREZ, Francisco., MURGA, Humberto y VILLAGRÁN, Sonia. Revista de divulgación científica y tecnológica de la Universidad Veracruzana, ¿Qué son y para qué sirven los antioxidantes? [en línea]. 2012, 25 (2). [Consultado 24, Marzo, 2020]. Disponible en: <https://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol25num2/articulos/antioxidantes/>

RICCO, Rafael., AGUDELO, Ignacio y WAGNER, Marcelo. Métodos empleados en el análisis de los polifenoles en un laboratorio de baja complejidad. [en línea]. 2015, 52 (2). 161-174. [Consultado el 5 de Junio de 2020]. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/288180597_Metodos_empleados_en_el_analisis_de_los_polifenoles_en_un_laboratorio_de_baja_complejidad

SEJZER, Raúl, La matriz de Pugh para la toma de decisiones. En: CALIDAD TOTAL. [sitio WEB]. [Consultado el 5 de Abril de 2020]. Disponible en <http://ctcalidad.blogspot.com/2016/10/la-matriz-de-pugh-para-la-toma-de.html>

SOTO, María Luisa. Extracción y purificación de compuestos fenólicos a partir de subproductos de destilería de vinos. [en línea]. Tesis. Universidad de Vigo, Ourense: 2015. [Consultado el 16 de Junio de 2020]. Disponible en: <http://www.investigobiblioteca.uvigo.es/xmlui/bitstream/handle/11093/412/Extracci%C3%B3n%20y%20purificaci%C3%B3n%20de%20compuestos.pdf?sequence=4>

SREENATH, H. K.; CRANDALL, P. G. and BAKER, R. A. Utilization of citrus by-products and wastes as beverage clouding agents. Journal of Fermentation and Bioengineering. 1995. Vo. 80, Nro. 2. p. 190-194.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Cultivos de naranja en fincas agrodiversas resisitirán más al cambio climático. Agencia de Noticias UN. [en línea]. 2020. Disponible en: <https://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/article/cultivos-de-naranja-en-fincas-agrodiversas-resistirian-mas-al-cambio-climatico.html>

URBANO, Catalina. Validación del método analítico para la cuantificación de polifenoles totales en productos elaborados con té verde por método colorimétrico Folin.Ciocalteu. [en línea]. Tesis. Universidad ICESI, Santiago de Cali: 2016. [Consultado el 3 de Junio de 2020]. Disponible en https://repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/bitstream/10906/81092/1/TG01524.pdf

USDA, 2007. Citado por: BAUTISTA CASTILLO, Daisy y VALIVIESO SÁNCHEZ, María Luisa. Contribución al estudio de la extracción de aceites esenciales y secado de cáscaras de naranja (*Citrus sinensis*, var. *Valencia Late*). [en línea]. Tesis. Universidad Nacional del Callao. 2016. Disponible en http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/UNAC/1738/Deysi_Tesis_T%C3%ADtuloprofesional_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y

VAZQUEZ y col. Kinetic and statistical criteria for the selection of conditions of extraction of volatile compounds of piquin pepper (*Capsicum annum* L. var. *glabriusculum*). Citado por FLORES MARTÍNEZ y col. Optimización del proceso de extracción de sustancias antioxidantes a partir del orégano mexicano (*Lippia graveolens* HBK) utilizando la metodología de superficie de respuesta (MSR), Revista mexicana de ingeniería química, [en línea]. 2016, 15 (3). 773-785.

[Consultado el 4 de Abril de 2020]. ISSN 1665-2738. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/620/62048168009.pdf>

VIUDA-MARTOS, M.; et al. Effect of adding citrus waste water, thyme and oregano essential oil on the chemical, physical and sensory characteristics of a bologna sausage. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2009. Vo. 10, Nro. 4. p. 655-660.

ANEXOS

ANEXO A.
RESULTADOS ARTÍCULO DE REFERENCIA PARA LOS CÁLCULOS DE
BALANCE DE MASA

Tabla 1. Balance de masa para la etapa de extracción

Corrida	Masa cáscara (gramos)	Masa Reactivos (gramos)	Masa solución de flavonoides (gramos)	Masa desecho (gramos)	Pérdidas (gramos)
1	102.26±0.05	204.52±0.05	71.13±0.05	232.40±0.05	3.25±0.05
2	94.90 ± 0.05	189.80±0.05	70.63±0.05	213.05±0.05	1.02±0.05
3	92.98 ± 0.05	185.96±0.05	68.45±0.05	209.65±0.05	0.84±0.05

ANEXO B.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD DEL ETANOL AL 96%

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	159010
Nombre del producto	Etanol 96% EMSURE® Reag. Ph Eur

2.2 Elementos de la etiqueta

Etiquetado **(REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)**

Pictogramas de peligro



Palabra de advertencia

Peligro

Indicaciones de peligro

H225 Líquido y vapores muy inflamables.

H319 Provoca irritación ocular grave.

Consejos de prudencia

Prevención

P210 Mantener alejado del calor, de superficies calientes, de chispas, de llamas abiertas y de cualquier otra fuente de ignición. No fumar.

P240 Conectar a tierra/enlace equipotencial del recipiente y del equipo de recepción.

Intervención

P305 + P351 + P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar con agua cuidadosamente durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto cuando estén presentes y pueda hacerse con facilidad. Proseguir con el lavado.

Almacenamiento

P403 + P233 Almacenar en un lugar bien ventilado. Mantener el recipiente cerrado herméticamente.

Etiquetado reducido (5125 ml)

Pictogramas de peligro



Palabra de advertencia

Peligro

Consejos de prudencia

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	159010
Nombre del producto	Etanol 96% EMSURE® Reag. Ph Eur
<hr/>	
Punto /intervalo de ebullición	78 °C a 1.013 hPa
Punto de inflamación	17 °C
Tasa de evaporación	No hay información disponible.
Inflamabilidad (sólido, gas)	No hay información disponible.
Límites inferior de explosividad	3,1 %(v)
Límite superior de explosividad	27,7 %(v)
Presión de vapor	aprox.59 hPa a 20 °C
Densidad relativa del vapor	No hay información disponible.
Densidad	0,805 - 0,812 g/cm3 a 20 °C
Densidad relativa	No hay información disponible.
Solubilidad en agua	a 20 °C soluble
Coefficiente de reparto n-octanol/agua	log Pow: -0,31 (experimentalmente) (Literatura) No es de esperar una bioacumulación.
Temperatura de auto-inflamación	No hay información disponible.
Temperatura de descomposición	Destilable sin descomposición a presión normal.

ANEXO C. COTIZACIÓN EQUIPOS



PREGUNTAS? LLAMANOS
3205773661
3134106979

Atención al cliente Chat en vivo Registrarse

Buscar producto...

- Equipos panadería
- Equipos Restaurante
- Comprar por marca
- Refrigeración comercial
- Hornos
- Muebles
- Motores
- Repuestos
- Utensilios
- Ofertas



Horno de deshidratador de frutas 15 bandejas

Precio **\$9.850.000** incl. IVA

1

AÑADIR AL CARRITO

Compartir



Envianos un mensaje



Model	Plate qty (pc)	Filter area (m2)	Plate dia. (mm)	Filter precision (μ m)	Filter pressure (Mpa)	Theory flow (t/h)	Feed pump power (kw)	Dimensions (mm)	FOB Shanghai Price USD/set
DZCR-100	10	0.08	100	0.22-100	0.3	0.2	0.37	600x300x600	1117



Ver imagen más grande



Evaporador rotativo al vacío de gran capacidad, 50L, para destilación de Alcohol

1 - 1 es

>=2 es

US\$ 3.900,00

US\$ 3.800,00

Uso:

Procesamiento farmacéutico

Número de Mod...

PR-50

Garantía:

1 año en garantía de maquinarias | **1 año** for Core Components ⓘ

Lead Time:

Cantidad(es)	1 - 100	>100
Hora del Est.(días)	30	Negociable

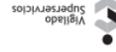
Customization:

Logotipo personalizado (Min. Order: 1 es)

Producto (Min. Order: 1 es)

[Alibaba.com Freight](#) | [Compare Rates](#) | [Learn more](#)

ANEXO D. TARIFAS DE SERVICIOS



TARIFAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA (\$/kWh) y GAS (CREG) REGULADAS POR LA COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS (CREG) ENERO DE 2020

SECTOR RESIDENCIAL NIVEL DE TENSION 1					ÁREAS COMUNES NIVEL DE TENSION 1		
ESTRATO (E)	RANGO DE CONSUMO (kWh/mes)	PROPIEDAD DE CODENSA (\$/kWh)	PROPIEDAD DEL CUENTE (*) (\$/kWh)	PROPIEDAD COMPARTIDA (*) (\$/kWh)	MODALIDAD (todo consumo)	PROPIEDAD DE CODENSA (\$/kWh)	PROPIEDAD DEL CUENTE (*) (\$/kWh)
E1	0-4CS (+1) Más de CS	218,1954 535,3829	202,9981 496,7804	210,5366 516,0817	E1	535,3829	496,7804
E2	0-4CS (+1) Más de CS	272,7442 496,7804	253,7478 496,7804	263,2458 496,7804	E2	535,3829	496,7804
E3	0-4CS (+1) Más de CS	465,0765 535,3829	422,2832 496,7804	438,6894 516,0817	E3	535,3829	496,7804
E4	Todo consumo	535,3829	496,7804	516,0817	E4	535,3829	496,7804
E5	Todo consumo	642,4595	596,1365	619,2360	E5 y E6, Industrial y Comercial	642,4595	596,1365
	Todo consumo	642,4595	596,1365	619,2360	Eventos de contribución	535,3829	496,7804

(+) ICS: Consumo de Subistencia

SECTOR NO RESIDENCIAL									
CATEGORÍA	SECCIÓN	OPCIONES HORARIAS (**)	NIVEL 1 PROPIEDAD DE CODENSA (\$/kWh)		NIVEL 1 PROPIEDAD DEL CUENTE (*) (\$/kWh)	NIVEL 1 PROPIEDAD COMPARTIDA (*) (\$/kWh)	NIVEL 2 (11,4 y 13,2 kV) (\$/kWh)	NIVEL 3 (24,5 kV) (\$/kWh)	NIVEL 4 (115 kV) (\$/kWh)
			Mononoma	Punta					
INDUSTRIAL SIN CONTRIBUCIÓN	SECCIÓN	OPCIONES HORARIAS (**)	Mononoma	543,8360	496,7804	516,0817	426,5634	393,8513	341,2724
			Punta	532,1304	505,3335	524,6348	434,2047	396,5626	342,8547
INDUSTRIAL Y COMERCIAL SIN CONTRIBUCIÓN	SECCIÓN	OPCIONES HORARIAS (**)	Mononoma	642,4595	596,1365	619,2360	512,8292	423,7799	362,3305
			Punta	638,5552	602,7335	615,3949	508,8562	459,2766	399,2597
INDUSTRIAL SIN CONTRIBUCIÓN	SECCIÓN	OPCIONES HORARIAS (**)	Mononoma	541,3062	494,7037	522,0050	431,6317	389,2766	341,1104
			Punta	533,4539	494,8514	514,1527	424,9595	391,1104	341,1104
INDUSTRIAL CON CONTRIBUCIÓN	SECCIÓN	OPCIONES HORARIAS (**)	Mononoma	649,5674	603,2444	626,4060	518,1960	479,0719	409,3225
			Punta	640,1447	593,8217	616,9832	509,9514	469,3225	399,2597

COSTO UNITARIO DE PRESTACIÓN DEL SERVICIO -CU- (\$/kWh). Resolución CREG -119 de 2007						
PROPIEDAD DE CODENSA	Comercialización GWh/aj	Transmisión Tm	Distribución Dm	Consumo Distribución Comercial***	Pérdidas Técnicas	Resistencias Nm
NIVEL 1	231,5990	33,6230	181,2888	47,8978	41,0427	-0,0954
PROPIEDAD COMPARTIDA	231,5990	33,6230	161,9676	47,8978	41,0427	-0,0954
NIVEL 1	231,5990	33,6230	142,6863	47,8978	41,0427	-0,0954
PROPIEDAD DEL CUENTE	231,5990	33,6230	102,1414	47,8978	11,3706	-0,0954
NIVEL 2	231,5990	33,6230	69,8613	47,8978	10,0386	-0,0954
NIVEL 3	231,5990	33,6230	22,9809	47,8978	5,3801	-0,0954
NIVEL 4	231,5990	33,6230				
Cfm) (\$/factura)***				7000,8613		



DIRECCION DE APOYO COMERCIAL
GERENCIA CORPORATIVA SERVICIO AL CLIENTE
TARIFAS CARGO FLUJO Y CONSUMO

ESTRUCTURA TARIFARIA PARA LOS SUSCRIPTORES ATENDIDOS EN BOGOTÁ D. C. POR LA EMPRESA DE ACUEDUCTO
TARIFAS ACUEDUCTO AÑO 2020

OFRAS EN \$/CARRITERO

R	CARGO FLUJO \$/SUSCRIPTOR/2	dic-2019	ene-2020	feb-2020	mar-2020	abr-2020	may-2020	jun-2020	jul-2020	ago-2020	sep-2020	oct-2020	nov-2020	dic-2020
E	Estrato 1	4.009.30	4.009.30	4.130.36	4.009.30	4.009.30	4.009.30	4.009.30	4.009.30	4.009.30	4.009.30	4.009.30	4.009.30	4.009.30
E	Estrato 2	8.018.60	8.018.60	8.260.75	8.018.60	8.018.60	8.018.60	8.018.60	8.018.60	8.018.60	8.018.60	8.018.60	8.018.60	8.018.60
S	Estrato 3	11.359.68	11.359.68	11.702.73	11.359.68	11.359.68	11.359.68	11.359.68	11.359.68	11.359.68	11.359.68	11.359.68	11.359.68	11.359.68
S	Estrato 4	13.364.32	13.364.32	13.767.92	13.364.32	13.364.32	13.364.32	13.364.32	13.364.32	13.364.32	13.364.32	13.364.32	13.364.32	13.364.32
S	Estrato 5	29.936.08	29.936.08	30.840.14	29.936.08	29.936.08	29.936.08	29.936.08	29.936.08	29.936.08	29.936.08	29.936.08	29.936.08	29.936.08
I	Estrato 6	36.618.24	36.618.24	37.724.10	36.618.24	36.618.24	36.618.24	36.618.24	36.618.24	36.618.24	36.618.24	36.618.24	36.618.24	36.618.24
D	CONSUMO BÁSICO \$/m³	783.01	783.01	806.55	783.01	783.01	783.01	783.01	783.01	783.01	783.01	783.01	783.01	783.01
E	Estrato 1	1.566.02	1.566.02	1.613.11	1.566.02	1.566.02	1.566.02	1.566.02	1.566.02	1.566.02	1.566.02	1.566.02	1.566.02	1.566.02
E	Estrato 2	2.218.53	2.218.53	2.285.23	2.218.53	2.218.53	2.218.53	2.218.53	2.218.53	2.218.53	2.218.53	2.218.53	2.218.53	2.218.53
N	Estrato 3	2.610.04	2.610.04	2.688.51	2.610.04	2.610.04	2.610.04	2.610.04	2.610.04	2.610.04	2.610.04	2.610.04	2.610.04	2.610.04
N	Estrato 4	4.045.56	4.045.56	4.167.19	4.045.56	4.045.56	4.045.56	4.045.56	4.045.56	4.045.56	4.045.56	4.045.56	4.045.56	4.045.56
N	Estrato 5	4.306.57	4.306.57	4.436.04	4.306.57	4.306.57	4.306.57	4.306.57	4.306.57	4.306.57	4.306.57	4.306.57	4.306.57	4.306.57
C	CONSUMO NO BÁSICO \$/m³	2.610.04	2.610.04	2.688.51	2.610.04	2.610.04	2.610.04	2.610.04	2.610.04	2.610.04	2.610.04	2.610.04	2.610.04	2.610.04
I	Estrato 1	2.610.04	2.610.04	2.688.51	2.610.04	2.610.04	2.610.04	2.610.04	2.610.04	2.610.04	2.610.04	2.610.04	2.610.04	2.610.04
I	Estrato 2	2.610.04	2.610.04	2.688.51	2.610.04	2.610.04	2.610.04	2.610.04	2.610.04	2.610.04	2.610.04	2.610.04	2.610.04	2.610.04
A	Estrato 3	2.610.04	2.610.04	2.688.51	2.610.04	2.610.04	2.610.04	2.610.04	2.610.04	2.610.04	2.610.04	2.610.04	2.610.04	2.610.04
A	Estrato 4	2.610.04	2.610.04	2.688.51	2.610.04	2.610.04	2.610.04	2.610.04	2.610.04	2.610.04	2.610.04	2.610.04	2.610.04	2.610.04
L	Estrato 5	4.045.56	4.045.56	4.167.19	4.045.56	4.045.56	4.045.56	4.045.56	4.045.56	4.045.56	4.045.56	4.045.56	4.045.56	4.045.56
L	Estrato 6	4.306.57	4.306.57	4.436.04	4.306.57	4.306.57	4.306.57	4.306.57	4.306.57	4.306.57	4.306.57	4.306.57	4.306.57	4.306.57
	CARGO FLUJO \$/SUSCRIPTOR/2 meses	20.046.48	20.046.48	20.651.88	20.046.48	20.046.48	20.046.48	20.046.48	20.046.48	20.046.48	20.046.48	20.046.48	20.046.48	20.046.48
	COMERCIAL	17.373.62	17.373.62	17.698.30	17.373.62	17.373.62	17.373.62	17.373.62	17.373.62	17.373.62	17.373.62	17.373.62	17.373.62	17.373.62
	INDUSTRIAL	13.364.32	13.364.32	13.767.92	13.364.32	13.364.32	13.364.32	13.364.32	13.364.32	13.364.32	13.364.32	13.364.32	13.364.32	13.364.32
	OFICIAL	13.364.32	13.364.32	13.767.92	13.364.32	13.364.32	13.364.32	13.364.32	13.364.32	13.364.32	13.364.32	13.364.32	13.364.32	13.364.32
	ESPECIAL	3.915.06	3.915.06	4.032.77	3.915.06	3.915.06	3.915.06	3.915.06	3.915.06	3.915.06	3.915.06	3.915.06	3.915.06	3.915.06
	CONSUMO \$/m³	3.915.06	3.915.06	4.032.77	3.915.06	3.915.06	3.915.06	3.915.06	3.915.06	3.915.06	3.915.06	3.915.06	3.915.06	3.915.06
	COMERCIAL	3.601.86	3.601.86	3.710.14	3.601.86	3.601.86	3.601.86	3.601.86	3.601.86	3.601.86	3.601.86	3.601.86	3.601.86	3.601.86
	INDUSTRIAL	2.610.04	2.610.04	2.688.51	2.610.04	2.610.04	2.610.04	2.610.04	2.610.04	2.610.04	2.610.04	2.610.04	2.610.04	2.610.04
	OFICIAL	2.610.04	2.610.04	2.688.51	2.610.04	2.610.04	2.610.04	2.610.04	2.610.04	2.610.04	2.610.04	2.610.04	2.610.04	2.610.04
	ESPECIAL	2.610.04	2.610.04	2.688.51	2.610.04	2.610.04	2.610.04	2.610.04	2.610.04	2.610.04	2.610.04	2.610.04	2.610.04	2.610.04

ANEXO E.
CÁLCULOS DE SERVICIOS POR PROCESO

- Lavado:

Consumo de agua:

$$150 L * 0.25 \frac{h}{día} = 540,279 \frac{L}{día}$$

$$540,279 \frac{L}{día} * \left(\frac{1m^3}{1000 L} \right) * \left(\frac{\$3,601.86}{m^3} \right) = 33.7674 \frac{\$}{día}$$

$$33.7674 \frac{\$}{día} * 21 \frac{días}{mes} + \$17,373.62 = 18,802.74 \frac{\$}{mes}$$

Consumo de energía:

$$1.5kW * 0.25 \frac{h}{día} = 0.375 \frac{kWh}{día}$$

$$0.375 \frac{kWh}{día} * \left(\frac{\$494.8514}{kWh} \right) = 185.569 \frac{\$}{día}$$

$$185.569 \frac{\$}{día} * 21 \frac{días}{mes} = 3,896.95 \frac{\$}{mes}$$

- Secado:

Consumo de energía:

$$2.4kW * 24 \frac{h}{día} = 57.6 \frac{kWh}{día}$$

$$57.6 \frac{kWh}{día} * \left(\frac{\$494.8514}{kWh} \right) = 28,503.44 \frac{\$}{día}$$

$$28,503.44 \frac{\$}{día} * 4 \frac{días}{mes} = 114,013.76 \frac{\$}{mes}$$

- Molienda:

Consumo de energía:

$$1.5kW * 1 \frac{h}{día} = 1.5 \frac{kWh}{día}$$

$$1.5 \frac{kWh}{día} * \left(\frac{\$494.8514}{kWh} \right) = 742.277 \frac{\$}{día}$$

$$742.277 \frac{\$}{día} * 8 \frac{días}{mes} = 5,938.22 \frac{\$}{mes}$$

- Extracción:

Consumo de agua:

$$70 L * 6 \frac{h}{día} = 420 \frac{L}{día}$$

$$420 \frac{L}{día} * \left(\frac{1m^3}{1000 L} \right) * \left(\frac{\$3,601.86}{m^3} \right) = 9,076.69 \frac{\$}{día}$$

$$9,076.69 \frac{\$}{día} * 21 \frac{días}{mes} + \$17,373.62 = 207,984.05 \frac{\$}{mes}$$

Consumo de energía:

$$2.5kW * 6 \frac{h}{día} = 15 \frac{kWh}{día}$$

$$15 \frac{kWh}{día} * \left(\frac{\$494.8514}{kWh} \right) = 7422.77 \frac{\$}{día}$$

$$742.277 \frac{\$}{día} * 21 \frac{días}{mes} = 155,878.2 \frac{\$}{mes}$$

- Filtración:

Consumo de energía:

$$0.37kW * 0.5 \frac{h}{día} = 1.5 \frac{kWh}{día}$$

$$0.185 \frac{kWh}{día} * \left(\frac{\$494.8514}{kWh} \right) = 91.547 \frac{\$}{día}$$

$$91.547 \frac{\$}{día} * 21 \frac{días}{mes} = 1,922.5 \frac{\$}{mes}$$

- Rotavapor:

Consumo de agua:

$$70 L * 1 \frac{h}{día} = 70 \frac{L}{día}$$

$$70 \frac{L}{día} * \left(\frac{1 m^3}{1000 L} \right) * \left(\frac{\$3,601.86}{m^3} \right) = 252.1302 \frac{\$}{día}$$

$$252.1302 \frac{\$}{día} * 21 \frac{días}{mes} + \$17,373.62 = 22,668.35 \frac{\$}{mes}$$

Consumo de energía:

$$1.76 kW * 1 \frac{h}{día} = 1.76 \frac{kWh}{día}$$

$$1.76 \frac{kWh}{día} * \left(\frac{\$494.8514}{kWh} \right) = 870.94 \frac{\$}{día}$$

$$870.94 \frac{\$}{día} * 21 \frac{días}{mes} = 18,289.71 \frac{\$}{mes}$$

ANEXO F. PRODUCTOS COSMÉTICOS QUE CONTIENEN FLAVONOIDES

Divisa: COP ▾



Comprar por MARC... ▾

Busque productos, categorías, ... 🔍

Mi cuenta | Mi Lista de Deseos: | Seguir mis pedidos | Inicio de sesión
Colombia / COP (\$) 🇨🇴

Bioderma - BRAND OF THE MONTH - All products with 25% OFF

Eucerin, Cerave and Elancyl - SPECIAL DAYS - All products with 25% OFF

DESTACADOS ▾ CABELLO ▾ HOMBRE ▾ PROTECTOR SOLAR ▾ NUTRICIÓN ▾ CARA ▾ CUERPO ▾ MAMÁ Y BEBÉ ▾ MAQUILLAJE ▾ OFERTAS ▾

Inicio > Lierac Lift Integral Sculpting Lift Cream Nutri 50ml



Lierac Lift Integral Sculpting Lift Cream Nutri 50ml

Lierac Lift Integral Sculpting Lift Cream Nutri es una crema de día de remodelación que tiene un efecto de inyección de lifting para aumentar el volumen y tiene un efecto de lifting en la piel seca madura.

Precio: 324.261,20 \$

Cantidad:

[Añadir al Carrito](#)

-0-

Pague con PayPal
La forma rápida y segura de pagar

En existencias

LIERAC
PARIS

Haga clic aquí para ver más productos de Lierac.

Ayuda



Encuentra lo que buscas 🔍

📞 976 86 74 74

🚚 Envíos GRATUITOS a la península a partir de 180 €
A Baleares a partir de 250 €

🛒 CARRITO: vacío

INICIO | MATERIALES | HACER JABÓN | HACER COSMÉTICA | HACER CREMAS | HACER VELAS | HACER PERFUMES | HACER AMBIENTADORES | KITS DE INICIO

Home > Materiales > Extractos de Plantas > Extracto de naranja amarga



EXTRACTO DE NARANJA AMARGA



Extracto hidrosoluble cosmético de naranja. El extracto de naranja amarga posee propiedades cosméticas beneficiosas para la piel, entre las cuales destacan: antiedad, activadoras de la circulación, anticelulíticas, antiinflamatorias, exfoliantes, despigmentantes, antisépticas, hidratantes, anticasca, acondicionadoras y fijadoras del peinado. Se puede usar para formular cremas, geles, lociones, pomadas, champús y acondicionadores.

Ingrediente cosmético. No ingerir.

[Más detalles](#)

CAPACIDAD:

100 ml. 250 ml. 1 Litro

CANTIDAD

27,00 €

CON IVA

[COMPRAR AHORA](#)

Añadir a lista de deseos