



UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS, RECURSOS NATURALES Y
DEL AMBIENTE**

CARRERA DE AGROINDUSTRIA

TEMA:

APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS BIOMÁSICOS DE LA MANDARINA (*Citrus reticulata*), EN LA OBTENCIÓN DE ACEITES ESENCIALES, PARA LA ELABORACIÓN DE PRODUCTOS AGROINDUSTRIALES EN LA PROVINCIA BOLÍVAR.

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

AUTORES:

Jimmy Bladimir Alba Lechon

Jenny Esmeralda Quilo Catucuamba

TUTOR:

Ing. Juan Alberto Gaibor Chávez PhD.

GUARANDA - ECUADOR

2023

Certificado de aprobación del Tutor

**APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS BIOMÁSICOS DE LA MANDARINA
(*Citrus reticulata*), EN LA OBTENCIÓN DE ACEITES ESENCIALES, PARA
LA ELABORACIÓN DE PRODUCTOS AGROINDUSTRIALES EN LA
PROVINCIA BOLÍVAR.**

REVISADO Y APROBADO POR:



.....

Ing. Juan Alberto Gaibor Chávez PhD.

Hoja de declaración de Autoría

CERTIFICACIÓN DE AUTORIA

Yo, Jimmy Bladimir Alba Lechon, con CI: 1726443250 y Jenny Esmeralda Quilo Catucuamba, con CI: 1751439926, declaramos que el trabajo y los resultados presentados en este informe, no han sido previamente presentados para ningún grados o calificación profesional; y, que las referencias bibliográficas que se incluyen han sido consultadas y citadas con su respectivo autor(es).

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

.....
Jimmy Bladimir Alba Lechon

CI: 1726443250



.....
Jenny Esmeralda Quilo Catucuamba

CI: 1751439926

.....
Ing. Juan Alberto Gaibor Chávez PhD.

CI: 0201051687



DRA. MSc. GINA CLAVIJO CARRION
Notaria Cuarta del Cantón Guaranda.

ESCRITURA N° 20230201004P00005

DECLARACIÓN JURAMENTADA

OTORGAN:

JIMMY BLADIMIR ALBA LECHON Y
JENNY ESMERALDA QUILO CATUCUAMBA


CUANTÍA: INDETERMINADA

Di 1 COPIA

En el Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, República del Ecuador, hoy miércoles a los cuatro días del mes de enero del año dos mil veintitrés, ante mi **DOCTORA MS. GINA LUCIA CLAVIJO CARRION, NOTARIA CUARTA DEL CANTÓN GUARANDA**, comparecen con plena capacidad, libertad y conocimiento, a la celebración de la presente escritura, el señor **JIMMY BLADIMIR ALBA LECHON**, de estado civil soltero y la señorita **JENNY ESMERALDA QUILO CATUCUAMBA**, de estado civil soltera, ambas por sus propios y personales derechos en calidad de OTORGANTES. Los comparecientes declaran ser de nacionalidad ecuatorianos, mayores de edad, de estado civil como se deja expresado, de ocupación estudiantes ambas partes, domiciliado el primero en la parroquia Cayambe, Cantón Cayambe, Provincia Pichincha y de paso por este cantón de Guaranda, con número celular cero nueve seis siete siete cinco ocho ocho cero seis y con correo electrónico jalba@mailes.ueb.edu.ec y la segunda en la parroquia Olmedo, Cantón Cayambe, Provincia Pichincha y de paso por este cantón de Guaranda, con número celular cero nueve ocho nueve ocho cero uno uno siete uno y con correo electrónico jquilo@mailes.ueb.edu.ec, hábiles en derecho para contratar y contraer obligaciones, a quienes de conocerles doy fe, en virtud de haberme exhibido sus documentos de identificación cuyas copias fotostáticas debidamente certificadas por mí, agrego a esta escritura como documentos habilitantes. Advertidos los comparecientes por mí la Notaria de los efectos y resultados de esta escritura, así como examinados que fueron en forma aislada y separada de que comparecen al otorgamiento de esta escritura sin coacción, amenazas, temor reverencial, ni promesa o seducción instruidos por mí de la obligación que tienen de decir la verdad con claridad y exactitud; y, advertidos sobre la gravedad del juramento y de las penas de perjurio, me solicitan que recepte su declaración juramentada: Nosotros el señor **JIMMY BLADIMIR ALBA LECHON**, de estado civil soltero y la señorita **JENNY ESMERALDA QUILO CATUCUAMBA**, de estado civil soltera, declaramos bajo juramento que los criterios e ideas emitidos en el presente proyecto de investigación, es de nuestra absoluta autoría, titulado **APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS BIOMÁSICOS DE LA MANDARINA (*Citrus reticulata*), EN LA OBTENCIÓN DE ACEITES ESCENCIALES, PARA LA ELABORACIÓN DE PRODUCTOS AGROINDUSTRIALES EN LA PROVINCIA BOLÍVAR**”, previo a la obtención del título de Ingenieros Agroindustriales, otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar, a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, carrera de Agroindustria.- Es todo cuanto podemos declarar en honor a la verdad.- Para su otorgamiento se observaron los preceptos de ley y leída que les fue a los comparecientes íntegramente por mí el Notaria, aquellos se ratifican en la aceptación de todas sus partes y firman junto conmigo en unidad de acto, incorporando al protocolo de esta Notaria la presente escritura de Declaración Juramentada, de todo lo cual doy Fe.-----


SR. JIMMY BLADIMIR ALBA LECHON.
C.C. 1726443250


SRTA. JENNY ESMERALDA QUILO CATUCUAMBA.
C.C. 1751439926


DRA. MSc. GINA LUCIA CLAVIJO CARRION
NOTARIA CUARTA DEL CANTÓN GUARANDA



Documento [TESIS-ALBA-QUILO-FINAL.docx](#) (D154854804)

Presentado 2023-01-03 21:19 (-05:00)

Presentado por jalba@mailtes.ueb.edu.ec

Recibido fbayas.ueb@analysis.orkund.com

Mensaje [Mostrar el mensaje completo](#)

2% de estas 58 páginas, se componen de texto presente en 1 fuentes.



.....
Ing. Juan Alberto Gaibor Chávez PhD.

CI: 0201051687

TUTOR

DEDICATORIA

Dedico este trabajo primordialmente a Dios y la Virgen de la Merced, por ser mis padres celestiales que bendicen todos mis días, quienes me permitieron llegar a este momento muy importante de mi vida profesional, cuidándome con toda su bondad y amor infinito.

Este logro y esfuerzo se lo dedico con mucho amor a mi adorada madre Teresa, por todo su apoyo incondicional, su paciencia, su alegría, su lucha y sacrificio, por sacarme adelante; por motivarme cada día a ser mejor persona, por ser mi eje fundamental de vida. Todos mis logros vienen de tu esfuerzo y quiero que siempre estés orgullosa de mí, porque eres lo más valioso que me ha dado la vida.

A mi ángel de la guarda, mi luz de guía, mi protector, mi amado padre Gonzalo, te dedico este trabajo con mucho amor, porque sé que desde el cielo estás muy orgulloso de mí, por todos los pasos y el esfuerzo que doy día tras día. Te agradezco mucho por dar fuerzas a mamá para sacarme adelante. Nunca dejes de cuidarnos y bendecirnos. Siempre vivirás en mi corazón.

A mi segunda madre Viviana, por todo su amor, cariño y paciencia que me ha brindado en toda mi vida. Tu dedicación ha hecho en mí una persona responsable y de sabiduría. A mis queridos hermanos, quienes son mi motivación más grande para salir adelante, por su apoyo, amor y aconsejarme en todo momento. A mis bellos sobrinos, que con sus alegrías llenan e iluminan mi vida.

En especial a Jimmy, por su comprensión, paciencia y cariño. Por estar ahí cada día apoyándome, para jamás rendirme durante todo este tiempo, por cada uno de los actos que demostraron su compromiso y amor, eres una parte importante de este éxito. Ahora vienen triunfos para los dos y para nuestras familias.

Esmeralda Quilo

DEDICATORIA

Esta tesis se lo dedico en primer lugar a Dios y a la Virgencita del Quinche, por darme vida, salud, motivación y sabiduría, que me permitió poder cumplir con mis objetivos anhelados.

Dedico con todo mi corazón esta tesis a mi querida madre Lilia, por todo su amor, esfuerzo, sacrificio, consejos y apoyo incondicional brindado, con el que me ha logrado sacar adelante y convertirme en lo que soy. Gracias por ser un pilar fundamental en mi vida académica, inculcándome buenos valores, esfuerzo y costumbres. Por enseñarme a nunca rendirme sin importar las circunstancias de la vida.

A mi hermano David por ser parte de mi vida, por brindarme su amistad, confianza y ser mi inspiración a seguir adelante. A mis tíos Hermelinda y Edison por estar siempre pendientes de mí, brindándome su apoyo, cariño, comprensión y sus consejos en todo momento.

A mi querida Esmeralda, por ser mi apoyo fundamental e incondicional en los momentos difíciles de mi vida académica y emocional. Por haber dedicado su amor, paciencia, tiempo y esfuerzo que me permitió poder cumplir una meta más.

Jimmy Alba

AGRADECIMIENTO

“La única manera de mostrar agradecimiento es haber terminado con lo que empecé.”

En primera instancia agradezco a Dios, por darme vida y sabiduría para terminar esta etapa de mi vida, por ser mi fuerza y fortaleza en aquellos momentos de debilidad.

A mi hermosa madre Teresa por ser el pilar fundamental de mi vida, la luz que me guía en mi camino, por darme mucho amor y la oportunidad de convertirme en un ser de bien, gracias a ella logro cumplir cada uno de mis sueños y propósitos que me propongo. A toda mi familia, en especial a mis hermanos por su amor y apoyo incondicional.

Mi agradecimiento a la Universidad Estatal de Bolívar, a la carrera de Agroindustria, por abrirme las puertas para cumplir mi meta y pasar cada una de mis experiencias, por ser el ente de aprendizaje que me ha infundido conocimiento. A todos mis profesores por ser la fuente del saber y que inspiraron su sabiduría en cada una de sus magistrales clases.

Un profundo y sincero agradecimiento a mi tutor de tesis Dr. Juan Gaibor Chávez, de quien quiero exaltar el apoyo incondicional que me ha brindado, el profesionalismo y la conducción extraordinaria durante la realización del presente trabajo. A mis evaluadores Dr. Favian Bayas Morejón e Ing. José Luis Altuna, quienes de forma profesional y con la ética que los caracteriza contribuyeron al desarrollo y culminación de este trabajo.

Finalmente, agradezco a todas las personas que conformaron mi grupo de trabajo, espero haberles inculcado sabiduría y dedicación. Mil gracias por los días y noches de estudio en toda la carrera.

Esmeralda Quilo

AGRADECIMIENTO

“Yo no tengo sueños, tengo metas...Y seguiré a la siguiente”

Expreso un infinito agradecimiento a Dios y a la Virgencita del Quinche, por bendecirme y estar siempre a mi lado en los momentos más difíciles de mi trayectoria. Agradezco de todo corazón a mi querida madre por su gran apoyo económico y moral que me motivaron a seguir esforzándome día a día y poder terminar mi proceso de formación profesional. Quiero que siempre estés orgullosa de mí, porque sin tu grandioso apoyo no habría llegado hasta aquí.

A la Universidad Estatal de Bolívar y a la Carrera de Agroindustria por haberme abierto sus puertas, en cuyas aulas recibí la educación de parte de sus Docentes, quienes impartieron en mí, conocimientos, sabiduría y dedicación para la formación de mi vida profesional. ¡Gracias!

Mi sincero agradecimiento al Dr. Juan Gaibor Chávez por haber depositado su confianza en mí, por su apoyo, dedicación y paciencia que me brindó para lograr culminar el proyecto de investigación y poder llegar a ser un excelente profesional. A mis evaluadores Dr. Favian Bayas Morejón e Ing. José Luis Altuna, quienes de forma profesional y con la ética que los caracteriza contribuyeron al desarrollo y culminación de este trabajo.

Agradezco a mis amigos y compañeros que conformaron mi grupo de trabajo, quienes me brindaron su amistad, apoyo y motivación en los buenos y malos momentos a lo largo de estos cinco años de estudio.

Jimmy Alba

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Contenido	Pág.
DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTO	VII
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIV
ÍNDICE DE FIGURAS	XVI
ÍNDICE DE ANEXOS	XVIII
RESUMEN	XIX
SUMMARY.....	XX
CAPÍTULO I.....	1
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. PROBLEMA.....	3
1.2.1. Formulación del problema	4
1.2.2. Sistematización del problema.....	4
1.3. OBJETIVOS	5
1.3.1. Objetivo general	5
1.3.2. Objetivos específicos.....	5
CAPÍTULO II.....	6
2. MARCO TEÓRICO	6
2.1. Mandarina (<i>Citrus reticulata</i>).....	6
2.1.1. Generalidades de la mandarina	6
2.1.2. Taxonomía de la mandarina	7
2.1.3. Características de la mandarina.....	8
2.1.4. Valor nutricional de la mandarina.....	9
2.1.5. Beneficios de la mandarina	10
2.2. Variedades de mandarina.....	10
2.2.1. Mandarina criolla (<i>Citrus reticulata</i> Criolla).....	11

2.2.2. Mandarina verde o cascaruda (<i>Citrus nobilis Loureiro</i>)	11
2.2.3. Mandarina híbrida sin pepa (<i>Citrus tangerina</i>).....	12
2.2.4. Mandarina satsuma (<i>Citrus unshiu</i>)	13
2.3. Producción de mandarina.....	13
2.3.1. Producción mundial de mandarina.....	13
2.3.2. Producción de mandarinas en el Ecuador	15
2.3.3. Producción de mandarinas en la provincia Bolívar.....	16
2.4. Aprovechamiento de los residuos biomásicos	18
2.4.1. Cáscara de mandarina.....	19
2.4.2. Composición química de la cáscara de mandarina.....	19
2.4.3. Beneficios de la cáscara de mandarina.....	20
2.4.4. Parámetros de selección de la cáscara de mandarina	20
2.4.5. Industrialización de los residuos biomásicos de la mandarina.....	20
2.4.6. Usos industriales de la cáscara de mandarina	21
2.5. Métodos de extracción	21
2.5.1. Proceso de destilación	21
2.5.2. Destilación simple	22
2.5.3. Destilación fraccionada	24
2.6. Maceración.....	25
2.6.1. Proceso de maceración.....	25
2.7. Aceites esenciales	26
2.7.1. Clasificación de los aceites esenciales	26
2.7.2. Propiedades físicas de los aceites esenciales.....	27
2.7.3. Propiedades químicas de los aceites esenciales	27
2.7.4. Caracterización de los aceites esenciales	28
2.7.5. Determinación de propiedades físicas.....	28
2.7.6. Determinación de propiedades químicas.....	28
2.8. Aceites esenciales de cítricos.....	29
2.8.1. Calidad en los aceites esenciales de cítricos	29

2.8.2. Aceite esencial de mandarina.....	29
2.8.3. Requisitos físicos y químicos del aceite esencial de mandarina	29
2.9. Cromatografía de gases (GC).....	30
2.9.1. Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas	31
2.10. Usos del aceite esencial de cítricos	31
2.10.1. Industria alimentaria.....	31
2.10.2. Medicina.....	32
2.10.3. Industria de productos de limpieza.....	32
2.10.4. Industria cosmética y farmacéutica	32
2.11. Champú	32
CAPÍTULO III	33
3. MARCO METODOLÓGICO	33
3.1. Ubicación de la investigación	33
3.1.1. Localización de la investigación	33
3.1.2. Situación geográfica y climática de la localidad	33
3.1.3. Zona de vida	34
3.2. Materiales.....	34
3.2.1. Material experimental	34
3.2.2. Materiales de campo.....	34
3.2.3. Materiales de laboratorio.....	34
3.2.4. Reactivos	34
3.3. Equipos	35
3.4. Métodos.....	36
3.4.1. Factores en estudio	36
3.4.2. Tratamientos.....	37
3.4.3. Características del experimento	37
3.4.4. Diseño experimental.....	38
3.4.5. Modelo de análisis de varianza (ANOVA)	39
3.4.6. Modelo de pruebas de rangos múltiples	39

3.5. Metodología experimental	40
3.5.1. Caracterización física de la mandarina.....	40
3.5.2. Análisis proximal de la cáscara de mandarina	40
3.5.3. Análisis elemental de la cáscara de mandarina	42
3.6. Equipos utilizados en el proceso de extracción	43
3.6.1. Extracción de aceite esencial por destilación simple	43
3.6.2. Extracción de aceite esencial por destilación fraccionada	43
3.6.3. Parámetros de operación	44
3.7. Proceso de obtención del aceite esencial de mandarina.....	44
3.7.1. Diagrama de proceso de la extracción del aceite esencial	46
3.8. Determinación de la densidad del aceite esencial.....	47
3.9. Cromatografía de gases del aceite esencial.....	47
3.10. Modelos matemáticos para la extracción de aceite esencial.....	48
3.10.1. Cinética de obtención del aceite esencial	48
3.10.2. Rendimiento del aceite esencial	49
3.11. Elaboración del champú.....	50
3.11.1. Diagrama de flujo para la elaboración de champú con aceite esencial de mandarina.....	52
CAPÍTULO IV	53
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	53
4.1. Análisis físicos y químicos de las cuatro variedades de mandarinas.....	53
4.1.1. Propiedades físicas de la mandarina.....	53
4.1.2. Propiedades químicas de la cáscara de mandarina.....	54
4.2. Extracción del aceite esencial de mandarina	56
4.2.1. Análisis de varianza (ANOVA) del volumen de aceite esencial	56
4.2.2. Análisis de varianza (ANOVA) del rendimiento del aceite esencial	61
4.2.3. Análisis de varianza (ANOVA) de la densidad del aceite esencial	64
4.2.4. Análisis de varianza (ANOVA) del pH del aceite esencial	65
4.3. Evaluación de la calidad del aceite esencial	66

4.3.1. Valores de la densidad del aceite esencial como criterio de calidad.....	66
4.4. Identificación de los compuestos volátiles por cromatografía de gases	68
4.4.1. Compuestos volátiles en aceite esencial de mandarina criolla.....	68
4.4.2. Compuestos volátiles en aceite esencial de mandarina cascaruda	70
4.4.3. Compuestos volátiles en aceite esencial de mandarina híbrida sin pepa	72
4.4.4. Compuestos volátiles en aceite esencial de mandarina satsuma	74
4.5. Balance de materia para la obtención de aceite esencial	78
4.6. Modelamiento matemático de la destilación del aceite esencial de mandarina... 83	
4.6.1. Cinética de extracción	83
4.6.2. Rendimiento del aceite esencial extraído en función del tiempo	85
4.7. Simulación del proceso de extracción de aceite esencial.....	87
4.8. Elaboración de champú aplicando el aceite esencial de mandarina	88
4.9. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	90
4.9.1. Hipótesis Nula (H_0)	90
4.9.2. Hipótesis Alternativa (H_a)	90
4.9.3. Comprobación de hipótesis	90
4.10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	91
4.10.1. Conclusiones	91
4.10.2. Recomendaciones.....	92
BIBLIOGRAFÍA	93
ANEXOS	116

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°	Pág.
Tabla 1. Clasificación taxonómica de la mandarina	7
Tabla 2. Valor nutricional de la mandarina	9
Tabla 3. Producción mundial de mandarinas y tangerinas en toneladas métricas	14
Tabla 4. Producción de mandarinas en el Ecuador año 2004 - 2021	15
Tabla 5. Producción de mandarinas en la provincia Bolívar	17
Tabla 6. Composición física y química aproximada de la cáscara de mandarina	19
Tabla 7. Parámetros para la selección de la cáscara de mandarina	20
Tabla 8. Requisitos físicos y químicos del aceite esencial de mandarina	30
Tabla 9. Localización de la investigación.....	33
Tabla 10. Aspectos generales del territorio	33
Tabla 11. Equipos utilizados en la investigación.....	35
Tabla 12. Factores de estudio	36
Tabla 13. Combinación de tratamientos para la investigación	37
Tabla 14. Características de la experimentación	38
Tabla 15. Modelo de análisis de varianza (ANOVA).....	39
Tabla 16. Parámetros de operación aplicados para el proceso de destilación	44
Tabla 17. Propiedades físicas de la mandarina	53
Tabla 18. Análisis proximal de la cáscara de mandarina.....	54
Tabla 19. Análisis elemental de la cáscara de mandarina	56
Tabla 20. Análisis de varianza del volumen de aceite esencial obtenido	57
Tabla 21. Prueba de rangos múltiples del factor A en el volumen	58
Tabla 22. Prueba de rangos múltiples del factor B en el volumen	59
Tabla 23. Análisis de varianza del rendimiento de aceite esencial obtenido.....	61
Tabla 24. Prueba de rangos múltiples del factor A en el rendimiento.....	62
Tabla 25. Prueba de rangos múltiples del factor B en el rendimiento	63
Tabla 26. Análisis de varianza de la densidad del aceite esencial obtenido.....	65

Tabla 27. Análisis de varianza para el pH del aceite esencial obtenido	66
Tabla 28. Compuestos volátiles del aceite esencial de la mandarina criolla	69
Tabla 29. Compuestos volátiles del aceite esencial de la mandarina cascaruda	71
Tabla 30. Compuestos volátiles del aceite esencial de la mandarina híbrida.....	73
Tabla 31. Compuestos volátiles del aceite esencial de la mandarina satsuma	75
Tabla 32. Cantidad en miligramos de los compuestos mayoritarios en un mg de aceite esencial	76
Tabla 33. Datos obtenidos del proceso a escala laboratorio	78
Tabla 34. Cinética de extracción del aceite esencial	83
Tabla 35. Modelos matemáticos para determinar la cinética de extracción	84
Tabla 36. Rendimiento del aceite esencial expresado en porcentaje (%).....	85
Tabla 37. Modelos matemáticos para determinar el rendimiento del aceite esencial ...	86
Tabla 38. Simulación del proceso de extracción del aceite esencial (Excel)	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°	Pág.
Figura 1. Mandarina (<i>Citrus reticulata</i>).....	6
Figura 2. Anatomía de la mandarina	7
Figura 3. Mandarina criolla	11
Figura 4. Mandarina verde o cascaruda.....	12
Figura 5. Mandarina híbrida sin pepa.....	12
Figura 6. Mandarina satsuma	13
Figura 7. Países con más producción de mandarinas a nivel mundial	14
Figura 8. Producción de mandarinas en el Ecuador en Tm.....	16
Figura 9. Producción de mandarinas en la provincia Bolívar en Tm	18
Figura 10. Proceso de destilación.....	22
Figura 11. Equipo de destilación simple	23
Figura 12. Equipo de destilación fraccionada	24
Figura 13. Proceso de maceración de materias vegetales.....	25
Figura 14. Cromatógrafo de gases.....	31
Figura 15. Champú sólido y líquido	32
Figura 16. Diagrama de proceso para la extracción de aceite esencial	46
Figura 17. Diagrama de flujo para la elaboración de champú.....	52
Figura 18. Medias del factor A en el volumen de aceite esencial	58
Figura 19. Medias del factor B en el volumen de aceite esencial	59
Figura 20. Interacción de los niveles del factor Ax B en el volumen	60
Figura 21. Medias del factor A en el rendimiento de aceite esencial.....	62
Figura 22. Medias del factor B en el rendimiento de aceite esencial	63
Figura 23. Interacción de los niveles del factor Ax B en el rendimiento	64
Figura 24. Diferencia de la densidad del aceite esencial por tratamiento	67
Figura 25. Cromatograma del aceite esencial de cáscara de mandarina criolla	68
Figura 26. Cromatograma del aceite esencial de cáscara de mandarina cascaruda.....	70

Figura 27. Cromatograma del aceite esencial de cáscara de mandarina híbrida	72
Figura 28. Cromatograma del aceite esencial de cáscara de mandarina satsuma	74
Figura 29. Diagrama de flujo en el extractor.....	79
Figura 30. Diagrama del extractor con rendimientos en el proceso	81
Figura 31. Diagrama de flujo del condensador	81
Figura 32. Diagrama de flujo del decantador	82
Figura 33. Comparación de la cinética de extracción del aceite esencial	84
Figura 34. Comparación de las curvas del rendimiento del aceite esencial	86
Figura 35. Esquema de la simulación del proceso de extracción de aceite esencial	87
Figura 36. Champú con esencia a mandarina	88
Figura 37. Etiqueta del producto	89

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo N°

Anexo 1. Mapa de ubicación de la investigación

Anexo 2. Datos de la destilación simple y fraccionada

Anexo 3. Análisis de cromatografía de gases del aceite esencial de mandarina

Anexo 4. Análisis físico y químico de la materia prima

Anexo 5. Proceso de destilación simple y fraccionada

Anexo 6. Evaluación de la calidad del aceite esencial

Anexo 7. Elaboración de champú con aceite esencial de mandarina

Anexo 8. Glosario de términos técnicos

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue aprovechar los residuos biomásicos de la mandarina (*Citrus reticulata*), en la obtención de aceites esenciales, para la elaboración de productos agroindustriales en la provincia Bolívar. Se realizó una revisión bibliográfica acerca de la materia prima (cáscara), los métodos de extracción del aceite esencial a través de la destilación simple y fraccionada, la maceración como método de ablandamiento de la cáscara, la cromatografía de gases para la determinación del porcentaje de los compuestos químicos constituyentes del aceite esencial y los modelos matemáticos que se pueden aplicar dentro del proceso de destilación. La materia prima se obtuvo de las zonas de Caluma, Las Naves, Echeandía y Guaranda. La parte experimental se realizó en el Laboratorio de Extractos del Complejo Agroindustrial de la Carrera de Agroindustria. Se empleó un diseño en arreglo factorial AxBxC (4x2x2), con tres repeticiones, donde los factores de estudio fueron variedades de mandarinas con cuatro niveles, maceración con dos niveles, método de extracción con dos niveles. Se aplicó la destilación simple y fraccionada, previo a un proceso de maceración de 8 y 12 horas de cáscara de mandarina, el tiempo de destilación fue de 120 minutos. Las variables de respuesta fueron, volumen, rendimiento, densidad y pH. Se obtuvo un volumen de 10,33 mL y un rendimiento de 2,719% en la mandarina cascaruda (T8), la densidad fue de 0,828 g/mL en la mandarina satsuma (T16) y un pH de 5,26 en la mandarina híbrida sin pepa (T12). Se identificaron los componentes mayoritarios en el aceite esencial como Limoneno, α -Pino, β -Pino, γ -Terpino, Mirreno, o-Cimeno, Linalool, Sabineno y Octanal, donde resaltó el Limoneno como el compuesto con mayor abundancia en mandarina criolla 74,56%, mandarina cascaruda 92,98%, mandarina híbrida sin pepa 86,48% y mandarina satsuma 85,94%. Se modeló matemáticamente la cinética de extracción y el rendimiento del proceso de obtención de aceite esencial, el modelo de Von Bertalanffy fue el que más se ajustó a la cinética de extracción con un $R^2 = 0,997\%$; el modelo de Gompertz es el que mejor se ajustó al rendimiento con un $R^2 = 0,970\%$. Para la elaboración del champú se tomó el mejor tratamiento acorde a la densidad (T16). Como conclusión se menciona que los residuos biomásicos de la mandarina (*Citrus reticulata*), constituyen una abundante materia prima presente en el Ecuador para la obtención de productos agroindustriales de calidad, como es el caso del aceite esencial de mandarina, reportado en esta investigación.

Palabras claves: residuo biomásico, mandarina, aceite esencial, destilación, limoneno.

SUMMARY

The objective of the research was to use the biomass residues of the mandarin (*Citrus reticulata*), to obtain essential oils for the production of agroindustrial products in the Bolivar province. A bibliographic review was carried out on the raw material (peel), the methods for extracting the essential oil through simple and fractional distillation, maceration as a method for softening the peel, gas chromatography to determine the percentage of chemical compounds that make up the essential oil, and the mathematical models that can be applied in the distillation process. The raw material was obtained from the areas of Caluma, Las Naves, Echeandía and Guaranda. The experimental part was carried out in the Extracts Laboratory of the Agroindustrial Complex of the Agroindustry Career. An $A \times B \times C$ ($4 \times 2 \times 2$) factorial arrangement design was used, with three replications, where the study factors were mandarin varieties with four levels, maceration with two levels, and extraction method with two levels. Simple and fractional distillation was applied, prior to a maceration process of 8 and 12 hours of mandarin peel, the distillation time was 120 minutes. The response variables were volume, yield, density and pH. A volume of 10,33 mL and a yield of 2,719% were obtained in the mandarin cascaruda (T8), the density was 0,828 g/mL in the satsuma mandarin (T16) and a pH of 5,26 in the hybrid mandarin without seed (T12). The major components in the essential oil were identified as Limonene, α -Pinene, β -Pinene, γ -Terpinene, Myrcene, o-Cymene, Linalool, Sabinene and Octanal, where Limonene stood out as the compound with the highest abundance in Creole mandarin 74,56%, cascaruda mandarin 92,98%, seedless hybrid mandarin 86,48% and satsuma mandarin 85,94%. The extraction kinetics and the yield of the essential oil extraction process were mathematically modeled; the Von Bertalanffy model was the one that best adjusted to the extraction kinetics with an $R^2 = 0,997\%$; the Gompertz model was the one that best adjusted to the yield with an $R^2 = 0,970\%$. The best treatment according to the density (T16) was taken for the preparation of the shampoo. In conclusion, it is mentioned that the biomass residues of the mandarin (*Citrus reticulata*) constitute an abundant raw material present in Ecuador for obtaining quality agroindustrial products, as is the case of mandarin essential oil, reported in this research.

Key words: biomass residue, mandarin, essential oil, distillation, limonene.

CAPÍTULO I

1.1. INTRODUCCIÓN

Los residuos biomásicos constituyen todos los desechos de origen vegetal procedentes de podas, cosechas, consumo doméstico, restaurantes, mercados y uso agroindustrial, estos son susceptibles al aprovechamiento o transformaciones de un nuevo bien con valor económico (Foong et al., 2020). A nivel mundial se generan más de 100 mil millones de Tm de residuos biomásicos anualmente, este tipo de residuos generados pueden causar serios problemas de salud y ambientales (Cho et al., 2020). El consumo directo y el procesamiento industrial de frutos cítricos representan el mayor porcentaje de residuos biomásicos, estos residuos están compuestos por la cáscara, pulpa y semillas (pepas), que constituyen aproximadamente el 50 y 60% del peso de la fruta fresca (Satari & Karimi, 2018).

En la actualidad los cítricos son considerados unos de los cultivos de mayor importancia a nivel mundial, estos varían según su especie en mandarinas, limones, limas, naranjas y toronjas (Sáenz et al., 2019). En el año 2020 - 2021 la producción mundial de frutos cítricos fue de 98 millones de Tm. Dentro del grupo de cítricos, la mandarina (*Citrus reticulata*), es la segunda fruta más demandada a nivel mundial, su producción se situó en torno a los 35 millones de Tm en el año 2020 - 2021 (USDA, 2022). La producción de mandarina en el Ecuador fue de 46.341 Tm en el año 2021 (ESPAC, 2021).

La cantidad de residuos biomásicos de la mandarina aún no está cuantificada, pero se estima una producción mundial de 10 millones de Tm por año. Alrededor del 30% de estos residuos son aprovechados y el 70% son desechados (Jeong et al., 2021). La cáscara de mandarina está constituida por dos tejidos diferentes, albedo (capa interna) y flavedo (capa externa) que contienen antioxidantes, flavonoides (naringina y hesperidina), pectinas y carotenoides (Franco et al., 2020).

El aprovechamiento de residuos biomásicos de la cáscara de mandarina sirven para obtener subproductos como aceites esenciales, harinas y pigmentos (Liu et al., 2021). El aprovechamiento de residuos biomásicos de frutos cítricos en la obtención de aceites esenciales en la actualidad son muy reconocidos, por lo que presentan propiedades antioxidantes, insecticidas, antidiabéticas, antifúngicos y antibacterianas, que pueden ser

aplicadas en la industria farmacéutica, sanitaria, cosmética, agrícola y alimentaria (Bora et al., 2020).

La extracción de aceites esenciales constituye una actividad agroindustrial importante, donde se utiliza materia vegetal o residuos biomásicos. Existen diferentes métodos de extracción como: destilación, prensado en frío, fluidos supercríticos, hidrodestilación, destilación asistida por microondas (Razola et al., 2021). Los aceites esenciales están compuestos por hidrocarburos (terpenos, sesquiterpenos), compuestos oxigenados (aldehídos, ácidos, cetonas éteres y ésteres), estos grupos determinan el olor y sabor característico de los aceites esenciales (Yousefi et al., 2019). Los aceites esenciales de cítricos presentan mayor porcentaje de compuestos volátiles, su gravedad específica es menor a la del agua, tienen un alto índice de refracción, son poco solubles en agua, solubles en alcoholes, dietil, éter y acetato de etilo (Xiong & Chen, 2020).

Los modelos matemáticos tienen gran importancia en la agroindustria, por lo que permiten sistematizar observaciones experimentales, el conocimiento de diferentes variables de proceso y ajuste a un modelo matemático ayudan a presentar de mejor manera la cinética de extracción asociada al proceso de destilación (Ahangari et al., 2021). En el proceso de extracción de los aceites esenciales de cítricos, los modelos matemáticos permiten describir el comportamiento dinámico durante este proceso. Existen diferentes modelos matemáticos que ayudan a observar dos etapas importantes de la destilación, la primera es un rápido aumento en la concentración del aceite esencial en función del tiempo, el segundo es el aumento lento de la concentración del aceite esencial a medida que aumenta el proceso de extracción (Franco et al., 2019).

1.2. PROBLEMA

La mandarina (*Citrus reticulata*) es un fruto que se utiliza en la elaboración de diferentes productos agroindustriales. Resultado de este proceso se genera residuos biomásicos que constituyen la cáscara y las semillas (pepas), las cuales son usados parcialmente en forma de abono orgánico o como materia prima para la obtención de otros productos como aceites esenciales, harinas y pectinas.

La ESPAC (2021), reporta que en el Ecuador se produjo 46.341 Tm de mandarina en el año 2021, de las cuales aproximadamente el 80% se lo consume directamente y el 20% constituye materia prima para la elaboración de pulpas, mermeladas y postres. Satari & Karimi (2018), mencionan que el 40% del fruto de mandarina lo constituye la cáscara, el 2% las semillas, que traducido en cantidades representa 18.536 Tm de cáscara de mandarina producidas en Ecuador. De acuerdo con Nitayapat et al. (2020), más del 70% de residuos de mandarina es desechado, el cual no es aprovechado debidamente por parte de las industrias en la obtención de productos agroindustriales como es el aceite esencial.

Cordova & Velasquez (2021); Flores (2022); Horna (2015); Valdez (2017); reportan rendimientos en la obtención de aceite esencial de mandarina a partir de la cáscara entre el 0,4% al 2%. Los métodos más usados lo constituyen la destilación simple y fraccionada, con parámetros de proceso establecidos tales como temperatura, flujo másico, presión y tiempo (Božović et al., 2017). Sin embargo, el rendimiento obtenido, esta reportado para condiciones ambientales diferentes, no se evidencia en forma científica la obtención de aceite en la provincia Bolívar, comprendido entre los 2.500 y 2.680 msnm, aspecto que hace necesario el estudio de los parámetros de proceso para este sector, sumado a ello es necesario la realización de pruebas experimentales para obtener resultados de relevancia científica que validen o rechacen los resultados obtenidos en otros estudios; esto conlleva un mayor uso de materia prima, insumos materiales, reactivos e incrementa los costos y tiempo de proceso. Por lo mencionado es necesario modelar matemáticamente y simular las variables de proceso para ahorrar costos y tiempo, aspectos que no se reflejan en la revisión científica revisada.

De continuar esta situación, la agroindustria en el Ecuador pierde la oportunidad de procesar materia prima de alta calidad (cáscara de mandarina) para la obtención de aceite esencial, aspecto de gran importancia a ser considerado en la generación de empleo, desarrollo rural a través de la producción de un producto agroindustrial de calidad.

1.2.1. Formulación del problema

De acuerdo a lo mencionado, en la presente investigación se planteó la siguiente pregunta general:

¿Cómo aprovechar los residuos biomásicos de la mandarina en la obtención de aceites esenciales, para la elaboración de productos agroindustriales en la provincia Bolívar?

1.2.2. Sistematización del problema

Para el abordaje de la pregunta general de investigación, se planteó las siguientes preguntas específicas:

¿Cuáles son las composiciones físicas y químicas de la materia prima (cáscara de mandarina) a ser procesada en la obtención de aceites esenciales?

¿Cuáles son los parámetros de proceso que deben ser tomados en cuenta en los procesos de extracción, mediante la utilización de destilación simple y fraccionada?

¿Cuál es la calidad del aceite esencial obtenido?

¿Cuáles son los modelos matemáticos que se ajustan a los procesos de destilación simple y fraccionada en la obtención de aceite esencial?

¿En qué producto agroindustrial se puede utilizar el aceite esencial obtenido?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Aprovechar los residuos biomásicos de la mandarina (*Citrus reticulata*), en la obtención de aceites esenciales, para la elaboración de productos agroindustriales en la Provincia Bolívar.

1.3.2. Objetivos específicos

- Caracterizar a los residuos biomásicos obtenidos de especies vegetales de origen cítrico de la cáscara de mandarina en las que se va a realizar la extracción.
- Cuantificar los parámetros de operación del proceso de destilación simple y fraccionada.
- Evaluar la calidad del aceite esencial obtenido.
- Modelar los procesos de destilación simple y fraccionada en la obtención del aceite esencial.
- Aplicar el aceite esencial obtenido en la elaboración de un producto agroindustrial.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Mandarina (*Citrus reticulata*)

2.1.1. Generalidades de la mandarina

Según Siicex (2014), la mandarina (*Citrus reticulata*) es un fruto proveniente del árbol mandarino, que pertenece a las familias de las rutáceas, su cultivo es favorable en países de climas cálidos y templadas. Paredes & Arévalo (2015), indican que la mandarina pertenece al grupo de cítricos con características similares a la naranja, pero con mayor facilidad de pelar, está formada por una corteza gruesa o fina dependiendo de la variedad, se la conoce en los mercados internacionales como “tangerine” con semillas o sin semillas.

La mandarina es el fruto derivado de las diferentes especies de cítricos comúnmente llamados mandarino, entre ellas *Citrus reticulata*, *Citrus unshiu*, *Citrus reshni*, así como sus híbridos incluyendo *Citrus tangerina*, su pulpa está formada por un considerable número de gajos llenos de zumo que contienen propiedades nutritivas como vitamina C, flavonoides, carotenoides, antioxidantes y minerales (Vasquez, 2019).

Figura 1

Mandarina (Citrus reticulata)

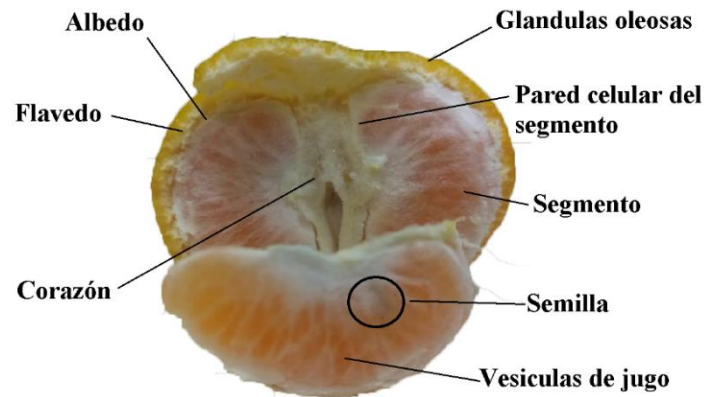


Nota. La figura representa el fruto del árbol mandarino con sus gajos. Tomado de Publimetro (2015).

En la investigación de Stacey (2014), sobre el análisis de la mandarina en el Ecuador menciona que este tipo de fruta no es climatérica, puesto que carecen de la capacidad de madurar una vez separada del árbol, impidiendo que adquiera su color y sabor característico.

Figura 2

Anatomía de la mandarina



Nota. La figura indica las partes principales del fruto de la mandarina tanto interna como externa.

2.1.2. Taxonomía de la mandarina

Se refiere a las diferentes especies que existen de ellas, como su clasificación, cultivares, mezclas del género *Citrus* y aquellos relacionados.

Tabla 1

Clasificación taxonómica de la mandarina

Taxonomía (<i>Citrus reticulata</i>)	
Familia	Rutaceae
Subfamilia	Aurantioidea
Género	<i>Citrus</i>
Especie	<i>Citrus reticulata</i>
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Rosidae
Orden	Sapindales

Nota. Descripción taxonómica de la mandarina. Tomado de *Universidad Politécnica Salesiana*, por Paredes & Arévalo (2015).

2.1.3. Características de la mandarina

Franco et al. (2020), indica que mandarina es un término utilizado para un género específico de cítricos, las mandarinas son caracterizados por tener una piel fina que está constituida por dos tejidos diferentes, albedo (capa interna) y flavedo (capa externa). El portal de salud y medicina. Barnossi et al. (2021), mencionan que la mandarina es la fruta cítrica más rápida de quitar su piel, su pulpa es de sabor dulce o a veces agridulce, contiene diferentes propiedades nutricionales, dependiendo de su variedad o calidad de cultivo, esto hace que sea muy deliciosa y saludable para niños y adultos.

Fruto: es el órgano procedente de la flor o también llamado hesperidio, existen diferentes variedades del fruto con abundantes semillas o sin semillas (Acevedo, 2016).

Tamaño y peso: el peso promedio del fruto de la cosecha es de 180,6 g; tiene un diámetro ecuatorial de 56,2 mm y polar de 78,6 mm (Miranda et al., 2020).

Cáscara: es la piel o membrana que cubre todo el fruto, su color es verde, amarillo o anaranjado dependiendo de la variedad, está compuesta de 8 a 15 gajos que se separan fácilmente (Romero, 2022).

Forma: tiene forma esférica de tamaño medio y aplanada.

Sabor: la pulpa es dulce, un poco ácida y contiene mucho zumo.

Aroma: característico e intenso de la fruta cítrica madura y sana. Libre de olores extraños, es un producto natural libre de químicos (Ibarra, 2021).

Color: tiene una gama de colores que va desde el verde intenso hasta un color anaranjado rojizo. El tono verde representa el inicio del desarrollo del fruto y el tono anaranjado representa la etapa final de madurez.

Vida útil: su duración en condiciones de congelación es de un año, y en condiciones de temperatura ambiente dura aproximadamente dos semanas (Beltrán et al., 2021).

2.1.4. Valor nutricional de la mandarina

La mandarina tiene un gran valor vitamínico y nutricional como: vitamina C, proteína, fibra, potasio, energía (kcal) y minerales. Es muy consumida en las temporadas de invierno para incrementar las defensas del organismo, aportando un sin número de beneficios que ayudan a tener un mejor desempeño en el metabolismo, es consumida en jugos o postres (Cañizares, 2015).

Tabla 2

Valor nutricional de la mandarina

Valor nutricional	
Energía (kcal)	43
Proteína (g)	0,8
Hidratos de carbono (g)	9
Fibra (g)	1,90
Calcio (mg)	36
Hierro (mg)	0,30
Yodo (µg)	Tr
Magnesio (mg)	11
Zinc (mg)	0,40
Sodio (mg)	2
Potasio (mg)	160
Fósforo (mg)	17,20
Selenio (mg)	Tr
Tiamina (mg)	0,07
Riboflavina (mg)	0,02
Eq de niacina (mg)	0,30
Vitamina B6	0,07
Vitamina A (µg)	56
Folato (µg)	21
Vitamina C (µg)	35

Nota. Tomado de *Universidad Técnica Estatal de Quevedo*, por Ibarra (2021).

2.1.5. Beneficios de la mandarina

En la investigación de Paredes & Arévalo (2015), ratifica que las mandarinas pueden ser consumidas directamente de los árboles en calidad de fruta, o someterse a transformaciones con fines agroindustriales que la conviertan en bebidas, pulpas o conservas, e incluso pueden aplicarse en la industria química y farmacéutica. Se menciona que la mandarina contiene los siguientes beneficios:

- Tiene un alto contenido de vitamina C, beneficiosa contra la gripe.
- Su vitamina C refuerza al sistema inmune, ayuda a sintetizar el colágeno lo que retrasa el envejecimiento por su alto contenido en antioxidantes.
- Ayuda a combatir el estreñimiento gracias a su contenido en fibra y controla la presión arterial.
- Evita el almacenamiento de azúcar, lo que ayuda a quemar la grasa corporal.
- Las vitaminas A y C advierten la degeneración macular ayudando a mejorar la salud de la visión (Melara, 2020).
- La cáscara de mandarina contiene carotenoides, fitoquímicos de Limoneno, flavonoides y terpenos, estos compuestos volátiles son anticancerígenos (Franco et al., 2020).

2.2. Variedades de mandarina

Las mandarinas tradicionales proceden de cruces entre variedades de mandarinas ancestrales o más antiguas con los naranjos dulces. Algunas mandarinas con poca palatabilidad se utilizan actualmente como porta injertos, es decir, como planta madre, tal es el caso de la mandarina cleopatra o del mandarino sunki. Las mandarinas comestibles son de mayor tamaño, menos ácidas, agradablemente aromáticas y más succulentas, son consumidas con gran aceptación (Ibañez et al., 2015).

Conforme (2019), destaca que en Ecuador se encuentran tres tipos de mandarinas de acuerdo a su temporada, así mismo tiene su venta que va de los meses de julio y octubre, también se puede tenerla en los meses de marzo y agosto. Ibarra (2021), menciona que los agricultores registran más variedades de mandarinas producidas en las zonas tropicales de esta provincia. Es oportuno decir que no se tiene un estudio específico de las temporadas ni de las cualidades nutricionales de las mandarinas, debido a que solo se consume en fruto, y en la mayor parte se la procesa para pulpas o mermeladas.

2.2.1. Mandarina criolla (*Citrus reticulata* Criolla)

La mandarina criolla se caracteriza por su agradable dulzor, aroma, baja acidez y semillas. Su color anaranjado con olor dulce cítrico de tamaño pequeño hace de este cítrico uno de los frutos más populares a nivel provincial y nacional, especialmente por su precio comercial, porque es una fruta de fácil cultivo en los huertos familiares (Chiluisa, 2014). Las mandarinas criollas resultan fáciles de pelar su cáscara y comerlas, lo cual se ha convertido en una de las frutas cítricas predilectas de los niños, su cultivo es apto para climas de temperatura comprendidos entre los 18 a 26 °C demostrando que se puede cultivar en la varias provincias del Ecuador (Ibarra, 2021).

Figura 3

Mandarina criolla



Nota. La cosecha de la mandarina criolla se realiza en los meses de junio - agosto.

2.2.2. Mandarina verde o cascaruda (*Citrus nobilis* Loureiro)

La mandarina cascaruda se identifica por su color verde y su fuerte olor a cítrico, los agricultores la conocen como mandarina king o hedionda. Tienen alta cantidad de semillas, es de tamaño grande achatado, su pulpa posee una tonalidad entre anaranjada y blanca con gran contenido de zumo; su cáscara es gruesa y semigruesa, lo que dificulta su pelado (Conforme, 2019). Presenta una madurez tardía, se mantiene por un largo tiempo en el árbol, con respecto a su sabor es dulce ácido, cuando alcanza la madurez óptima es apetecida por la mayoría de los agricultores para su consumo o comercialización a nivel local (Ibarra, 2021).

Figura 4

Mandarina verde o cascaruda



Nota. La mandarina cascaruda es conocida como mandarina king o hedionda, y se las cultiva en lugares tropicales.

2.2.3. Mandarina híbrida sin pepa (*Citrus tangerina*)

Galarza (2012), menciona que la mandarina híbrida, se caracteriza por no tener semillas, posee un tamaño mediano o grande, su color es anaranjado rojizo muy llamativo, su pulpa tiene gran cantidad de zumo, es abundante en azúcares y ácidos orgánicos. La corteza está muy adherida a la pulpa, la cosecha se realiza en el mes de febrero, pero el fruto puede permanecer en el árbol hasta abril, es una variedad de interés para zonas con poco riego y plagas. Najat et al. (2018), en sus investigaciones demuestran que la mandarina híbrida sin semillas se encuentra entre aquellas variedades que no han sido mutadas de manera espontánea, sino que resultan de los laboratorios de viveros pertenecientes a organismos oficiales. Sin embargo, existen algunas con semillas porque pueden ser polinizadas mediante el viento.

Figura 5

Mandarina híbrida sin pepa



Nota. La mandarina híbrida es caracterizada por no tener semillas y su pulpa es dulce.

2.2.4. Mandarina satsuma (*Citrus unshiu*)

La mandarina satsuma se destaca por su buena calidad gustativa, el árbol de la mandarina tiene una altura de dos a tres metros, es resistente al frío, suelos fértiles y drenados. Su maduración es temprana, sus frutos son de color amarillo y naranja, de cáscara delgada, la pulpa es dulce, ligeramente ácida y jugosa, con excelentes propiedades de vitamina C. Su mediano tamaño, su sabor aromático y la facilidad de pelar su piel, hacen de esta fruta una de las más apreciadas (Cañizares, 2015).

Figura 6

Mandarina satsuma



Nota. La mandarina satsuma es ideal para personas con diabetes, debido a que su contenido en azúcar es realmente bajo.

2.3. Producción de mandarina

2.3.1. Producción mundial de mandarina

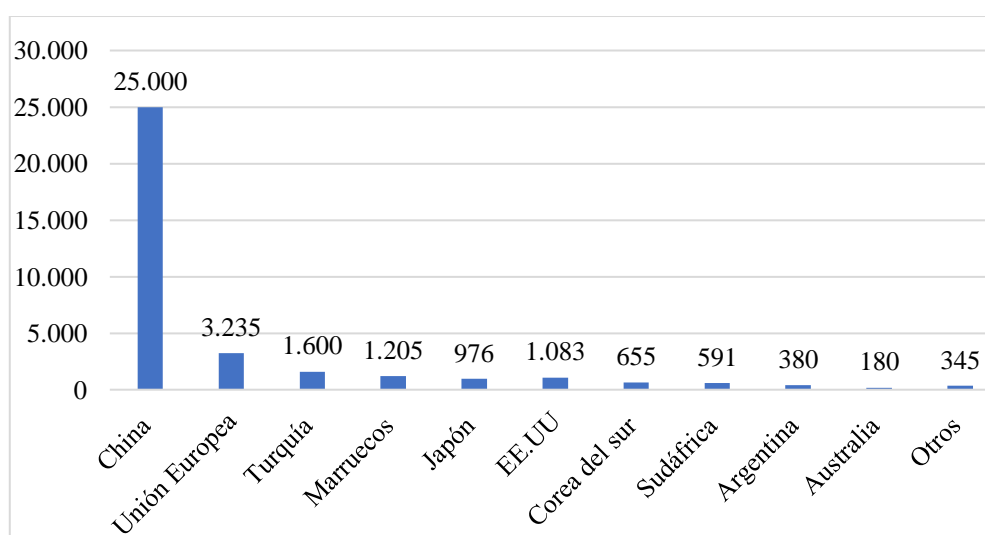
Redagrícola (2021), enfatiza que la mandarina es un fruto que se consume en todo el mundo, la producción mundial de mandarinas y tangerinas anotaría un récord de 33,3 millones de toneladas en la temporada 2020 - 2021. Aguagüiña (2014), señala que los principales países productores de mandarinas son: Brasil, EEUU, China, México, España, India, Irán, Italia y Argentina, lo que representa un 30% del volumen total de cítricos, este incremento se debe a la rápida expansión de la superficie cultivada y sus diferentes variedades existentes que son comercializados a países donde este cítrico no es cultivado.

El departamento de agricultura de Estados Unidos USDA (2022), espera una producción récord de mandarina para el año 2022, estimando 2,8 millones de toneladas hasta alcanzar un récord de 37,9 millones de toneladas a nivel mundial, que se destinarán al consumo y exportación.

Tabla 3*Producción mundial de mandarinas y tangerinas en toneladas métricas*

País	Temporada 2019 - 2020	Temporada 2020 - 2021	Temporada enero 2022
China	23.000	25.000	28.000
Unión Europea	2.889	3.235	2.965
Turquía	1.400	1.600	1.750
Marruecos	926	1.205	1.360
Japón	962	976	924
EE.UU	856	1.083	797
Corea del sur	631	655	610
Sudáfrica	461	591	630
Argentina	330	380	370
Australia	160	180	190
Otros	357	345	337
Total	31.972	35.250	37.933

Nota. Se muestra la producción mundial de mandarinas de los últimos tres años. Tomado de *United States Department of Agriculture Foreign Agricultural Service*, por USDA (2022).

Figura 7*Países con más producción de mandarinas a nivel mundial*

Nota. Países con más producción de mandarinas a nivel mundial 2020 - 2021.

2.3.2. Producción de mandarinas en el Ecuador

Conforme (2019), argumenta que la producción de mandarina en Ecuador es un cultivo antiguo, dado que posee diferentes tipos de climas ideales de 16 a 28 °C, donde se puede cultivar diferentes variedades de mandarina. Paredes & Arévalo (2015), indican que en las zonas cálidas de la sierra existe la mandarina criolla de tamaño pequeño, mientras que la mandarina grande es propia de las zonas tropicales y en las zonas subtropicales se encuentra la mandarina roja o rosada. Las principales variedades que existen en el país son: clementina, criolla, híbrida, satsuma y king.

Tabla 4

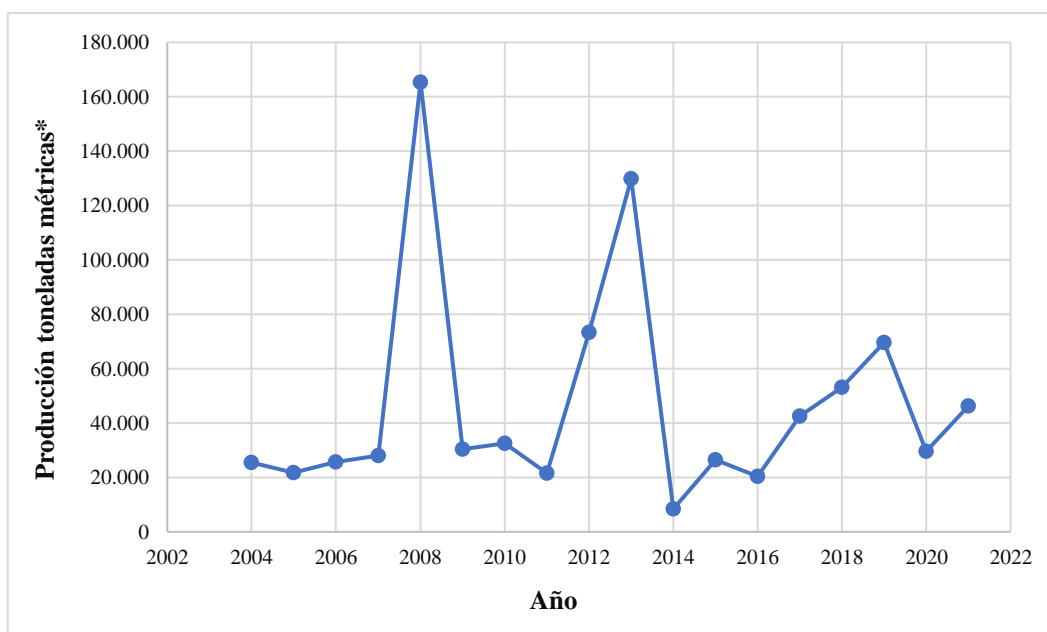
Producción de mandarinas en el Ecuador año 2004 - 2021

Año	Número de árboles	Producción toneladas métricas
2004	662.021	25.470
2005	509.957	21.750
2006	655.041	25.627
2007	668.664	28.058
2008	607.023	165.419
2009	544.416	30.311
2010	538.098	32.540
2011	357.195	21.589
2012	699.379	73.345
2013	743.782	129.791
2014	166.867	8.422
2015	826.985	26.556
2016	588.650	20.392
2017	984.767	42.560
2018	1067.211	53.139
2019	1458.508	69.605
2020	838.680	29.581
2021	1001.343	46.341

Nota. Tomado de *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua*, por ESPAC (2021).

Figura 8

Producción de mandarinas en el Ecuador en Tm



Nota. La figura indica la producción de mandarinas en toneladas métricas de las diferentes provincias del Ecuador desde el año 2004 al 2021. Tomado de *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua*, por ESPAC (2021).

2.3.3. Producción de mandarinas en la provincia Bolívar

Galarza (2012), indica que los productores y técnicos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Estatal de Bolívar, en las zonas subtropicales de la provincia mantienen más de 10.000 hectáreas dedicadas al cultivo de mandarinas en sus distintos cantones como Caluma, Echeandía, Las Naves, Chillanes y Guaranda con climas subtropicales, donde se cultivan variedades como clementina, criolla, híbrida, cascaruda (king) y satsuma.

Cañizares (2015), indica que su temperatura de 24 °C con precipitaciones de 800 a 1.000 milímetros anuales lo convierten en un lugar excelente para el cultivo de cítricos. Sin embargo, la competencia es dura para los agricultores debido al ingreso de frutas importadas, incluidas las mandarinas. La ESPAC (2021), muestra los datos acerca de la superficie plantada, superficie cosechada y la producción en toneladas métricas del cultivo de mandarina en los diferentes cantones de la provincia Bolívar, desde el año 2004 hasta el 2021.

Tabla 5*Producción de mandarinas en la provincia Bolívar*

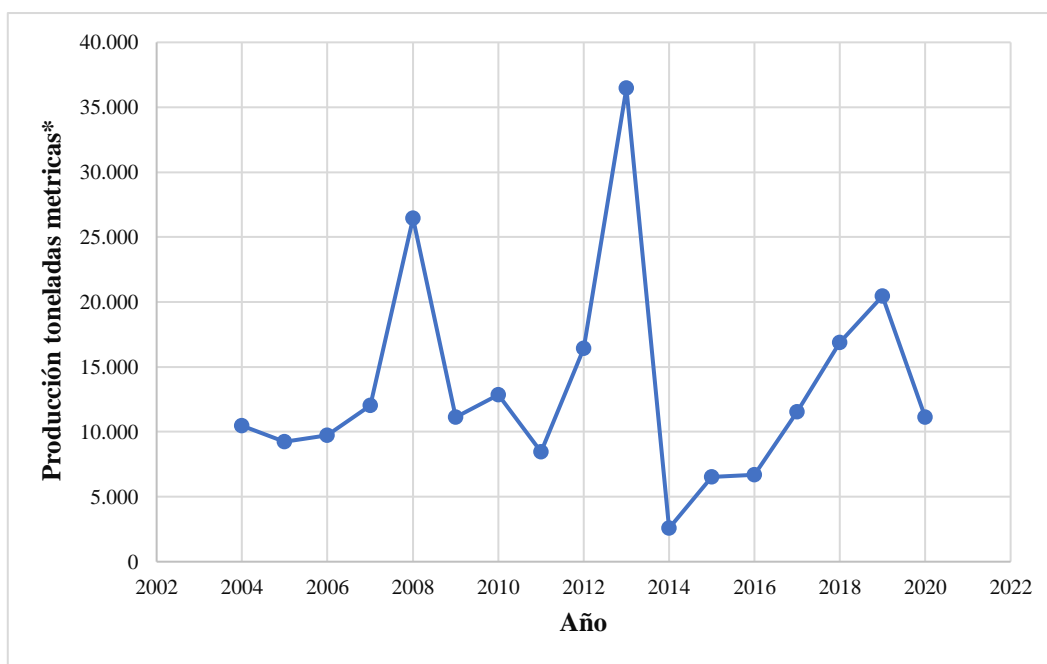
Año	Superficie plantada	Superficie cosechada	Producción toneladas métricas
2004	8.168	6.264	10.462
2005	10.696	8.065	9.256
2006	9.448	7.817	9.745
2007	12.436	7.058	12.014
2008	28.210	24.019	26.452
2009	11.564	8.530	11.145
2010	9.244	7.540	12.854
2011	9.060	8.019	8.465
2012	14.164	12.020	16.445
2013	22.299	18.526	36.478
2014	4.630	2.779	2.574
2015	9.534	5.775	6.541
2016	8.244	5.450	6.689
2017	11.787	10.478	11.554
2018	15.564	12.830	16.869
2019	21.294	17.540	20.452
2020	16.052	14.019	11.145

Nota. Tomado de *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua*, por ESPAC (2021).

Los cantones Caluma, Echeandía, Chillanes y Las Naves son considerados una de las áreas cítrcolas más importantes del Ecuador, debido a la presencia de diferentes pisos climáticos. En los últimos años, los agricultores se han dedicado al cultivo de mandarinas nativas, que producen aproximadamente 20.000 toneladas al año, esta producción no satisface la demanda nacional (Galarza, 2012).

Figura 9

Producción de mandarinas en la provincia Bolívar en Tm



Nota. La figura indica la producción de mandarinas en toneladas métricas de la provincia Bolívar desde el año 2004 al 2021. Tomado de *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua*, por ESPAC (2021).

2.4. Aprovechamiento de los residuos biomásicos

Según Vargas & Pérez (2018), afirman que actualmente los residuos biomásicos se transforman en subproductos gracias a la agroindustria, ya que tiene la capacidad de promover el desarrollo económico, social y ambiental global, siempre y cuando conserve el compromiso entre la actividad desarrollada y el cuidado del ambiente en los distintos procesos; desde el manejo de las materias primas hasta la distribución final de los subproductos o residuos generados.

La cáscara de los cítricos representa entre el 40% del peso total de la fruta, en consecuencia, en el año 2019 se generó aproximadamente 12,68 millones de Tm de residuos de la mandarina. Se estima que alrededor del 40% de los residuos producidos se utilizan como remedios herbales y aprovechamiento para la elaboración de subproductos, mientras que el 60% restante se desecha a los ríos y océanos, lo cual ocasiona problemas ambientales y de salud (Barnossi et al., 2021).

2.4.1. Cáscara de mandarina

En la producción de pulpas de los cítricos se desechan más del 50% de las cáscaras, semillas y membranas capilares, estos pueden generar subproductos ricos en agua, azúcares solubles, fibra, ácidos orgánicos, aminoácidos, proteínas, minerales, vitaminas y aceites esenciales (Nitayapat et al., 2015).

De los residuos biomásicos de la mandarina (cáscara) se pueden obtener harinas cítricas, pectinas, aceites esenciales y pigmentos, así como compuestos bioactivos con efectos benéficos para la salud, como polifenoles, flavonoides, minerales y fibra dietaria. Está compuesta principalmente de pectinas que constituye entre 65 al 70% de fibra total y trazas de lignina que ayudan a reducir la cantidad de grasa que circula por el organismo (Castro et al., 2016).

2.4.2. Composición química de la cáscara de mandarina

En sus investigaciones Rafiq et al. (2018); Singh & Immanuel (2014), mencionan a la cáscara de mandarina como una fuente de ingrediente funcional muy importante, ya que contiene una amplia variedad de productos secundarios con actividades antioxidantes como fibra dietética y compuestos fenólicos, que pueden tener considerables beneficios económicos para los procesadores de alimentos.

Tabla 6

Composición física y química aproximada de la cáscara de mandarina

Componente	Valor
Humedad (g/100g)	12,57 ± 0,11
Proteínas (g/100 g m.s)	8,14 ± 0,18
Extracto etéreo (g/100 g m.s)	2,14 ± 0,03
Cenizas (g/100 g m.s)	2,73 ± 0,01
Fibra dietaria total (g/100 g m.s)	43,84 ± 1,14
Fibra dietaria insoluble (g/100 g m.s)	28,61 ± 1,07
Fibra dietaria soluble (g/100 g m.s)	15,23 ± 0,16
Relación FDI/FDS	1,88 ± 0,07
Pectina (g/100 g m.s)	14,46 ± 0,87

Nota. Tomado de *Characterization of mandarin peel powder and inclusion in bread making*, por Gutiérrez & Pascual (2016).

2.4.3. Beneficios de la cáscara de mandarina

La cáscara de mandarina actualmente ha llamado la atención por su gran contenido de vitamina C, flavonoides, polifenoles y aceite esencial (Zhang et al., 2019). Estos compuestos naturales son beneficiosos por sus efectos anticancerígenos, antiinflamatorio, neuroprotector, cardioprotector, antidiabético, antitrombótica, así como la capacidad para neutralizar las especies reactivas de oxígeno y nitrógeno. La combinación de la acción de diversos polifenoles, actúan como antioxidantes protegiéndonos de enfermedades como tumores cancerígenos, daños por radicales libres, alivia la tos y las dolencias gripales, ayuda a los niveles de colesterol y ansiedad (Parinandi et al., 2015).

2.4.4. Parámetros de selección de la cáscara de mandarina

Los parámetros para la selección de la cáscara de mandarina se basan en las características físicas y químicas derivadas de su madurez, su cultivo y proceso de cosecha.

Tabla 7

Parámetros para la selección de la cáscara de mandarina

Parámetro	Rango
Color	Característico de la fruta
Olor	Característico de la fruta
Plagas (cucarachas, moscas, babosas, roedores, entre otros).	No tolerable
Material extraño (contaminaciones químicas, heces, entre otros.)	No tolerable
Hongos	No tolerable
pH	4,15 – 5,52
Cenizas (%)	2,88 – 4,38

Nota. Tomado de *Universidad Católica de Santiago de Guayaquil*, por Castillo (2020).

2.4.5. Industrialización de los residuos biomásicos de la mandarina

De acuerdo con Liu et al. (2021), la cáscara de la mandarina es un subproducto que se obtiene después del proceso de producción de jugo o pulpa, representa alrededor del 50 - 60% del peso de la fruta, por lo tanto, los residuos biomásicos de la mandarina sirve para obtener subproductos como aceites esenciales, harinas, pigmentos y pectinas, los cuales

se esperan que sean utilizados para preparar productos alimenticios, farmacéuticos y cosméticos o algún otro que se identifique con un valor comercial.

2.4.6. Usos industriales de la cáscara de mandarina

Extracción de pectinas: como menciona Moscoso (2015), las pectinas son algunos de los productos que pueden obtenerse a partir de los residuos cítricos. García & Penagos (2011), afirman que las pectinas se utilizan como espesantes, gelificantes, emulsificantes y estabilizadores en la industria alimentaria y doméstica de mermeladas y jaleas de fruta.

Extracción de pigmentos: los pigmentos carotenoides son colorantes naturales presentes en diversas frutas y verduras (Escobar, 2010). En la industria alimentaria los pigmentos más usados en su mayoría provienen de origen artificial que producen alergias en los niños y son altamente tóxicos. Por el contrario, existen investigaciones que demuestran que los pigmentos de la cáscara de mandarina tienen un alto potencial para sustituir a los colorantes artificiales más usados en la industria alimenticia (Ali & Imran, 2021).

Aceites esenciales: los aceites de cítricos constituyen el mayor sector de producción de aceites esenciales en el mundo, se encuentran como líquidos a temperatura ambiente. El aprovechamiento de los residuos de los cítricos es una alternativa mundial y nacional en la obtención de aceites esenciales con el 80% de D-limoneno, compuesto que le da el olor característico de los cítricos, es determinado mediante cromatografía de gases (GC) acoplada a espectrometría de masas (MS) (Cordova & Velasquez, 2021).

2.5. Métodos de extracción

Los métodos de extracción son aplicados en la industria de alimentos, bebidas, perfumería, medicina y principalmente farmacéutica. Para lograr una adecuada extracción de las fracciones líquidas solubles, es posible utilizar varios procesos físicos y químicos, esto proporcionará las características particulares en la calidad del producto obtenido, existen diferentes métodos de extracción como enfleurage, extracción con solventes, hidrodestilación, extracción por arrastre de vapor (Ferreira et al., 2022).

2.5.1. Proceso de destilación

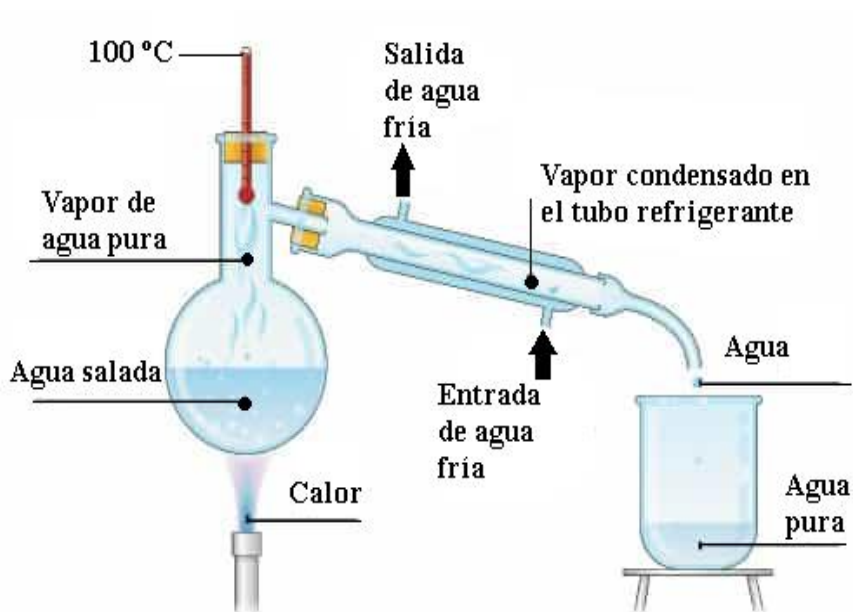
Rodríguez (2015), considera a la destilación como una operación unitaria que consiste en variar la temperatura, para separar mezclas comúnmente líquidas, de sustancias que tienen distintos puntos de ebullición, volátiles o que se encuentren juntas. La destilación se aplica dentro de las industrias que refinan petróleo, para desalinizar el agua, para

obtener aceites esenciales, licor, cerveza o vino y sobre todo para producir productos químicos utilizados en los hogares y en las fábricas.

La destilación es una técnica industrial que permite separar sustancias miscibles. Consiste en hervir una mezcla de dos líquidos con densidades diferentes, generalmente una disolución, y luego condensar los vapores que se han generado por enfriamiento. Al hervir la mezcla, se forma una corriente de vapor que conforme asciende por la columna se enriquece del componente más volátil (punto de ebullición más bajo). Esta corriente se condensa en el tubo refrigerante y se convierte en hidrolato (agua y aceite) (López, 2008).

Figura 10

Proceso de destilación



Nota. Demostración del funcionamiento de un proceso de destilación. Tomado de *Proceso de destilación*, por Laboratorio Químico (2022).

2.5.2. Destilación simple

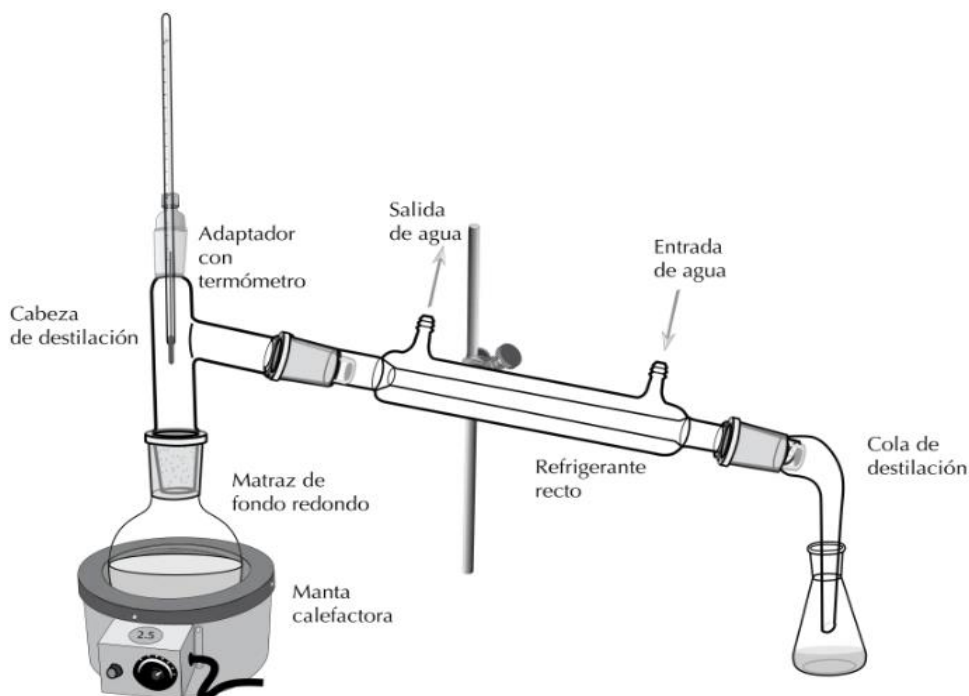
Delgado (2019), señala que la destilación por arrastre de vapor se caracteriza por procesar una mezcla de dos líquidos inmiscibles, sometidos a vaporización a temperaturas inferiores al punto de ebullición de cada componente volátil, esto debido al flujo continuo de vapor de agua, luego pasa por un recipiente cerrado donde el material a destilar ya está cortado en pequeños trozos. Es así como la esencia es arrastrada por el vapor y condensada brevemente para ser recolectada y separada por densidades.

El resultado final es la destilación de un solo producto, ya sea:

- Porque en la mezcla inicial solo había un componente, o
- Porque en la mezcla inicial uno de los componentes era mucho más volátil que el resto (Grande & Ortiz, 2019).

Figura 11

Equipo de destilación simple



Nota. Partes de un equipo de destilación simple. Tomado de *Recursos Educativos de Químicas*, por De química (2022).

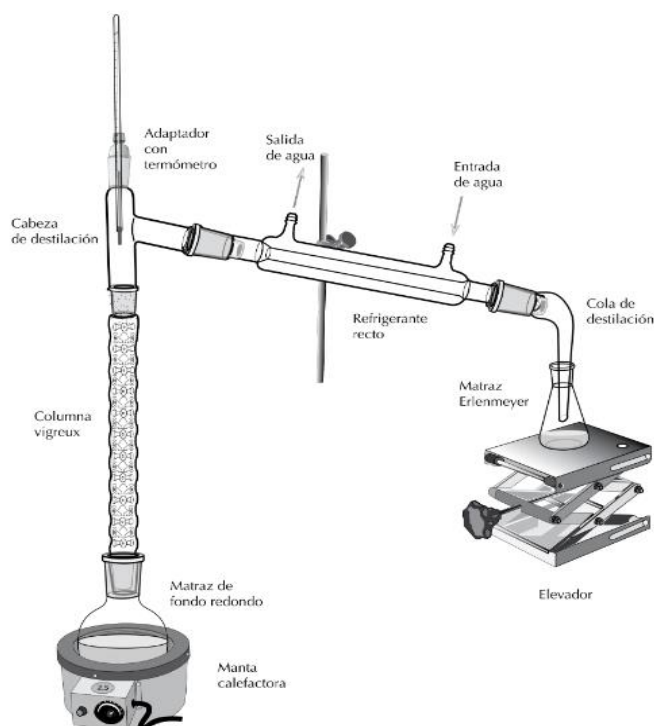
Vega (2019), expresa que la destilación simple, es el método más usado en la obtención de esencias de especies vegetales frescas, este método cederá su calor latente a la muestra para lograr su evaporación, formando dos fases inmiscibles a lo largo de la destilación. Cada líquido se comportará como si el otro no estuviera presente, por el hecho de que cada uno de ellos realizará su propia presión de vapor y pertenecerá a la del líquido puro a una temperatura de referencia.

2.5.3. Destilación fraccionada

La destilación fraccionada es un método utilizado para obtener diferentes sustancias, se basa en una alimentación constante del material al ser separado con la ayuda de una columna o torre de destilación, este tipo de destilación se emplea para separar compuestos que poseen puntos de ebullición similares o parecidos. Hay que tener en cuenta que los compuestos se obtienen por diferencia de densidades, ya que el líquido desciende mientras que el vapor asciende por la columna, entrando en contacto con el líquido presente en cada sección de la columna (Gutiérrez & Tunqui, 2017).

Figura 12

Equipo de destilación fraccionada



Nota. Esquema de montaje de un destilador fraccionado. Tomado de *Recursos Educativos de Química*, por De química (2022a).

Agudín (2015), menciona que una destilación fraccionada equivale a varios cientos de destilaciones simples y resulta eficaz incluso en la separación de líquidos cuyos puntos de ebullición difieren en una fracción de grados. Se dice que una columna de destilación fraccionada es mayor cuantos más platos posee. Así, la eficacia de la columna depende del número de platos.

2.6. Maceración

La maceración es el proceso de reposo de un compuesto vegetal con un líquido en cierto tiempo. El producto sólido (materia prima) posee ciertos compuestos solubles en el líquido que son los que se pretende extraer (Marcillo, 2014). En la maceración, el agente que ayuda a la extracción (fase líquida) suele ser el agua, pero con las investigaciones también se emplearon otros líquidos como jugos, vinos o alcohol con diversos ingredientes que modificarán las propiedades de extracción. En la industria se suele hablar de extracciones, mientras que cuando se trata de alimentos, hierbas y otros productos para consumo humano se emplea el término maceración (Romero, 2013).

2.6.1. Proceso de maceración

Este proceso consiste en introducir la materia prima de tipo vegetal, debidamente troceada en un recipiente de vidrio o plástico, seguido a ello se agrega agua normal o destilada. El recipiente debe sellarse correctamente a temperatura ambiente por el tiempo requerido de estudio, es necesario agitarlo dependiendo el tiempo de maceración y/o materia prima. Al finalizar el proceso, se decanta el líquido, se filtra el producto verificando el volumen obtenido y la muestra ablandada (Senica & Mikulic, 2020).

Figura 13

Proceso de maceración de materias vegetales



Nota. Proceso de maceración de cáscaras de mandarinas con agua destilada.

2.7. Aceites esenciales

El aceite esencial se conoce como aquella sustancia volátil, generalmente líquida aceitosa y de naturaleza oleosa, que se extrae por un procedimiento físico de destilación, casi exclusivamente de fuentes vegetales frescas (Chirinos & Quispe, 2018). En efecto, los aceites esenciales extraídos por diversos métodos con mayor relevancia son: destilación con arrastre de vapor, hidrodestilación, prensado en frío, extracción con solventes, radiación con microondas, hidrodifusión y fluidos supercríticos (Vera, 2018).

Los aceites esenciales están constituidos por: terpenos, siendo los más importantes, los monoterpenos y los sesquiterpenos, que constituyen del 75 al 95% del peso total del aceite. Los terpenos se caracterizan por ser inodoros o tener poco efecto en el aroma del aceite, en general proporcionan la volatilidad, inflamabilidad, características físicas como: densidad y viscosidad del aceite esencial. Existen millones de plantas en nuestro planeta, de los cuales se conocen alrededor de 4.000 aceites esenciales diferentes, esto demuestra que no todas las plantas poseen esta sustancia. Los aceites esenciales se encuentran en muy pequeña concentración en las plantas, por lo que se necesita gran cantidad de materia vegetal para lograr obtener una cantidad significativa, esto indica por qué su precio comercial es muy elevado (Ortuño, 2006).

2.7.1. Clasificación de los aceites esenciales

Los aceites esenciales pueden clasificarse en función de diferentes criterios: origen y naturaleza química de los componentes principales.

Consistencia:

- Esencias fluidas: son sustancias líquidas volátiles a temperatura ambiente.
- Oleorresinas: contienen el aroma de especies vegetales bien concentradas, son líquidas y de alta viscosidad.
- Bálsamos: se obtienen de los árboles, tienen una consistencia espesa y se pueden polimerizar en algunas de sus reacciones.

Origen:

- Naturales: se extraen de la planta y no están sujetos a ningún cambio fisicoquímico.

- Aceites esenciales sintéticos: se elaboran por síntesis química, estos compuestos son más baratos de fabricar y por esta razón se suelen utilizar como agentes saborizantes y aromatizantes.
- Artificiales: se crean mediante el proceso de enriquecimiento una esencia con algunos de sus componentes, como el anetol, que se añade a una mezcla de esencia de rosa (Castillo, 2020).

2.7.2. Propiedades físicas de los aceites esenciales

Delgado (2018), indica las siguientes propiedades físicas de los aceites esenciales:

- Son líquidos aceitosos y volátiles a temperatura ambiente.
- Cada aceite esencial tiene un aroma.
- Recién destilados suelen tener un color amarillo o incoloros dependiendo de la especie vegetal.
- Casi siempre tienen un alto índice de refracción y fuerza de rotación.
- Poseen una densidad inferior a la del agua.
- Son muy poco solubles en agua y solubles en grasas, pero son fácilmente arrastrados por el vapor de agua.
- Son solubles en alcoholes y en disolventes orgánicos comunes (cloroformo o éter) y alcohol de alta gradación.

2.7.3. Propiedades químicas de los aceites esenciales

Estrada (2015), señala dos propiedades químicas más importantes del aceite esencial:

No terpenoides: estos compuestos incluyen los alifáticos de cadena corta, los aromáticos, los que contienen azufre y los nitrogenados.

Terpenoides: son una clase más importante de metabolitos secundarios que se encuentran en las resinas, aceites esenciales y otras sustancias aromáticas de muchas plantas. Incluye grupos funcionales como alcoholes, aldehídos, ésteres y éteres, donde el contenido de aldehído en aceite cítrico se considera uno de los indicadores más importantes de alta calidad.

2.7.4. Caracterización de los aceites esenciales

Franco (2015), indica que la caracterización comprende todos aquellos métodos que conducen a la identificación de un compuesto puro o de tipos de compuestos presentes en una mezcla, los principales análisis que se debe realizar a los aceites esenciales son, la densidad, índice de refracción y pH.

2.7.5. Determinación de propiedades físicas

2.7.5.1. Densidad

La densidad es la relación de la masa por la unidad de volumen de una sustancia a una temperatura determinada, la variación de la densidad de los líquidos es muy pequeña salvo a muy altas presiones. Sus unidades de medida queda expresada en kg/m^3 , g/mL (Moscoso & Ochoa, 2018).

2.7.5.2. Índice de refracción

El índice de refracción es una propiedad utilizada para controlar la pureza y la calidad de los aceites tanto a nivel laboratorio como industrial, está relacionado con su grado medio de insaturación, también es útil para observar el progreso de las reacciones como la isomerización e hidrogenación (Paucar et al., 2015).

2.7.5.3. pH

Las siglas de pH corresponden al término potencial de hidrógeno; es una forma de expresar la basicidad a acidez de una sustancia en solución (Palacios, 2018).

2.7.6. Determinación de propiedades químicas

La determinación de la composición química de los aceites esenciales es uno de los factores más importantes en el análisis de calidad y pureza. Este análisis depende de tablas y gráficas de picos de los componentes más presentes y sus cantidades relativas en porcentajes, lo cual gracias a la cromatografía de gases se puede obtener resultados de las muestras analizadas. Es una técnica apropiada para aceites esenciales, consiste en facilitar la separación de los componentes volátiles y semivolátiles mediante el uso de temperaturas y presiones (Logroño & Lozano, 2019).

2.8. Aceites esenciales de cítricos

Los aceites esenciales de frutas cítricas tienen numerosas aplicaciones en múltiples sectores, como las industrias de alimentos, farmacéuticas y cosméticas. Aunque están constituidos principalmente por terpenos y monoterpenos, las actividades características de los aceites esencial de cítricos se deben a los oxyterpenes y otros compuestos oxigenados derivados. La presencia de terpenos en el aceite esencial puede provocar inestabilidad o pérdida de calidad. Por lo tanto, es deseable la concentración del aceite esencial en sus compuestos oxyterpicos mediante la eliminación de los terpenos (Franco, 2015).

2.8.1. Calidad en los aceites esenciales de cítricos

La calidad de los aceites esenciales de cítricos, dependen de factores que influyen en su composición, como las condiciones geobotánicas del entorno, edad de la planta o del fruto, estado fenológico, método de cultivo, época de recolección, manipulación del fruto y el almacenamiento del material vegetal (fresco, seco, fermentado) y el método de extracción, estos factores juegan un rol importante para la obtención del aceite esencial con olor y sabor de calidad (Shehata et al., 2020).

2.8.2. Aceite esencial de mandarina

El aceite esencial de mandarina contiene un componente llamado D-limoneno o simplemente limoneno, que se utiliza como insumo para la síntesis de nuevos compuestos (Valdez, 2017). Contienen cantidades significativas (4%) de un compuesto no volátil distintivo llamado tangeritina, así como 24 alcoholes, 11 aldehídos, 4 ésteres, 2 cetonas, 7 ácidos, 24 hidrocarburos y 2 éteres. Cerca de 34 estudios más detallados usando cromatografía de gases han demostrado que el aceite esencial de mandarina posee los siguientes compuestos como componentes mayoritarios: α -pineno, β -pineno, mirceno, Limoneno, p-cimeno, γ -terpineno, linalol, acetato de linalilo, α -terpineol, citronelol, acetato de geranilo, N-metil antranilato de metilo (Velásquez et al., 2015).

2.8.3. Requisitos físicos y químicos del aceite esencial de mandarina

El rendimiento del aceite esencial de la cáscara de mandarina depende de la variedad que se va a utilizar, ya que el cultivo y manejo postcosecha ayuda a que el compuesto volátil presente en la cáscara se conserve. Para obtener el aceite esencial de la cáscara de mandarina, se puede obtener por diferentes tipos de extracción, dentro de los cuales se

debe tomar en cuenta índice de refracción, densidad y su composición de compuestos volátiles (NMX-K-445, 1978).

Tabla 8

Requisitos físicos y químicos del aceite esencial de mandarina

Definición	Mínimo	Máximo
Rotación óptima a 20 °C	+88,0°	+96,0°
Índice de refracción a 20 °C	1,473	1,476
Densidad relativa (%)	0,844	0,854
Residuo a la evaporación, en %	2,3	5,8
Índice de peróxidos		60
Contenido de aldehídos, en %	0,8	1,9
Solubilidad en etanol de 95% v/v	7	10
Metales pesados		60

Nota. Datos obtenidos de *Normas mexicanas*, por NMX-K-445 (1978).

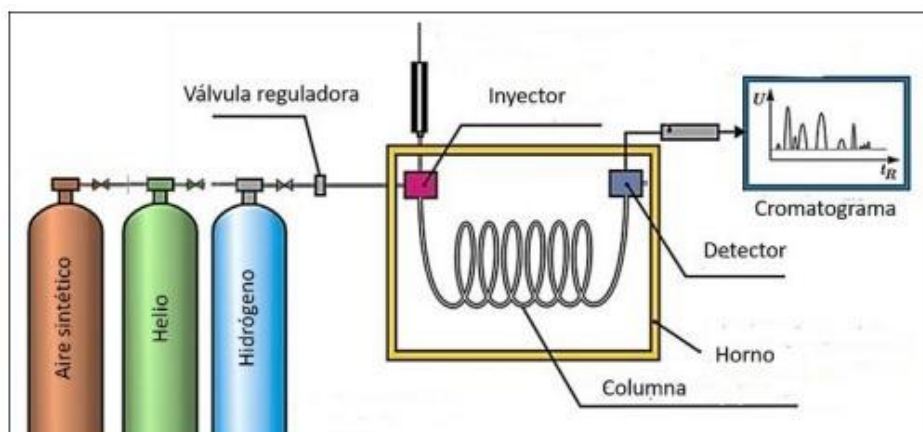
2.9. Cromatografía de gases (GC)

La cromatografía de gases es una técnica eficaz de separación de componentes de una mezcla mediante una fase móvil gaseosa a través de una fase estacionaria líquida, donde se logra identificar y cuantificar los compuestos presentes en las muestras analizadas (Pacheco, 2021; Valdez, 2017).

Ricaldi & Martínez (2014), indican que el análisis cromatográfico sirve para la identificación de componentes de aceites esenciales, con aplicaciones comparativas de bibliotecas de masas espectrales. Basantes & Trujillo (2015), explican que el proceso consiste en inyectar directamente la muestra en el cromatógrafo, sin ningún tratamiento previo, lo que elimina posibles modificaciones en la composición de la muestra o en la estructura de sus constituyentes debidas al pretratamiento; los contribuyentes del aceite esencial se identifican gracias a los diferentes patrones de fragmentación observados en sus espectros de masas.

Figura 14

Cromatógrafo de gases



Nota. Esquema gráfico de los elementos presentes en el cromatógrafo de gases. Tomado de *Universidad de Cádiz*, por Fuentes (2019).

2.9.1. Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas

El sabor y aroma son indicadores muy importantes dentro de la calidad de los alimentos, la espectrometría de masas es la técnica más usada para el análisis de compuestos volátiles (Wang et al., 2020). El espectrómetro de masa se caracteriza por emitir un bombardeo de iones a cada compuesto cuando sale del cromatógrafo de gases. Estos compuestos se fraccionan en iones, los cuales generan un patrón específico llamado espectro de masas, que es único para cada sustancia, facilitando así la identificación de un determinado compuesto a nivel molecular (López, 2015).

2.10. Usos del aceite esencial de cítricos

2.10.1. Industria alimentaria

Los aceites esenciales de cítricos tienen una alta demanda, principalmente en la industria alimentaria, son utilizados para la producción de aromatizantes y saborizantes para productos procesados y terminados, se especifica que los aceites esenciales de mandarina se han utilizado como potenciadores del sabor para todo tipo de bebidas, galletas, helados, dulces, productos lácteos (Castillo, 2020). Conjuntamente, hay que aludir a las otras áreas donde se hace el uso de este aceite esencial de mandarina, Caballero & Rodríguez (2014), señalan que los aceites esenciales tienen una amplia gama de aplicaciones en diferentes campos industriales y científicos, tales como:

2.10.2. Medicina

Ciertos aceites esenciales, como el de lavanda, se usan para tratar quemaduras y heridas, sin duda el aceite esencial de mandarina puede ayudar sin duda en la gripe, ya que es obtenida de un cítrico que contiene alto porcentaje de vitamina C.

2.10.3. Industria de productos de limpieza

Se utilizan como agentes atrayentes, pulverizantes, aromatizantes de ambiente y repelentes de insectos.

2.10.4. Industria cosmética y farmacéutica

Se aplican en conservantes, perfumes, jabones, champús, desodorantes, dentífricos e ingredientes activos.

2.11. Champú

El champú es un producto que ayuda al cuidado del cabello, está diseñado para limpiar la piel del cuero cabelludo. En la antigüedad se utilizaba para denotar la limpieza del cabello de las mujeres a través del masaje del cabello y piel que eliminaba la suciedad, sudor, sebo y caspa. El champú que elimine todo lo mencionado anteriormente es fácil de formular (D'Souza & Rathi, 2015). El champú no solo se considera como un producto cosmético depurativo, también es responsable de mantener la salud y belleza del cabello, mejorar el brillo y suavidad. Existen diferentes tipos de champús; sólidos, herbales, líquidos, que ayudan a cuidar los diferentes tipos de cabellos como lisos, secos, grasos, con canas y con caspa (Gubitosa et al., 2019).

Figura 15

Champú sólido y líquido



Nota. Tomado de GoodLife (2020).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Ubicación de la investigación

La presente investigación propuesta se realizó en el Laboratorio de Extractos del Complejo Agroindustrial de la Carrera de Agroindustria - Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente de la Universidad Estatal de Bolívar.

3.1.1. Localización de la investigación

Tabla 9

Localización de la investigación

Provincia	Bolívar
Cantón	Guaranda
Parroquia	Gabriel Ignacio Veintimilla
Sector	Laguacoto II
Dirección	Laguacoto II. (Guaranda Km. 1 ½ vía San Simón)

3.1.2. Situación geográfica y climática de la localidad

Tabla 10

Aspectos generales del territorio

Parámetros	Valores
Altitud promedio	2.604 msnm
Latitud	01° 36' 52" sur
Longitud	78° 59' 54" oeste
Temperatura máxima	21 °C
Temperatura mínima	7 °C
Temperatura media	14,4 °C
Precipitación media anual	980 mm
Humedad relativa	70%
Heliofanía promedio	900 horas/luz/año
Velocidad de viento	6 m/s

Nota. Tomado de Estación Meteorológica Laguacoto II. UEB 2019 y 2021.

3.1.3. Zona de vida

La ubicación del lugar a desarrollar la investigación en estudio se encuentra en la zona de vida según Holdridge, L. bosque Seco Montano Bajo (bs-MB).

3.2. Materiales

3.2.1. Material experimental

- Cáscara de mandarina criolla (*Citrus reticulata* Criolla)
- Cáscara de mandarina cascaruda (*Citrus nobilis* Loureiro)
- Cáscara de mandarina híbrida sin pepa (*Citrus tangerina*)
- Cáscara de mandarina satsuma (*Citrus unshiu*)

3.2.2. Materiales de campo

- Cuaderno de apuntes
- Computadora portátil
- Impresora
- Esferos

3.2.3. Materiales de laboratorio

- Bandeja de aluminio
- Cuchillos
- Termómetros
- Vasos de precipitación
- Matraz Erlenmeyer
- Papel aluminio
- Embudos de decantación
- Probetas
- Tablas de picar
- Frascos de color ámbar
- Envases plásticos herméticos







3.2.4. Reactivos




- Agua destilada (H₂O)
- Bicarbonato de sodio (NaHCO₃)

3.3. Equipos

Tabla 11

Equipos utilizados en la investigación

Equipo	Modelo	Función	Imagen
Estufa	MEMMERT	<ul style="list-style-type: none"> • Esterilizar • Secar • Incubar 	
Mufla	SNOL, 8,2/1110	<ul style="list-style-type: none"> • Pruebas de altas temperaturas • Pruebas de calentamiento • Incineración de muestras orgánicas e inorgánicas 	
Pie de rey	C/M, 8x1/128	<ul style="list-style-type: none"> • Instrumento de medición, principalmente de diámetros exteriores, interiores y profundidades. 	
Balanza analítica	RADWAG	<ul style="list-style-type: none"> • Pesar muestras 	
Refractómetro digital	HANNA	<ul style="list-style-type: none"> • Medir el índice de refracción de un medio material 	
Balanza luz alógena	METTLER TOLEDO	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar el porcentaje de agua de especies vegetales • Pesar muestras 	

Equipo de destilación simple	LAB CLASS	<ul style="list-style-type: none"> Extracción de aceites y esencias 	
Equipo de destilación fraccionada	LAB CLASS	<ul style="list-style-type: none"> Extracción de aceites y esencias 	
Medidor de pH	UKE MI 151	<ul style="list-style-type: none"> Indica su grado de acidez o alcalinidad expresada como pH. 	

3.4. Métodos

3.4.1. Factores en estudio

Los factores considerados para el aprovechamiento de residuos biomásicos de cáscara de mandarina para la obtención de aceites esenciales fueron: Factor A variedades de mandarina con cuatro niveles, Factor B maceración con agua destilada más bicarbonato de sodio con dos niveles y Factor C método extracción con dos niveles.

Tabla 12

Factores de estudio

Factores	Código	Nivel
Variedades de mandarina	A	a_1 : Criolla (<i>Citrus reticulata</i> Criolla)
		a_2 : Cascaruda (<i>Citrus nobilis</i> Loureiro)
		a_3 : Híbrida (<i>Citrus tangerina</i>)
		a_4 : Satsuma (<i>Citrus unshiu</i>)
Maceración con agua destilada + NaHCO ₃	B	b_1 : 8 h
		b_2 : 12 h
Método de extracción-Destilación	C	c_1 : Simple
		c_2 : Fraccionada

3.4.2. Tratamientos

Los tratamientos constituyen la combinación de cada uno de los niveles de los factores A, B y C que intervienen en el estudio.

Tabla 13

Combinación de tratamientos para la investigación

Tratamiento	Código	Niveles		
		A	B	C
1	$a_1b_1c_1$	Criolla	8 h	Simple
2	$a_1b_1c_2$	Criolla	8 h	Fraccionada
3	$a_1b_2c_1$	Criolla	12 h	Simple
4	$a_1b_2c_2$	Criolla	12 h	Fraccionada
5	$a_2b_1c_1$	Cascaruda	8 h	Simple
6	$a_2b_1c_2$	Cascaruda	8 h	Fraccionada
7	$a_2b_2c_1$	Cascaruda	12 h	Simple
8	$a_2b_2c_2$	Cascaruda	12 h	Fraccionada
9	$a_3b_1c_1$	Híbrida	8 h	Simple
10	$a_3b_1c_2$	Híbrida	8 h	Fraccionada
11	$a_3b_2c_1$	Híbrida	12 h	Simple
12	$a_3b_2c_2$	Híbrida	12 h	Fraccionada
13	$a_4b_1c_1$	Satsuma	8 h	Simple
14	$a_4b_1c_2$	Satsuma	8 h	Fraccionada
15	$a_4b_2c_1$	Satsuma	12 h	Simple
16	$a_4b_2c_2$	Satsuma	12 h	Fraccionada

3.4.3. Características del experimento

Con ayuda de los factores en estudio se procede a detallar las características de la experimentación, donde se evidencia el número de factores, número de niveles de cada factor, número de réplica, variable respuesta y lo más importante el tamaño de la muestra.

Tabla 14*Características de la experimentación*

Características del diseño factorial	
Factores experimentales	3
Niveles factor A	4
Niveles factor B	2
Niveles factor C	2
Réplicas	3
Unidades experimentales	48
Tamaño de la muestra	300 g
VARIABLES RESPUESTA	4

Nota. Las variables respuestas son volumen, rendimiento, densidad y pH.

3.4.4. Diseño experimental

Se aplicó un diseño en arreglo factorial con tres factores AxBxC (4x2x2) con 3 repeticiones, el modelo matemático es el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:

μ : media general.

α_i : efecto debido al i-ésimo nivel del factor A.

β_j : efecto del j-ésimo nivel del factor B.

γ_k : efecto del k-ésimo nivel del factor C.

$(\alpha\beta)_{ij}, (\alpha\gamma)_{ik}, (\beta\gamma)_{jk}$: efecto de interacción doble en los niveles ij, ik, jk .

$(\alpha\beta\gamma)_{ijk}$: efecto de interacción triple en la combinación ijk .

ε_{ijkl} : error aleatorio en la combinación $ijkl$.

3.4.5. Modelo de análisis de varianza (ANOVA)

Se aplicó el siguiente modelo de análisis de varianza:

Tabla 15

Modelo de análisis de varianza (ANOVA) para el diseño en arreglo factorial AxBxC

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F _o	Valor-p
Efecto A	SC _A	a-1	CM _A	CM _A /CM _E	P(F > F ₀ ^A)
Efecto B	SC _B	b-1	CM _B	CM _B /CM _E	P(F > F ₀ ^B)
Efecto C	SC _C	c-1	CM _C	CM _C /CM _E	P(F > F ₀ ^C)
Efecto AB	SC _{AB}	(a-1)(b-1)	CM _{AB}	CM _{AB} /CM _E	P(F > F ₀ ^{AB})
Efecto AC	SC _{AC}	(a-1)(c-1)	CM _{AC}	CM _{AC} /CM _E	P(F > F ₀ ^{AC})
Efecto BC	SC _{BC}	(b-1)(c-1)	CM _{BC}	CM _{BC} /CM _E	P(F > F ₀ ^{BC})
Efecto ABC	SC _{ABC}	(a-1)(b-1)(c-1)	CM _{ABC}	CM _{ABC} /CM _E	P(F > F ₀ ^{ABC})
Error	SC _E	abc(n - 1)	CM _E		
Total	SC _T	abcn-1			

Nota. Tomado de *Análisis y diseño de experimentos*, por Gutiérrez & Salazar (2008).

3.4.6. Modelo de pruebas de rangos múltiples

Se aplicó el método de la diferencia mínima significativa (LSD) para probar la igualdad de todos los posibles pares de medias:

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

Donde:

LSD: diferencia mínima significativa.

k: número de tratamientos.

$|\bar{Y}_i - \bar{Y}_j|$: valor absoluto entre las medias muestrales.

$t_{(\frac{\alpha}{2}, N-k)}$: distribución T de Student con N-k grados de libertad que corresponden al error.

CM_E: cuadrado medio del error que se obtiene de la tabla ANOVA.

n_i, n_j: número de observaciones para los tratamientos i y j, respectivamente.

3.5. Metodología experimental

A continuación, se detalla los análisis realizados a la materia prima:

3.5.1. Caracterización física de la mandarina

Masa: para determinar la masa de la fruta y masa de la cáscara se procedió a pesarlas en una balanza analítica, luego se registró los datos en Excel.

Diámetro polar: para la medición de la mandarina se utilizó un pie de rey, donde se comprobó su diámetro con la Norma NTE INEN 1930 (2012).

Diámetro ecuatorial: con el pie de rey se determinó el diámetro polar de la mandarina.

% Sólidos solubles: se determinó el grado Brix con ayuda del refractómetro de 0 - 32%.

pH: con ayuda del pH metro Mettler Toledo se determinó el potencial de hidrógeno de la pulpa de mandarina.

3.5.2. Análisis proximal de la cáscara de mandarina

Para el análisis y cálculos proximales se tomaron como referencia a la Norma Española, UNE-EN ISO, adaptadas para lograr dicho propósito.

Determinación de humedad (UNE-EN ISO 18134-2; 2017)

- Se utilizó una muestra no mayor a 20 g, todos los envases de muestreo deberán llenarse y marcarse con las rúbricas de las partes interesadas.
- Se colocó en la estufa el cristizador sin tapa y se dejó secar hasta una masa constante, sacar de la estufa, enfriar en un desecador y medir la masa, anotar la masa como m1.
- En el cristizador tarado se colocó 10 g de muestra, luego se midió la masa con sensibilidad de 0,1 mg registrar como la masa m2.
- Si la pérdida de masa a 110 °C es inferior a 0,01% (fracción de masa), correspondiente a la diferencia en masa (m2-m3) de menos de 1 mg, tomar 50 g de muestra y usar un cristizador de un tamaño tal que permita obtener una capa delgada como sea posible.
- Se colocó el recipiente con muestra destapado en la estufa a una temperatura de 110 °C ± 2 °C.

Para determinar la humedad de la materia prima se aplicó la siguiente fórmula:

$$\%H = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} * 100$$

Donde:

$\%H$: porcentaje de humedad expresada en fracción de masa.

m_1 : masa del cristalizador sin tapa tarado en gramos.

m_2 : masa del cristalizador tarado sin tapa más muestra en gramos.

m_3 : masa del cristalizador tarado sin tapa más muestra desecada en gramos.

Determinación de cenizas (UNE-EN ISO 18122; 2016)

- Se pesó el crisol y se registró su peso (m_1).
- Se taró la balanza.
- Luego se colocó la muestra dentro del crisol.
- Se colocó el crisol con muestra en la mufla apagada, se encendió el equipo y se programó a una temperatura de 550 °C por aproximadamente 4 horas.
- Se procedió a retirar el crisol con ayuda de guantes y pinza, se trasladó a un desecador para enfriar a temperatura ambiente durante 45 minutos.
- Culminado el tiempo se pesó el crisol con las cenizas y se registró su peso (m_3).

El contenido de cenizas se expresa como porcentaje (g/100 g de muestra), se aplicó siguiente fórmula:

$$\%C = \frac{(m_3 - m_1)}{(m_2 - m_1)} * 100 * \frac{100}{100 - H}$$

Donde:

$\%C$: contenido de cenizas en porcentaje de masa

m_1 : masa del crisol vacío (g).

m_2 : masa del crisol con la muestra (g).

m_3 : masa del crisol más la ceniza (g).

H : porcentaje de humedad en la muestra.

Contenido de materias volátiles (UNE-EN ISO 18123; 2015)

- Se pesó 2 gramos de la muestra y se colocó dentro de un crisol con tapa de peso conocido.
- El crisol fue colocado en la entrada de la mufla, cuyo termómetro marcará una temperatura de 950 °C y se dejó por un espacio de 7 minutos.
- Después de haber cumplido el tiempo se retiró el crisol y se colocó en una campana desecadora dejándola enfriar durante 25 minutos.
- Luego se separó el crisol con las muestras, descontando el peso del crisol, posteriormente se procedió a efectuar los cálculos del peso final y el porcentaje de materias volátiles.

Para tal efecto se calcula de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\%MV = \left[\frac{100(m_2 - m_3)}{m_2 - m_1} - H \right] * \left(\frac{100}{100 - H} \right)$$

Donde:

MV: materia volátil.

*m*₁: masa del crisol vacío (g).

*m*₂: masa del crisol con la muestra (g).

*m*₃: masa del crisol después del proceso (g).

H: contenido de humedad de la proporción de ensayo.

3.5.3. Análisis elemental de la cáscara de mandarina

Determinación de Carbono, Hidrógeno, Nitrógeno y Azufre (UNE-EN ISO 15104)

El análisis elemental CHNSO o también conocido como microanálisis elemental, se basa en la combustión de una muestra (materia prima) en condiciones óptimas de 950 a 1.300 °C para convertirlas en cantidades de carbono (C), hidrógeno (H), nitrógeno (N), azufre (S) y oxígeno (O) presentes en sustancias sólidos y líquidos, volátiles y viscosas (Ramos et al., 2015).

- Se procedió a abrir los tanques de gases comprobando que las presiones estén con 2,5 Bar para oxígeno y 1,2 Bar para helio.
- Se esperó a que el tubo de combustión alcance una temperatura de 850 °C y 900 °C respectivamente.
- Se arrancó 3 sulfamidas de 20 mg con el método “Sulf 1”.
- Nuevamente se corrió 3 sulfamidas de 20 mg con el método “Sulf 1” con el nombre Sulfanilamide.
- Se procedió a comprobar que los porcentajes de C, N, H y S correspondan a los valores del patrón.
- Se movió el carrusel a posición cero (0), presionando SYSTEM>CARRUSEL POSITION>POSICIÓN 1>OK.
- Las muestras se insertaron en el carrusel, luego se ingresó los respectivos pesos en la tabla de la pantalla junto al nombre de cada muestra.
- Se observa la corrida de los análisis (System Auto Run).
- Finalmente se obtuvo los resultados proyectados en la pantalla de la composición de C, N, H y S de la muestra expresada en porcentajes.

3.6. Equipos utilizados en el proceso de extracción

3.6.1. Extracción de aceite esencial por destilación simple

Para realizar el proceso de extracción del aceite esencial de la cáscara de mandarina se utilizó un equipo de destilación simple que consta de las siguientes partes: manta de calentamiento, balón de 2.000 mL, cabeza o T de destilación, adaptador con termómetro, condensador tipo serpentín, cola de destilación, matraz Erlenmeyer, embudo de decantación, vasos de precipitación, probetas de 10 mL y para sostener las estructuras se utilizó soportes universales.

3.6.2. Extracción de aceite esencial por destilación fraccionada

Para realizar el proceso de extracción del aceite esencial de la cáscara de mandarina se utilizó un equipo de destilación fraccionada que consta de las siguientes partes: manta de calentamiento, balón de 2.000 mL, columna de fraccionamiento, cabeza o T de destilación, adaptador con termómetro, condensador recto, cola de destilación, matraz Erlenmeyer, embudo de decantación, vasos de precipitación, probeta de 10 mL, y para sostener las estructuras se utilizó soportes universales.

3.6.3. Parámetros de operación

Los parámetros de operaciones nos ayudan a obtener un mejor proceso de destilación, con ayuda de los mismos se pretende conseguir un mayor rendimiento en la obtención de aceite esencial de las cuatro variedades de mandarina.

Tabla 16

Parámetros de operación aplicados para el proceso de destilación

Método de extracción	Maceración + NaHCO ₃ (h)		Temperatura °C	Tiempo (min)	Flujo másico (mL/s)
Destilación simple	8	12	85 - 90	100 - 120	9,03 - 16,81
Destilación fraccionada	8	12	78 - 85		

3.7. Proceso de obtención del aceite esencial de mandarina

El proceso de extracción del aceite esencial mediante la destilación consiste en vaporizar los componentes volátiles de la materia vegetal mediante el uso de vapor de agua y posteriormente enfriar el vapor hasta recuperar el componente en forma líquida mediante el proceso de condensación.

Para la obtención del aceite esencial de mandarina se realizó las siguientes actividades:

- a) Recepción, selección, lavado de materia prima
- b) Troceado de la cáscara
- c) Maceración
- d) Triturado y homogenizado
- e) Destilación
- f) Condensación
- g) Decantación
- h) Producto final

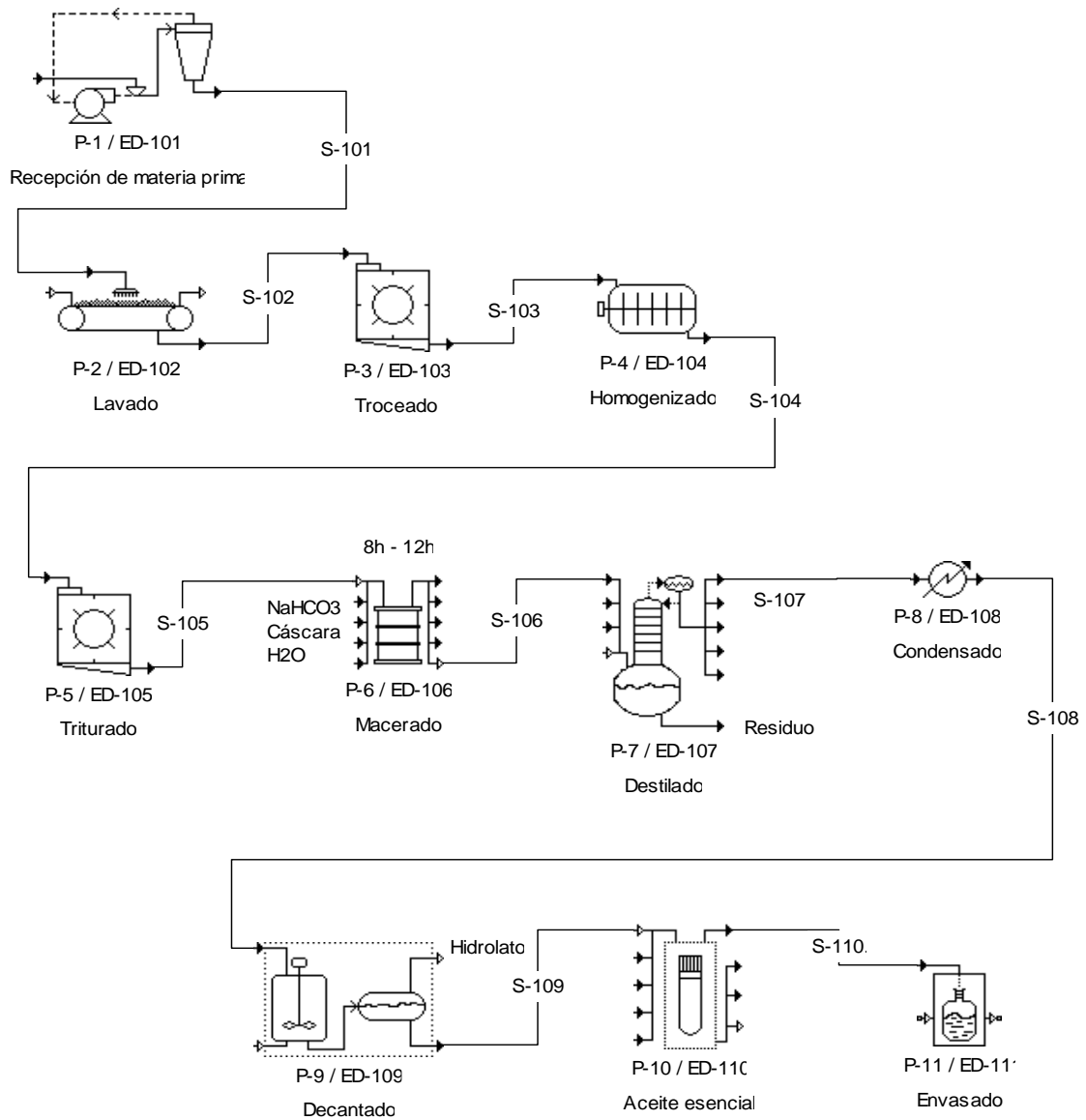
A continuación, se detalla cada una de las etapas del proceso de obtención del aceite esencial de mandarina.

- a) **Recepción de materia prima:** se recibió la materia prima en la planta Agroindustrial de la Universidad Estatal de Bolívar y se colocó en gavetas de plástico para facilitar su transporte. Se procedió a realizar un lavado de la materia prima para eliminar cualquier impureza o microorganismo.
- b) **Troceado de la cáscara:** se lo realizó de forma manual seccionando a la mandarina en cuatro partes con la finalidad de obtener la cáscara sin daños, luego se procede a trocear las cáscaras en partículas de 1 cm^2 y pesarlas hasta obtener una masa de 300 g.
- c) **Maceración:** la cáscara troceada se la colocó en un envase plástico con un porcentaje del 0,7% de bicarbonato de sodio por cada 100 g de cáscara, luego se añadió la relación de agua destilada al 1/1, se la agitó para homogenizarla y se dejó macerar por 8 y 12 horas.
- d) **Triturado:** se llevó a cabo este proceso para romper los tejidos de la cáscara y liberar de forma inmediata los compuestos volátiles al momento de realizar la destilación simple y fraccionada.
- e) **Destilación:** se colocó el licuado en un balón de destilación, a esto se le agregó el 15% de agua destilada en relación de la cáscara y se procedió a encender la manta de calentamiento para llegar al punto de ebullición.
- f) **Condensación:** los vapores de agua y aceite son evaporados por acción del calor y pasan por un condensador tipo serpentín y recto donde cambia de estado gas a líquido obteniendo como resultado el hidrolato.
- g) **Decantación:** el hidrolato se lo colocó en un embudo de decantación y se lo dejó reposar de 12 a 24 horas con la finalidad de separar el aceite esencial del agua destilada por sus densidades, este proceso se lo debe realizar con mucha precisión para lograr obtener un aceite esencial libre de agua.
- h) **Producto final:** obtenido el aceite esencial 100% puro, se lo colocó en envases ámbar el cual evitará la contaminación del producto y se lo almacenó a temperaturas menores de $24\text{ }^{\circ}\text{C}$ y superiores a $8\text{ }^{\circ}\text{C}$.

3.7.1. Diagrama de proceso de la extracción del aceite esencial

Figura 16

Diagrama de proceso para la extracción de aceite esencial



Código	Proceso	Código	Procesos
P-1/ED-101	Recepción	P-7/ED-107	Destilado
P-2/ED-102	Lavado	P-8/ED-108	Condensado
P-3/ED-103	Troceado	P-9/ED-109	Decantado
P-4/ED-104	Macerado	P-10/ED-110	Aceite esencial
P-5/ED-105	Triturado	P-11/ED-111	Envasado
P-6/ED-106	Homogenizado		

Nota: P: Proceso; ED: Equipos de destilación

3.8. Determinación de la densidad del aceite esencial

Para el cálculo de la densidad de los aceites esenciales obtenidos, se los realizó con ayuda del picnómetro, estos resultados se los expresará en g/mL, para obtener el parámetro de calidad basándonos en los resultados que se obtendrán y poderlos comparar con la Normativa (NMX-F-075-SCFI, 2012).

$$\rho = \frac{m_2 - m_1}{v}$$

Donde:

ρ : densidad del aceite esencial.

m_1 : masa del picnómetro.

m_2 : masa obtenida del aceite esencial + picnómetro.

v : volumen del aceite esencial.

3.9. Cromatografía de gases del aceite esencial

Para determinar los compuestos volátiles presentes en el aceite esencial a partir de cáscaras de mandarina, se lo realizó mediante el análisis de cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas (GC - MS).

Análisis en GC - MS

- Se pesó 3 μ L de aceite esencial de cáscara de mandarina en viales ámbar de cromatografía y se añadió 1 mL de solución estándar de nonano con ciclohexano, la cual se preparó de la siguiente manera; se empleó 10 μ L de nonano y se aforó en un balón de 10 mL con ciclohexano, el cual pesó 7 mg.
- Se inyectó un volumen de 1 μ L de muestra en modo 80 Split, la Temperatura de inyección fue de 230 °C, la temperatura de horno fue de 50 °C durante 3 minutos, con una rampa de temperatura de 3°C/min hasta 230 °C durante 3 minutos. Se utilizó una columna DB-5MS (30 m de longitud, 0,25 mm de diámetro interno y 0,25 μ m de espesor).

3.10. Modelos matemáticos para la extracción de aceite esencial

Se realizó una revisión científica, para lograr aplicar los diferentes modelos matemáticos. Con ayuda del Microsoft Excel, Minitab 19 y Statgraphic, se realizó la comparación de los modelos matemáticos en la cinética de extracción y el rendimiento del aceite esencial.

3.10.1. Cinética de obtención del aceite esencial

Se tomó la cantidad de aceite esencial obtenido en intervalos de 10 minutos, esto nos ayuda a conocer cómo se va obteniendo la cantidad de aceite en función del tiempo empleado, se ajustó los datos a cuatro modelos matemáticos.

Modelo matemático de Henderson and Pabis

$$m_{ae} = a * e^{-k*t}$$

Donde:

k : constante cinética de velocidad (min).

a : constante cinética de masa (g).

t : intervalo de tiempo (min).

Modelo matemático logarítmica

$$m_{ae} = e^{-a-k*t}$$

Donde:

k : constante cinética de velocidad (min).

a : constante cinética de masa (g).

t : intervalo de tiempo (min).

Modelo matemático de Von Bertalanffy

$$m_{ae} = a * e^{-k*t} + b$$

Donde:

k : constante cinética de velocidad (min).

a, b : constante cinética de masa (g).

t : intervalo de tiempo (min).

Modelo matemático Multiplicativo

$$m_{ae} = e^{a-k*\ln(t)}$$

Donde:

k : constante cinética de velocidad (min).

a : constante cinética de masa (g).

t : intervalo de tiempo (min).

3.10.2. Rendimiento del aceite esencial

Con ayuda de los datos obtenidos de la cantidad de aceite esencial obtenidos en intervalos de 10 minutos, se procedió a realizar el cálculo del rendimiento, se ajustó los datos a cuatro modelos matemáticos.

Ecuación de rendimiento porcentual (experimental)

$$R = \frac{m_a}{m_{mp}} * 100$$

Donde:

R : rendimiento (%).

m_a : masa del aceite esencial (g).

m_{mp} : masa de la materia prima (g).

100: factor matemático (%)

Modelo matemático de Monod

$$R = \frac{R_{max} * t}{k + t}$$

Donde:

R_{max} : representa el rendimiento máximo (%).

k : es una constante cinética (min).

t : es el transcurso del tiempo (min).

Modelo matemático de Teissier

$$R = R_{max} \left(1 - e^{-\frac{t}{k}} \right)$$

Donde:

R_{max} : representa el rendimiento máximo (%).

k : es una constante cinética (min).

t : es el transcurso del tiempo (min).

Modelo matemático de Gompertz

$$R = R_{max} - e^{(-e^{-kt+b})}$$

Donde:

R_{max} : representa el rendimiento máximo (%).

k, b : son constantes cinéticas (min).

t : es el transcurso del tiempo (min).

Modelo matemático de Moser

$$R = \frac{R_{max} * t^n}{k + t^n}$$

Donde:

R_{max} : representa el rendimiento máximo (%).

k : son constantes cinéticas (min).

t : es el transcurso del tiempo (min).

n : constante cinética.

3.11. Elaboración del champú

El champú es una mezcla compleja de ciertas sustancias que desarrolla el efecto limpiador del cabello o cuero cabelludo. La Normativa NTE INEN 2867 (2015), considera al champú como un producto cosmético, ya que es una formulación que aplica a cualquier parte superficial del cuerpo humano con el fin de limpiar, mejorar o proteger.

Este proceso está compuesto por las siguientes etapas:

- a) Recepción de materia prima
- b) Pesaje
- c) Diluido
- d) Homogenizado
- e) Agregado
- f) Envasado
- g) Etiquetado
- h) Almacenado

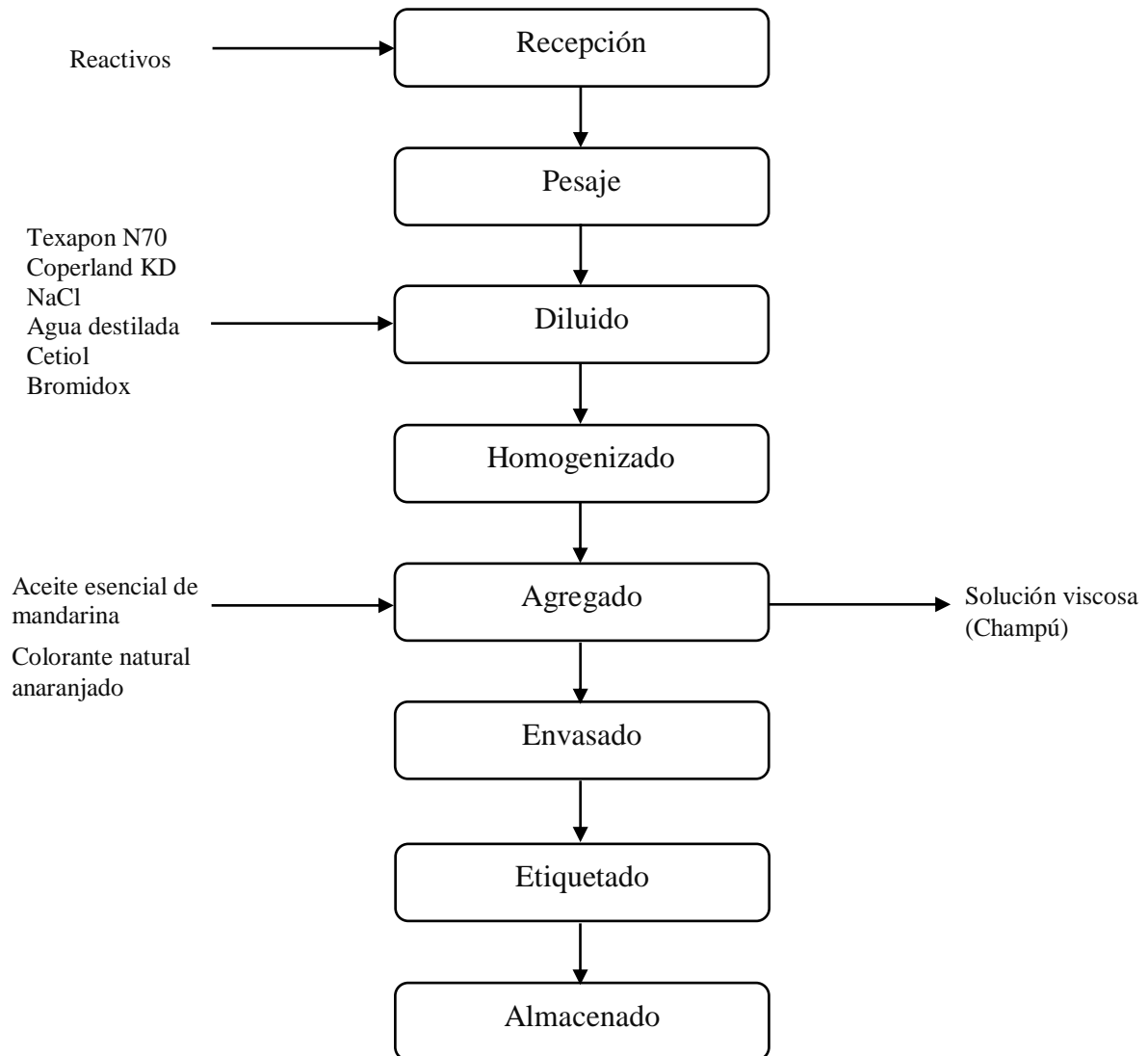
A continuación, se describe cada una de las etapas del proceso:

- a) Recepción de materia prima:** en esta etapa se realizó la recepción de los reactivos e insumos requeridos en el proceso.
- b) Pesaje:** se pesó los reactivos Texapon N70, Coperland KD, NaCl, Euperland, Bromidox y aceite esencial de mandarina.
- c) Diluido:** se colocó en un recipiente limpio 5 kg de Texapon KD, 1,120 kg de Coperland, 1,120 kg de NaCl, 3,50 L de agua destilada, 0,45 g de Cetiol y 25 mL de Bromidox. Se procedió a mezclar todos los reactivos durante 15 minutos.
- d) Homogenizado:** se homogenizó los reactivos diluidos.
- e) Agregado:** una vez que todos los reactivos estén homogenizados se agregó 20 mL de aceite esencial de mandarina y colorante natural anaranjado.
- f) Envasado:** se envasó en botellas plásticas de 200 mL adecuadas para cosméticos y medicamentos.
- g) Etiquetado.** se etiquetó manualmente el producto envasado, donde la etiqueta muestra información necesaria e importante del producto.
- h) Almacenado:** finalmente se almacenó el producto en un lugar fresco y seco.

3.11.1. Diagrama de flujo para la elaboración de champú con aceite esencial de mandarina

Figura 17

Diagrama de flujo para la elaboración de champú



CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis físicos y químicos de las cuatro variedades de mandarinas

Se detallan los datos obtenidos del análisis físico, proximal y elemental de cuatro variedades de mandarinas (fruto y cáscara); estos análisis fueron realizados en el Laboratorio de Extractos del Complejo Agroindustrial y Laboratorio de Investigación de la Universidad Estatal de Bolívar.

4.1.1. Propiedades físicas de la mandarina

Tabla 17

Propiedades físicas de la mandarina

Parámetros	Variedades de mandarina			
	Criolla	Cascaruda	Híbrida	Satsuma
Peso (g)	61,20	234,40	181,48	122,80
Diámetro polar (mm)	38,76	64,62	67,76	50,06
Diámetro ecuatorial (mm)	52,46	80,61	71,16	65,01
% sólidos solubles (Brix)	10,82	7,87	9,52	9,74
pH	3,86	3,74	3,11	3,57

En la tabla 17 se muestra los valores del peso del fruto, diámetro polar, diámetro ecuatorial, porcentaje de sólidos solubles y el potencial hidrógeno, de las cuatro variedades de mandarina.

Coello (2014), en lo relacionado con la mandarina criolla, reportó valores superiores en peso con un valor de 97,88 g, diámetro polar 48,0 mm, diámetro ecuatorial 58,7 mm, % sólidos solubles 9,97 y pH 4,04. Aguagüña (2014), presentó valores superiores en peso 67 g, diámetro polar 47 mm, % sólidos solubles 10 a 11 y pH 4,01, no reporta datos del diámetro ecuatorial.

En la mandarina cascaruda Hallo, (2013) reportó valores inferiores para peso 169,29 g, diámetro polar 57,7 mm, diámetro ecuatorial 70,2 mm, y valores superiores para % sólidos solubles 8,67, pH 4,10. En el estudio realizado por Nevárez (2013), presentó valores inferiores en peso 196,33 g, diámetro ecuatorial 75,3, diámetro polar 58,7 y valores superiores en % sólidos solubles 9,40, pH 4,04.

Gabrielli & Gabrielli (2009), en sus investigaciones de diferentes tipos de mandarinas híbridas sin pepa, reportaron datos menores en peso 179,46 g, diámetro polar 58,35 mm y valor superior en diámetro ecuatorial 77,38 mm. Najat et al. (2018), consiguieron datos inferiores; en peso 80,72 g, diámetro polar 50,41 mm, diámetro ecuatorial 63,91 mm. Rehman et al. (2020); Simón et al. (2014), obtuvieron datos mayores en % sólidos solubles 11,2; 13,2 y pH 4,41; 3,70.

Para la mandarina satsuma Andersen & Ferguson (2016), obtuvieron un valor inferior en pH de 3,75 y valores superiores en peso 151 g, diámetro ecuatorial de 81,4 mm, % de sólidos solubles de 10,3. Islam et al. (2021), presentaron valores superiores en pH 3,78, % sólidos solubles de 12,15, y valor inferior en peso de 110 g. Zambrano (2019), de la misma forma en su investigación, demostró valores superiores en peso 127 g, diámetro polar 64 mm, % sólidos solubles 10,20 y un valor inferior de pH 2,67. Los resultados obtenidos presentan diferencias, posiblemente debido a la variación de las diferentes zonas de producción, técnicas de cultivo, factores edafoclimáticos como: suelos, viento, clima, luz, agua, pendientes de terreno.

4.1.2. Propiedades químicas de la cáscara de mandarina

4.1.2.1. Análisis proximal de la cáscara de mandarina

Tabla 18

Análisis proximal de la cáscara de mandarina

Variables	Método	Variedades de mandarina			
		Criolla	Cascaruda	Híbrida	Satsuma
Humedad (%)	UNE-ISO 18134-2	77,92	79,48	74,90	78,26
Cenizas (%)	UNE-ISO 18122	4,39	5,37	5,06	5,17
Volátiles totales (%)	UNE-ISO 18123	82,33	88,03	90,25	88,22

En la tabla 18 se da a conocer los resultados del análisis proximal de las cuatro variedades de cáscara de mandarinas, que se obtuvieron en contenido de humedad, cenizas y volátiles totales de acuerdo a la normativa UNE-ISO.

El valor de la humedad fue de 77,92% para la mandarina criolla, 79,48% para la cascaruda, 74,90% para la híbrida sin pepa y 78,26% satsuma. Ghanem et al. (2012); Marey & Shoughy (2016), presentaron mayores porcentajes de humedad con un valor de 79,5% y 79,6% en cáscaras de mandarinas. Abdel et al. (2018); Atika et al. (2020), reportaron humedades de 72,10% y 82,92% para la cáscara de mandarina híbrida sin pepa. Rafiq et al. (2019), reportaron valores inferiores para humedad con 77,47% para la cáscara de mandarina satsuma. Abdullah & Abdul (2018), reportaron 72% y 71,4% en dos variedades de mandarinas.

Para cenizas se obtuvo resultados de 4,39% para la criolla, 5,37% para la cascaruda, 5,06% para la híbrida sin pepa y 5,17% para la satsuma. En estudios realizados por Agbayayo et al. (2018); Ayo et al. (2022); Martinez et al. (2017); Xu et al. (2017), obtuvieron porcentajes inferiores para ceniza con 0,48%, 3,96 %, 2,88% y 2,23% respectivamente. En otro estudio, el porcentaje de ceniza encontrado por Green et al. (2014) fue de 14,32%.

En volátiles totales, los resultados que se obtuvieron fueron 82,33% para la criolla, 88,03% en la cascaruda, 90,25% en la híbrida sin pepa y 88,22% para la satsuma. Gomes et al. (2019); Yankovsky et al. (2019), reportaron valores inferiores de 80,87% y 80,41% de volátiles totales para la cáscara de mandarina criolla. Shin et al. (2022), reportaron un valor inferior de 82,05% de volátiles totales para la cáscara de mandarina híbrida. Para la cáscara de mandarina satsuma Wu et al. (2019), reportaron un valor similar de 88,14% de volátiles totales. Se evidencia que la diferencia entre resultados, posiblemente se debe al método de análisis empleado, al lugar de producción de las frutas cítricas, también se puede atribuir a las diferentes zonas climáticas donde se cultivaron las mandarinas y respectivamente a la variedad empleada en el estudio.

4.1.2.2. Análisis elemental de la cáscara de mandarina

Tabla 19

Análisis elemental de la cáscara de mandarina

Variedad de mandarina	Propiedades				Método
	Carbono (%)	Hidrógeno (%)	Nitrógeno (%)	Azufre (%)	
Criolla	39,41	6,50	0,71	0	UNE-EN-15104
Cascaruda	39,32	6,51	0,73	0	
Híbrida	39,03	6,09	0,75	0	
Satsuma	39,36	6,45	0,72	0	

En la tabla 19 se detalla los porcentajes obtenidos de la composición elemental de la cáscara de mandarina en estado seco, bajo el método UNE-EN-15104.

Chiodo et al. (2017), obtuvieron resultados superiores en carbono 42,9%, hidrógeno 6,3%, nitrógeno 1,3% y azufre 0,1%. Marques (2020), obtuvo datos superiores de carbono 42,1%, nitrógeno 0,77%, azufre 0,05% y un valor inferior en hidrógeno de 1,3%. En otros estudios realizados por Barnossi et al. (2021); Rojas & Flórez (2019), reportaron resultados superiores en carbono con 56% y 49,14%, en hidrógeno valores inferiores de 6,02% y 1,3%; valores superiores en nitrógeno y azufre con 0,61%. Trujillano (2019), reportó 40,6% en carbono, 5,4% en hidrógeno, 0,9% en nitrógeno y 0,1 en azufre. Gomes et al. (2019), reportaron valores superiores en carbono y nitrógeno con 39,72% y 1,64% y un valor inferior en hidrógeno con 5,89%. Los resultados obtenidos en el presente estudio no difieren con los resultados reportados por los autores mencionados.

4.2. Extracción del aceite esencial de mandarina

4.2.1. Análisis de varianza (ANOVA) del volumen de aceite esencial

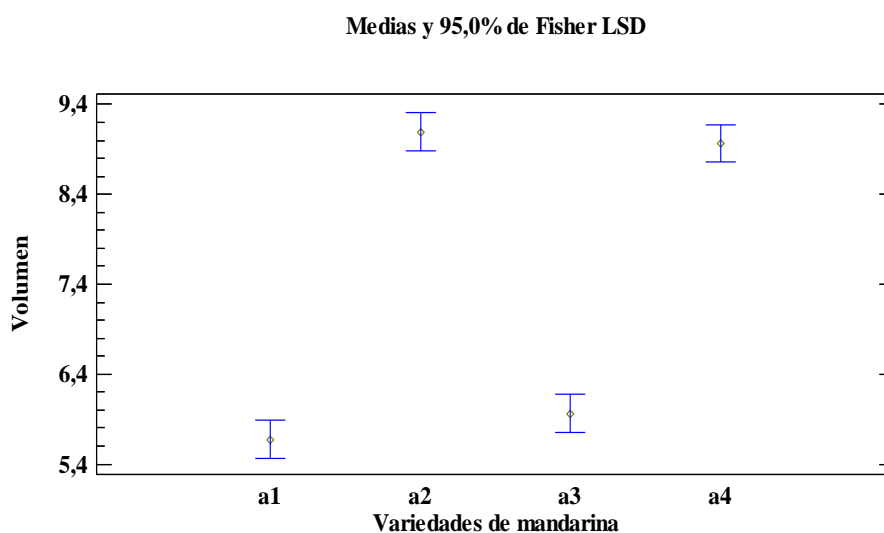
Se presentan los resultados obtenidos del análisis de varianza (ANOVA) correspondiente al volumen de aceite esencial que se obtuvo.

Tabla 20*Análisis de varianza del volumen de aceite esencial obtenido*

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-p
Efectos Principales					
A: Variedad de mandarina	124,4170	3	41,4724	159,6400	0,0000 **
B: Maceración	3,3602	1	3,3602	12,9300	0,0011 **
C: Método de extracción	5,5352	1	5,5352	21,3100	0,0001 **
Interacciones					
AB	3,3722	3	1,1241	4,3300	0,0114 *
AC	0,4872	3	0,1624	0,6300	0,6039 <i>ns</i>
BC	0,2002	1	0,2002	0,7700	0,3866 <i>ns</i>
ABC	0,6189	3	0,2063	0,7900	0,5062 <i>ns</i>
Residuos	8,3133	32	0,2597		
Total (Corregido)	146,3050	47			

Nota. *: significativo; **: altamente significativo; *ns*: no significativo.

En la tabla 20 se detalla el análisis de varianza del volumen de aceite esencial obtenido, los valores-p prueban la significancia estadística de cada uno de los factores e interacciones. Puesto que 4 valores-p son menores que 0,05, estos factores tienen un efecto altamente significativo sobre el volumen de aceite esencial con un 95,0% de nivel de confianza. Al demostrar que los factores en estudio tienen diferencia altamente significativa, se realizó pruebas de rangos múltiples por el método de diferencia mínima significativa (LSD) para establecer el nivel de incidencia del factor A, factor B con un 95,0% de confianza.

Figura 18*Medias del factor A en el volumen de aceite esencial***Tabla 21***Prueba de rangos múltiples del factor A en el volumen de aceite esencial*

Variedades de mandarina	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
a_1	12	5,6750	0,1471	A
a_3	12	5,9583	0,1471	A
a_4	12	8,9666	0,1471	B
a_2	12	9,0916	0,1471	B

En la figura 18 y la tabla 21 se muestra la comparación de medias del factor A para determinar cuáles son significativamente diferentes de otras. Se ha identificado que existe dos grupos homogéneos agrupados por los niveles a_1 y a_3 pertenecientes a la mandarina criolla e híbrida, los cuales presentan menores volúmenes de aceite esencial. A diferencia del grupo homogéneo comprendido por los niveles a_2 y a_4 que corresponden a la mandarina cascaruda y satsuma presentan mayores volúmenes de aceite esencial.

Figura 19

Medias del factor B en el volumen de aceite esencial

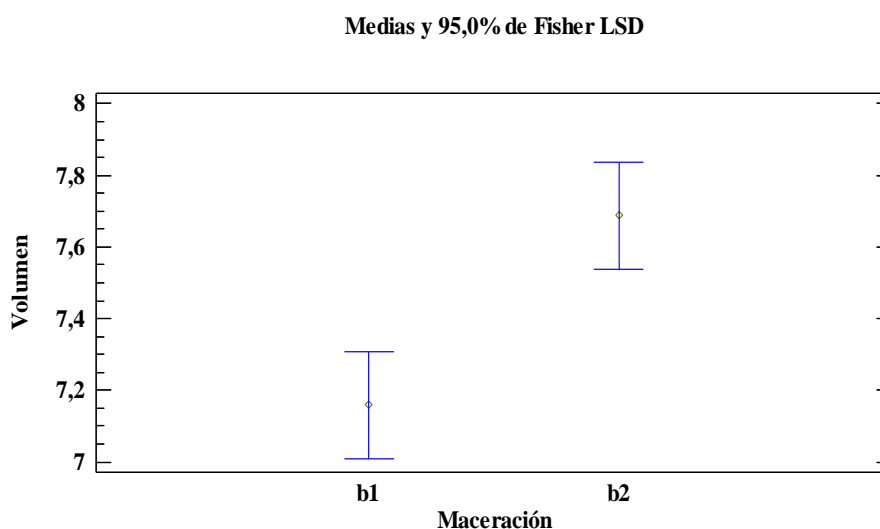


Tabla 22

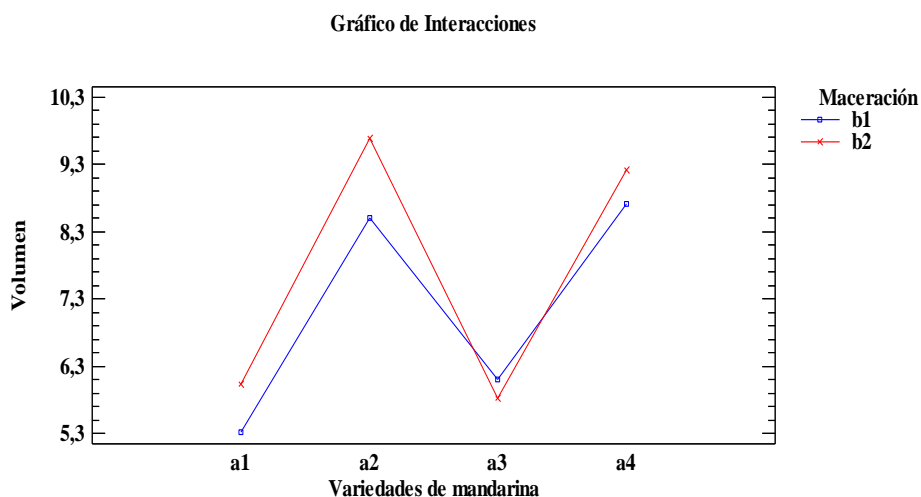
Prueba de rangos múltiples del factor B en el volumen de aceite esencial

Maceración	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
b_1	24	7,1583	0,1040	A
b_2	24	7,6875	0,1040	B

En la figura 19 y la tabla 22 se muestra la comparación de medias del factor B para determinar cuáles son significativamente diferentes de otras. Se ha identificado que existe dos grupos homogéneos, el nivel b_1 correspondiente a la maceración de 8 h presenta un menor volumen de aceite esencial, a diferencia del nivel b_2 que presenta un mayor volumen, esto demuestra que al realizar el proceso de maceración con bicarbonato de sodio durante 12 h se logra obtener un mayor volumen de aceite esencial a partir de residuos biomásicos de cáscaras de mandarinas.

Figura 20

Interacción de los niveles del factor Ax B en el volumen



La figura 20 muestra la interacción del factor A con el factor B, el cual nos indica que al realizar únicamente el proceso de maceración de las cuatro variedades de cáscaras de mandarinas se obtendrá un mayor volumen de aceite esencial. Los menores volúmenes de aceite esencial obtenidos en el presente estudio fueron 5,30 mL, 5,33 mL y los máximos fueron 9,47 mL y 10,33 mL.

En las investigaciones realizadas sobre la obtención de aceite esencial a partir de cáscara de mandarina Hssein (2020), trabajó con 400g de residuos de mandarina en el cual obtuvo 6,77 mL de aceite esencial. Briones & Guerrero (2019), obtuvieron 0,2 mL de aceite esencial extraído a partir de 300 g de cáscara de mandarina; de igual manera Horna (2015); Rojas et al. (2008), obtuvieron 1,9 y 0,2 mL de aceite esencial. Valdez (2017), obtuvo 11,2 mL de aceite esencial a partir de 2.500 g de cáscara de mandarina, al contrastar dichos resultados, éstos difieren a los valores reportados en el presente estudio. Se puede atribuir que los volúmenes obtenidos de aceite esencial a partir de residuos biomásicos de cáscaras de mandarinas fue por el proceso de maceración con agua destilada y bicarbonato de sodio.

4.2.2. Análisis de varianza (ANOVA) del rendimiento del aceite esencial

Los resultados obtenidos del volumen de aceite esencial se los transformó a rendimiento, con el objetivo de presentar qué cantidad de aceite esencial contiene las cáscaras de mandarina expresadas en %.

Tabla 23

Análisis de varianza del rendimiento de aceite esencial obtenido

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-p
Efectos Principales					
A: Variedad de mandarina	9,7469	3	3,2489	139,4700	0,0000 **
B: Maceración	0,2818	1	0,2818	12,1000	0,0015 **
C: Método de extracción	0,3550	1	0,3550	15,2400	0,0005 **
Interacciones					
AB	0,3305	3	0,1101	4,7300	0,0077 **
AC	0,0256	3	0,0085	0,3700	0,7773 ns
BC	0,0123	1	0,0123	0,5300	0,4718 ns
ABC	0,0535	3	0,0178	0,7700	0,5214 ns
Residuos	0,7454	32	0,0232		
Total (Corregido)	11,5513	47			

Nota. *: significativo; **: altamente significativo; ns: no significativo.

En la tabla 23 se detalla el análisis de varianza del rendimiento de aceite esencial obtenido, los valores-p prueban la significancia estadística de cada uno de los factores e interacciones. Puesto que 4 valores-p son menores que 0,05, estos factores tienen un efecto altamente significativo sobre el rendimiento con un 95,0% de nivel de confianza. Al demostrar que los factores en estudio tienen diferencia altamente significativa se realizó pruebas de rangos múltiples por el método LSD para establecer el nivel de incidencia del factor A, factor B con un 95,0% de confianza.

Figura 21

Medias del factor A en el rendimiento de aceite esencial

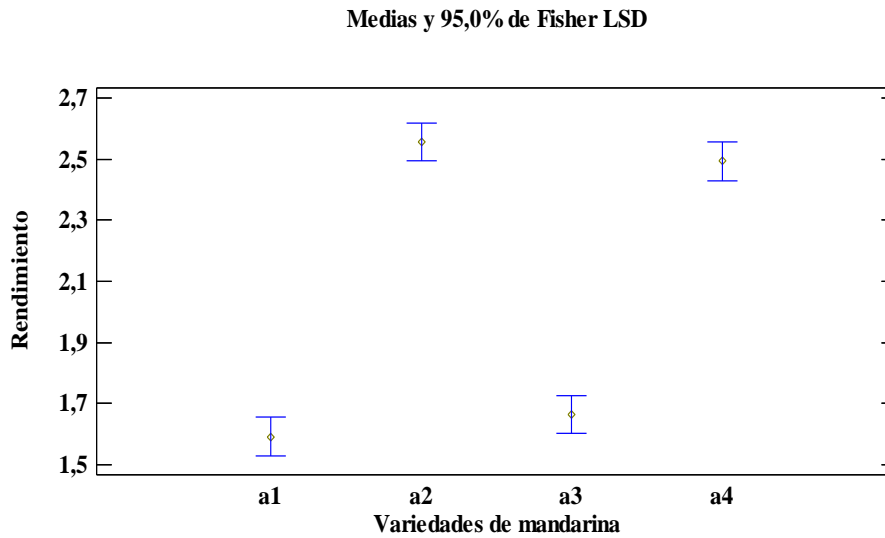


Tabla 24

Prueba de rangos múltiples del factor A en el rendimiento de aceite esencial

Variedades de mandarina	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
a_1	12	1,5908	0,0440	A
a_3	12	1,6630	0,0440	A
a_4	12	2,4936	0,0440	B
a_2	12	2,5575	0,0440	B

En la figura 21 y la tabla 24 se muestra la comparación de medias del factor A para determinar cuáles son significativamente diferentes de otras. El nivel a_1 y a_3 , presentaron los menores rendimientos con 1,5908 y 1,6630, se puede indicar que a partir 300 gramos de residuos biomásicos de cáscara de mandarina se consiguió extraer 4,7724 g y 4,9890 g de aceite esencial. A diferencia de los niveles a_2 y a_4 estos presentaron los mayores rendimientos con 2,5575 y 2,4936, de la misma manera se indica que a partir 300 gramos de residuos biomásicos de cáscara de mandarina se obtuvo 7,6725 g y 7,4808 g de aceite esencial.

Figura 22

Medias del factor B en el rendimiento de aceite esencial

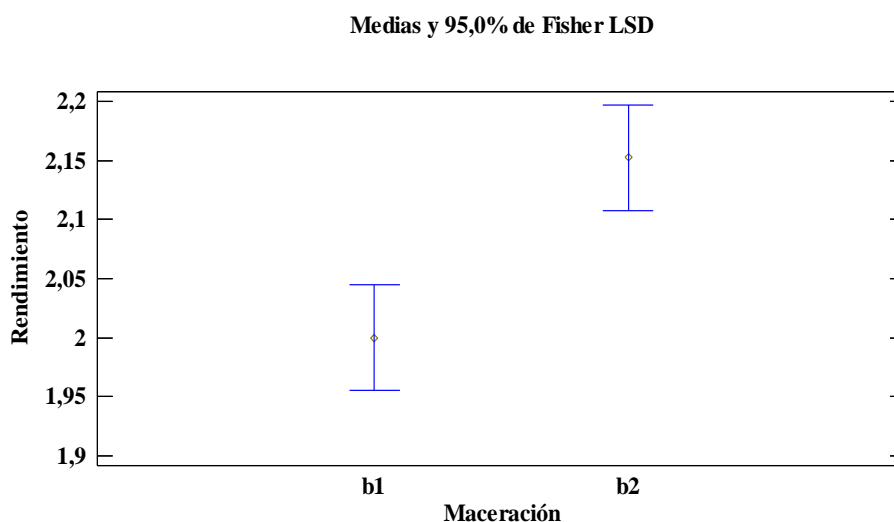


Tabla 25

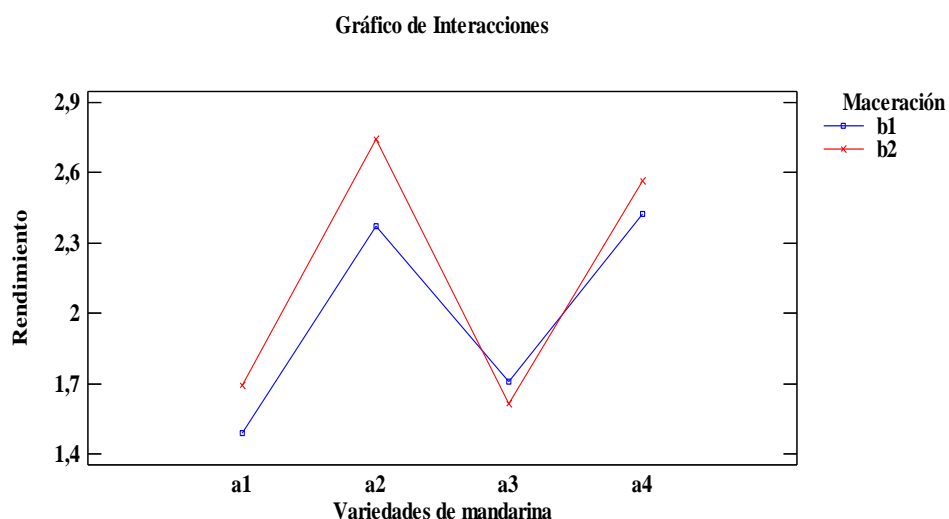
Prueba de rangos múltiples del factor B en el rendimiento de aceite esencial

Maceración	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
b_1	24	1,9996	0,0311	A
b_2	24	2,1528	0,0311	B

En la figura 22 y la tabla 25 se muestra la comparación de medias del factor B para determinar cuáles son significativamente diferentes de otras. Se ha identificado que existe dos grupos homogéneos, el nivel b_1 correspondiente a la maceración de 8 h presenta un menor rendimiento de aceite esencial, a diferencia del nivel b_2 que presenta un mayor rendimiento, esto demuestra que al realizar el proceso de maceración con bicarbonato de sodio durante 12 h se consiguió obtener un mayor rendimiento de aceite esencial a partir de residuos biomásicos de cáscaras de mandarinas.

Figura 23

Interacción de los niveles del factor Ax B en el rendimiento



La figura 23 muestra la interacción del factor A con el factor B, el cual nos indica que al realizar únicamente el proceso de maceración de las cuatro variedades de cáscaras de mandarinas se obtendrá un mayor rendimiento de aceite esencial. De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente estudio se pudo verificar que con la maceración de 12 h se incrementó el rendimiento de 1,999% a 2,155%.

Flores (2022), presentó un rendimiento del 2% en aceite esencial a partir de 1.000 gramos de cáscaras de mandarina. Valdez (2017), a partir de 2.500 gramos de cáscara de mandarina obtuvo un rendimiento de 0,38%. Cordova & Velasquez (2021), presentaron un rendimiento de 0,76% para aceite esencial de mandarina y 2,68% para aceite esencial de naranja a partir de 1,000 gramos de cáscaras de mandarina y naranja. Horna (2015), en su investigación trabajó con una muestra de 218 gramos en el cual obtuvo un rendimiento de 0,46%.

4.2.3. Análisis de varianza (ANOVA) de la densidad del aceite esencial

Los resultados obtenidos de la densidad del aceite esencial mediante la destilación simple y fraccionada a partir de cuatro variedades de mandarinas, se los expresa en (g/mL). Se presentan los resultados obtenidos del análisis de varianza correspondiente a la densidad del aceite esencial.

Tabla 26*Análisis de varianza de la densidad del aceite esencial obtenido*

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-p
Efectos Principales					
A: Variedad de mandarina	0,0006	3	0,0002	1,0200	0,3989 <i>ns</i>
B: Maceración	0,0000	1	0,0000	0,0600	0,8148 <i>ns</i>
C: Método de extracción	0,0004	1	0,0004	2,1000	0,1574 <i>ns</i>
Interacciones					
AB	0,0005	3	0,0001	0,9200	0,4437 <i>ns</i>
AC	0,0003	3	0,0001	0,6100	0,6144 <i>ns</i>
BC	0,0000	1	0,0000	0,2100	0,6472 <i>ns</i>
ABC	0,0002	3	0,0000	0,3800	0,7695 <i>ns</i>
Residuos	0,0063	32	0,0001		
Total (Corregido)	0,0085	47			

Nota. ns: no presenta diferencia significativa.

En la tabla 26 se detalla el análisis de varianza de la densidad del aceite esencial obtenido. Los valores-p prueban la significancia estadística de cada uno de los factores e interacciones. Puesto que ningún valor-p es menor que 0,05, ninguno de los factores o interacciones tiene un efecto estadísticamente significativo sobre la densidad con un 95,0% nivel de confianza, esto se debe a que las densidades obtenidas en el presente estudio son similares comprendidas entre 0,854 g/mL y 0,828g/mL.

Argote et al. (2017); Boughendjioua & Boughendjioua (2017), presentaron densidades de 0,860 g/mL y 0,850 g/mL tras realizar la extracción de aceite esencial de mandarina. Gad et al. (2021), realizaron la medición de la densidad del aceite esencial de mandarina, donde obtuvieron 0,89 g/mL. Horna (2015); Valdez (2017), en sus investigaciones acerca del aceite esencial de mandarina, presentaron una densidad de 0,847 g/mL y 1,471 g/mL respectivamente, valores que difieren con los datos presentados en este estudio.

4.2.4. Análisis de varianza (ANOVA) del pH del aceite esencial

Los resultados obtenidos del pH en los aceites esenciales, se los determinó con ayuda del pH metro. A continuación, se indica los resultados obtenidos del análisis de varianza correspondiente al pH.

Tabla 27*Análisis de varianza para el pH del aceite esencial obtenido*

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-p
Efectos Principales					
A: Variedad de mandarina	0,0884	3	0,0294	0,0500	0,9865 <i>ns</i>
B: Maceración	0,0002	1	0,0002	0,0000	0,9842 <i>ns</i>
C: Método de extracción	0,4466	1	0,4466	0,7000	0,4080 <i>ns</i>
Interacciones					
AB	0,5891	3	0,1963	0,3100	0,8186 <i>ns</i>
AC	0,6551	3	0,2183	0,3400	0,7938 <i>ns</i>
BC	2,0295	1	2,0295	3,200	0,0833 <i>ns</i>
ABC	1,5864	3	0,5288	0,8300	0,4859 <i>ns</i>
Residuos	20,3262	32	0,6351		
Total (Corregido)	25,7216	47			

Nota. ns: no presenta diferencia significativa.

En la tabla 27 se detalla el análisis de varianza para pH del aceite esencial obtenido, los valores-p prueban la significancia estadística de cada uno de los factores e interacciones. Puesto que ningún valor-p es menor que 0,05, ninguno de los factores o interacciones tiene un efecto estadísticamente significativo sobre el pH con un 95,0% de confianza.

Los valores presentados sobre pH fueron 4,157 a 5,483. Franco (2015), reportó un pH neutral de 7,58. Mazariegos (2008), reportó un pH ácido de 2,7. González & Véliz (2020), presentaron un pH de 5,6. Los aceites esenciales de alta calidad presentan pH cercanos a 5 máximos a 5,8.

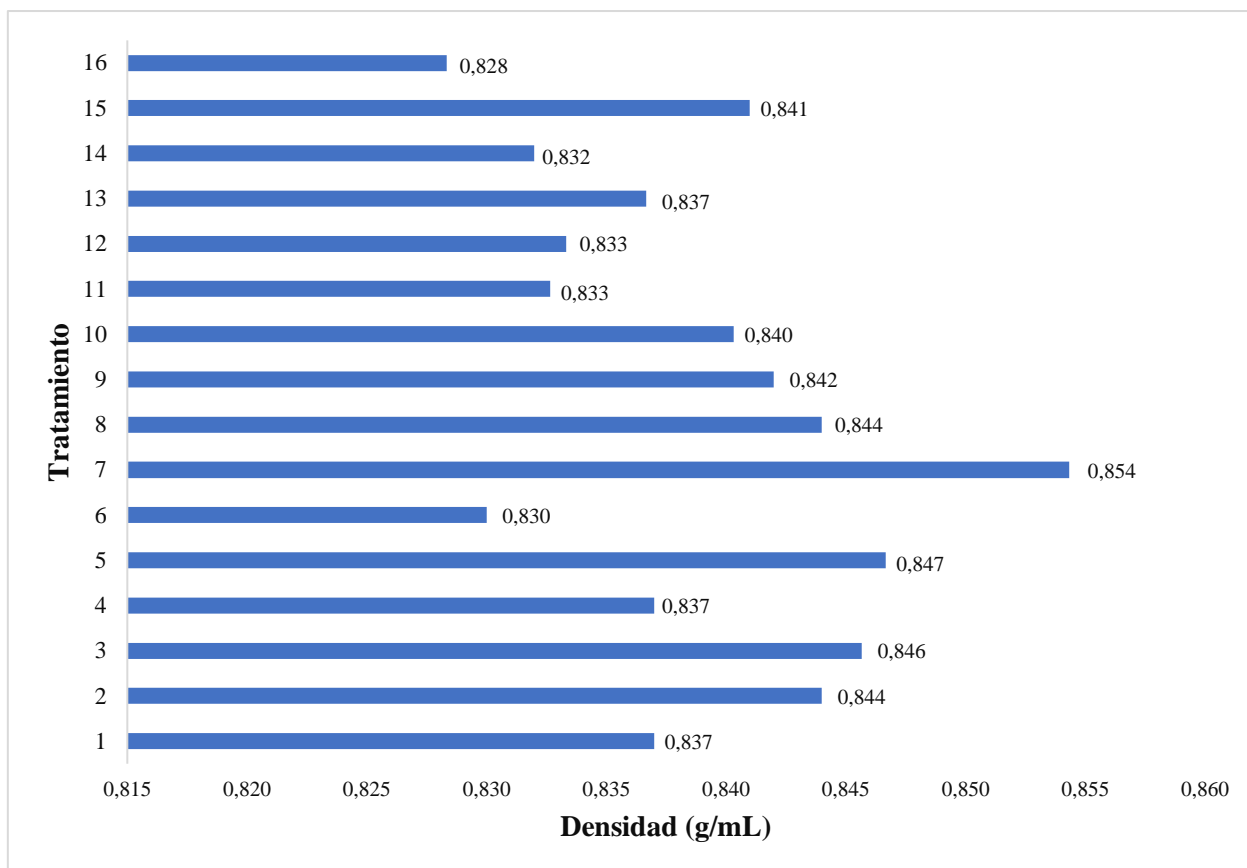
4.3. Evaluación de la calidad del aceite esencial

4.3.1. Valores de la densidad del aceite esencial como criterio de calidad

La densidad es un parámetro importante para determinar la calidad tanto de materias primas como de productos alimentarios, se presenta la densidad del aceite esencial obtenido a partir de los residuos biomásicos de la cáscara de mandarina expresada en g/mL.

Figura 24

Diferencia de la densidad del aceite esencial por tratamiento



En la figura 24 se indica las densidades del aceite esencial a partir de residuos biomásicos de cáscaras de mandarina. Se reporta densidades de 0,828 g/mL a 0,854 g/mL.

Yousefi et al. (2019), mencionan que, para obtener un aceite esencial de calidad, se debe emplear un manejo correcto de extracción durante su proceso, indica que mientras menos densidad tenga el aceite esencial, tendrá más presencia de compuestos volátiles. Mazariegos (2008), señala que los laboratorios Fritzsche Brothers Inc. de New York, establecen que la densidad del aceite esencial constituye un parámetro de calidad. Ortuño (2006), en su libro de aceites esenciales, aromas y perfumes, indica a la densidad como un parámetro de calidad que permite diferenciar un aceite esencial natural (puro), de un aceite esencial sintético o artificial. La mayoría de aceites esenciales al contener menores densidades que la del agua demuestran mayores cantidades de compuestos volátiles. En los aceites esenciales valores de densidad comprendidos entre 0,750 y 0,850 constituyen un aceite de alta calidad, debido a que mientras más pureza o presencia de ácidos tenga, menor es la densidad.

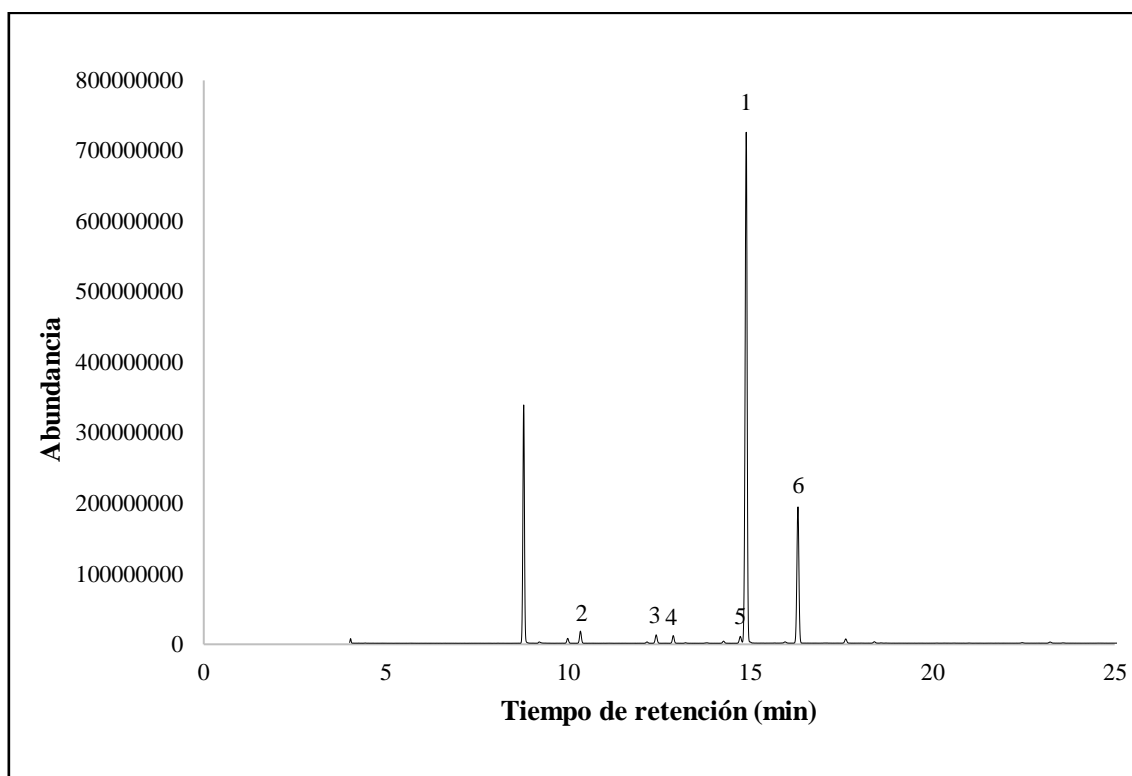
4.4. Identificación de los compuestos volátiles por cromatografía de gases

Se presenta la composición química del aceite esencial de cáscara de mandarina extraídas mediante destilación.

4.4.1. Compuestos volátiles en aceite esencial de mandarina criolla

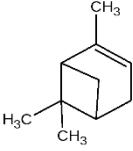
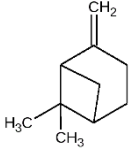
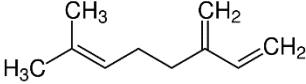
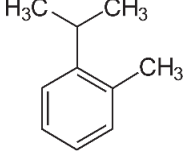
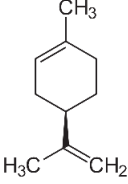
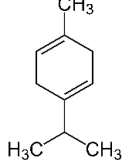
Figura 25

Cromatograma del aceite esencial de cáscara de mandarina criolla



En la figura 25 se presenta los tiempos de retención y la abundancia de los diferentes compuestos volátiles registrados a través de 6 picos: Limoneno, α -Pineno, β -Pineno, Mirceno, o-Cimeno y γ -Terpineno. Se resalta la presencia de Limoneno con el tiempo de retención de 14,89 min y la abundancia de 74,56%; α -Pineno con el tiempo de retención de 10,34 min y la abundancia de 3,20%; β -Pineno con el tiempo de retención de 12,42 min y la abundancia de 2,84%; Mirceno con el tiempo de retención de 12,88 min y la abundancia de 2,68%; o-Cimeno con el tiempo de retención de 14,72 min y la abundancia de 2,50%; γ -Terpineno con el tiempo de retención de 16,31 min y la abundancia de 20,21%.

Tabla 28*Compuestos volátiles del aceite esencial de la mandarina criolla*

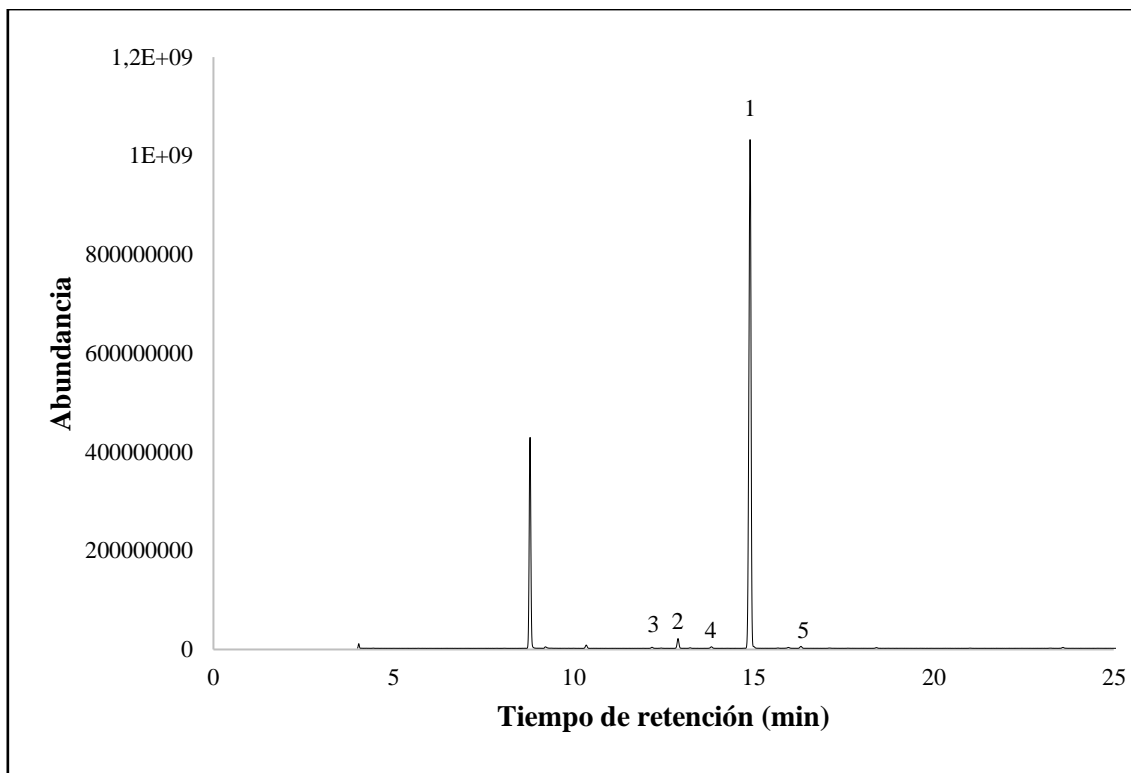
N°	Compuesto	TR (min)	IR	Composición (%)	Fórmula general	Fórmula estructural
2	α -Pino	10,34	936	3,20	$C_{10}H_{16}$	
3	β -Pino	12,42	983	2,84	$C_{10}H_{16}$	
4	Mirceno	12,88	993	2,68	$C_{10}H_{16}$	
5	o-Cimeno	14,72	1032	2,50	$C_{10}H_{14}$	
1	Limoneno	14,89	1035	74,56	$C_{10}H_{16}$	
6	γ -Terpineno	16,31	1065	20,21	$C_{10}H_{16}$	

La tabla 28 muestra los 6 compuestos mayoritarios pertenecientes a los monoterpenos en el aceite esencial de mandarina criolla. Se indica, el tiempo de retención (TR), el índice de retención (IR), porcentaje de composición (%), fórmula general y fórmula estructural de cada compuesto, mediante los resultados del análisis GC - MS.

4.4.2. Compuestos volátiles en aceite esencial de mandarina cascaruda

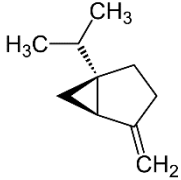
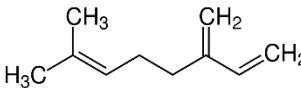
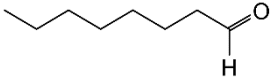
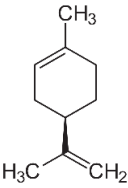
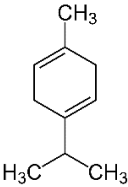
Figura 26

Cromatograma del aceite esencial de cáscara de mandarina cascaruda



En la figura 26 se presenta los tiempos de retención y la abundancia de los diferentes compuestos volátiles registrados a través de 5 picos: Limoneno, Mirceno, Sabineno, Octanal y γ -Terpineno. Se resalta la presencia de Limoneno con el tiempo de retención de 14,90 min y la abundancia de 92,98%; Mirceno con el tiempo de retención de 12,90 min y la abundancia de 3,57%; Sabineno con el tiempo de retención de 12,18 min y la abundancia de 2,30%; Octanal con el tiempo de retención de 13,83 min y la abundancia de 2,40 %; γ -Terpineno con el tiempo de retención de 16,32 min y la abundancia de 2,47%.

Tabla 29*Compuestos volátiles del aceite esencial de la mandarina cascaruda*

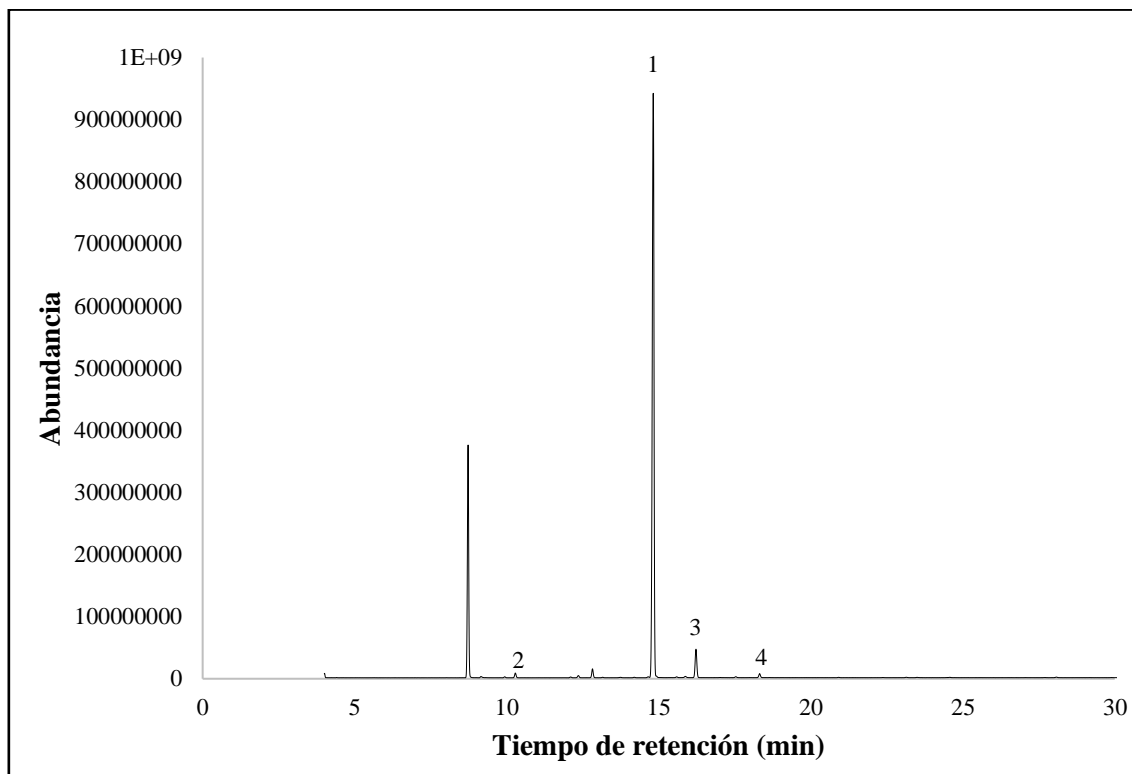
N°	Compuesto	TR (min)	IR	Composición (%)	Fórmula general	Fórmula estructural
3	Sabineno	12,18	976	2,30	C ₁₀ H ₁₆	
2	Mirceno	12,90	994	3,57	C ₁₀ H ₁₆	
4	Octanal	13,83	1015	2,40	C ₈ H ₁₆ O	
1	Limoneno	14,90	1036	92,98	C ₁₀ H ₁₆	
5	γ-Terpineno	16,32	1063	2,47	C ₁₀ H ₁₆	

La tabla 29 muestra los 5 compuestos mayoritarios pertenecientes a los monoterpenos en el aceite esencial de mandarina cascaruda. Se indica, el tiempo de retención (TR), el índice de retención (IR), porcentaje de composición (%), fórmula general y fórmula estructural de cada compuesto, mediante los resultados del análisis GC - MS.

4.4.3. Compuestos volátiles en aceite esencial de mandarina híbrida sin pepa

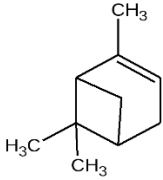
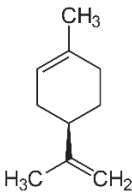
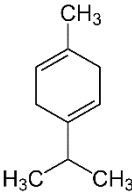
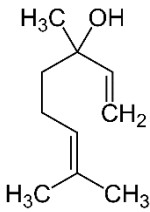
Figura 27

Cromatograma del aceite esencial de cáscara de mandarina híbrida sin pepa



En la figura 27 se presenta los tiempos de retención y la abundancia de los diferentes compuestos volátiles registrados a través de 4 picos: Limoneno, α -Pinoeno, γ -Terpineno y Linalool. Se resalta la presencia de Limoneno con el tiempo de retención de 14,82 min y la abundancia de 86,48%; α -Pinoeno con el tiempo de retención de 10,28 min y la abundancia de 2,42%; γ -Terpineno con el tiempo de retención de 16,23 min y la abundancia de 5,82%; Linalool con el tiempo de retención de 18,32 min y la abundancia de 2,36%.

Tabla 30*Compuestos volátiles del aceite esencial de la mandarina híbrida sin pepa*

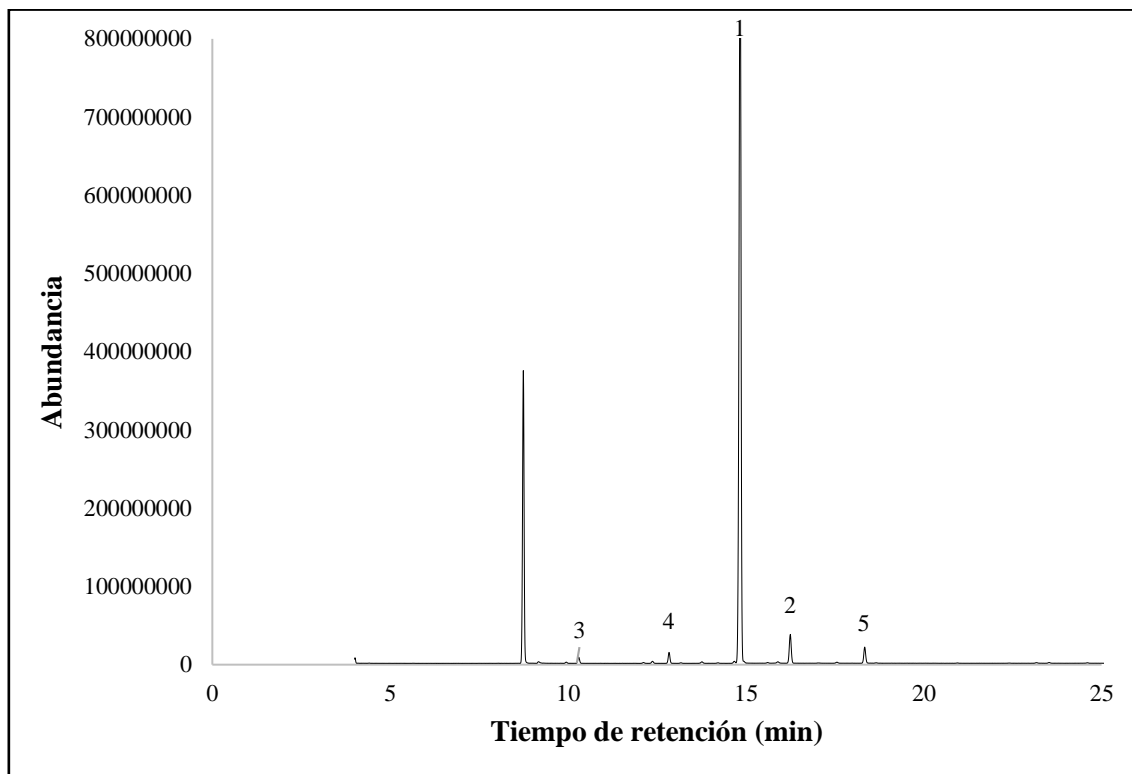
N°	Compuesto	TR (min)	IR	Composición (%)	Fórmula general	Fórmula estructural
2	α -Pino	10,28	935	2,42	C ₁₀ H ₁₆	
1	Limoneno	14,82	1034	86,48	C ₁₀ H ₁₆	
3	γ -Terpineno	16,23	1063	5,82	C ₁₀ H ₁₆	
4	Linalool	18,32	1106	2,36	C ₁₀ H ₁₈ O	

La tabla 30 muestra los 4 compuestos mayoritarios pertenecientes a los monoterpenos en el aceite esencial de mandarina híbrida sin pepa. Se indica, el tiempo de retención (TR), el índice de retención (IR), porcentaje de composición (%), fórmula general y fórmula estructural de cada compuesto, mediante los resultados del análisis GC - MS.

4.4.4. Compuestos volátiles en aceite esencial de mandarina satsuma

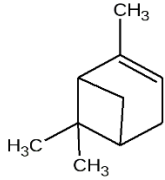
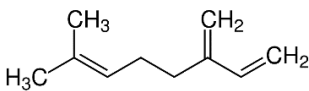
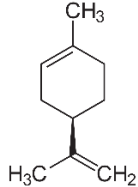
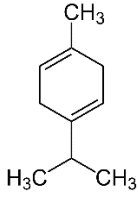
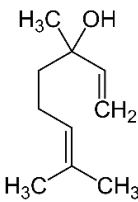
Figura 28

Cromatograma del aceite esencial de cáscara de mandarina satsuma



En la figura 28 se presenta los tiempos de retención y la abundancia de los diferentes compuestos volátiles registrados a través de 5 picos: Limoneno, γ -Terpineno, α -Pino, Mirceno y Linalool. Se resalta la presencia de Limoneno con el tiempo de retención de 14,84 min y la abundancia de 85,94%; γ -Terpineno con el tiempo de retención de 16,25 min y la abundancia de 5,08%; α -Pino con el tiempo de retención de 10,30 min y la abundancia de 2,47%; Mirceno con el tiempo de retención de 12,84 min y la abundancia de 2,92%; Linalool con el tiempo de retención de 18,34 min y la abundancia de 3,58%.

Tabla 31*Compuestos volátiles del aceite esencial de la mandarina satsuma*

Nº	Compuesto	TR (min)	IR	Composición (%)	Fórmula general	Fórmula estructural
3	α -Pino	10,30	935	2,47	C ₁₀ H ₁₆	
4	Mirceno	12,84	994	2,92	C ₁₀ H ₁₆	
1	Limoneno	14,84	1034	85,94	C ₁₀ H ₁₆	
2	γ -Terpineno	16,25	1063	5,08	C ₁₀ H ₁₆	
5	Linalool	18,34	1107	3,58	C ₁₀ H ₁₈ O	

La tabla 30 muestra los 5 compuestos mayoritarios pertenecientes a los monoterpenos en el aceite esencial de mandarina satsuma. Se indica, el tiempo de retención (TR), el índice de retención (IR), porcentaje de composición (%), fórmula general y fórmula estructural de cada compuesto, mediante los resultados del análisis GC - MS.

Tabla 32*Cantidad en miligramos de los compuestos mayoritarios en un mg de aceite esencial*

Muestra	N° pico	Compuesto	TR	IRC	IR literatura	Promedio mg/mg aceite esencial	Desviación estándar
Mandarina criolla	1	Limoneno	14,89	1035	1024	30,662	0,014
	2	α -Pino	10,34	936	932	1,440	0,026
	3	β -Pino	12,42	983	974	1,270	0,001
	4	Mirceno	12,88	993	988	1,196	0,003
	5	o-Cimeno	14,72	1032	1022	1,117	0,006
	6	γ -Terpineno	16,31	1065	1054	9,034	0,120
Mandarina cascaruda	1	Limoneno	14,90	1036	1024	36,210	0,985
	2	Mirceno	12,90	994	988	1,390	0,069
	3	Sabineno	12,18	976	969	0,895	0,046
	4	Octanal	13,83	1015	998	0,934	0,052
	5	γ -Terpineno	16,32	1063	1054	0,963	0,058
Mandarina híbrida sin pepa	1	Limoneno	14,82	1034	1024	36,369	0,895
	2	α -Pino	10,28	935	932	1,019	0,048
	3	γ -Terpineno	16,23	1063	1054	2,449	0,126
	4	Linalool	18,32	1106	1095	0,993	0,057
Mandarina satsuma	1	Limoneno	14,84	1034	1024	29,258	0,310
	2	γ -Terpineno	16,25	1063	1054	1,730	0,017
	3	α -Pino	10,30	935	932	0,842	0,001
	4	Mirceno	12,84	994	988	0,992	0,007
	5	Linalool	18,34	1107	1095	1,220	0,011

De acuerdo a los resultados de la GC - MS de los aceites esenciales de cáscara de mandarina de cuatro variedades, la mandarina cascaruda (*Citrus nobilis Loureiro*) fue la que más compuesto de Limoneno obtuvo, un porcentaje de 92,98%, seguida por la mandarina híbrida sin pepa (*Citrus tangerina*) con 86,48%, mandarina satsuma (*Citrus unshiu*) con 85,94% y por último el de menor compuesto de Limoneno fue la mandarina criolla (*Citrus reticulata* Criolla) con un porcentaje de 74,56%. Otros compuestos como α -Pinenos, β -Pinenos, γ -Terpineno, Mirceno, o-Cimeno, Linalool, Sabineno y Octanal, son constituyentes secundarios, cada uno representó más del 2%.

La abundancia del Limoneno en el presente estudio, es similar a las investigaciones de Dao et al. (2020); Ngo et al. (2020), donde reportaron contenidos de Limoneno de 97,94% y 97,68%, siendo en ambos estudios el principal constituyente en aceite esencial de mandarina (*Citrus reticulata* Blanco), obtenido por hidrodestilación e hidrodestilación asistida por microondas. Bhandari et al. (2021), reportaron compuestos de Limoneno 83,67%, γ -terpineno 6,09% y linalool 2,65%, en aceite esencial de mandarina (*Citrus reticulata* Blanco) por hidrodestilación.

Boughendjioua et al. (2020), realizaron la extracción de aceite esencial por el método de prensado en frío de mandarina (*Citrus reticulata*) de Argelia y análisis por GC - MS, compuestos principalmente de monoterpenos como Limoneno 85,10%, sabineno 2,49%, y α -Pinenos 1,75%, datos que coinciden con la variedad híbrida sin pepa (*Citrus tangerina*) y satsuma (*Citrus unshiu*) de la presente investigación. Barnossi et al. (2021), en su revisión científica de la valorización de cáscaras de frutas, señalan compuestos volátiles inferiores en aceite esencial de mandarina extraídos por hidrodestilación, como Limoneno 46,7%, α -Pinenos 1,38%, β -pineno 1,1 % y linalool 0,34%. Yi et al. (2018), reportaron 64 compuestos inferiores presentes en el aceite esencial de mandarina, Limoneno 56,76%, β -pineno 12,10%, γ -Terpineno 12,03%, α -Pinenos 5,24% y Sabineno 1,60%.

Hou et al. (2019), en su estudio de aceite esencial de cáscara de mandarina clementina blanco (*Citrus reticulata* Blanco Ponka) mediante hidrodestilación y análisis de GC - MS, identifican Limoneno 58,9% como compuesto principal, siendo inferior a los datos obtenidos en la mandarina criolla (*Citrus reticulata* Criolla) reportada en la presente investigación. Dao et al. (2020), en su investigación de aceite esencial de mandarina pixie por hidrodestilación, alcanzan 5 componentes químicos, siendo el más abundante el Limoneno 97,66%, seguido del β -mirceno 1,41%, α -Pinenos 0,23%, β -pineno 12,10%. Los datos obtenidos en el presente estudio no difieren significativamente.

4.5. Balance de materia para la obtención de aceite esencial

- **Datos experimentales**

Tabla 33

Datos obtenidos del proceso a escala laboratorio

Nº	Descripción	Valor	Unidad
1	Materia vegetal	302,100	g
2	Tiempo de extracción	120	min
3	Residuo de extracción	372,699	g
4	Volumen total obtenido	229,401	g
5	Volumen de aceite esencial	7,838	g
6	Volumen de hidrolato	221,563	g
7	Densidad del aceite esencial	0,828	g/mL
8	Densidad del hidrolato	1,0085	g/mL

- **Balance general para la mezcla**

$$\text{Entrada} = \text{cáscara} + \text{NaHCO}_3$$

$$F_4 = F_1 + F_2$$

$$F_4 = 300 + 2,100$$

$$F_4 = 302,100 \text{ g}$$

- **Balance general para la obtención de extracto de la destilación**

$$\text{Hidrolato} = \text{aceite} + \text{hidrolato restante}$$

$$F_6 = F_8 + F_9$$

$$F_6 = 7,838 + 221,563$$

$$F_6 = 229,401 \text{ g}$$

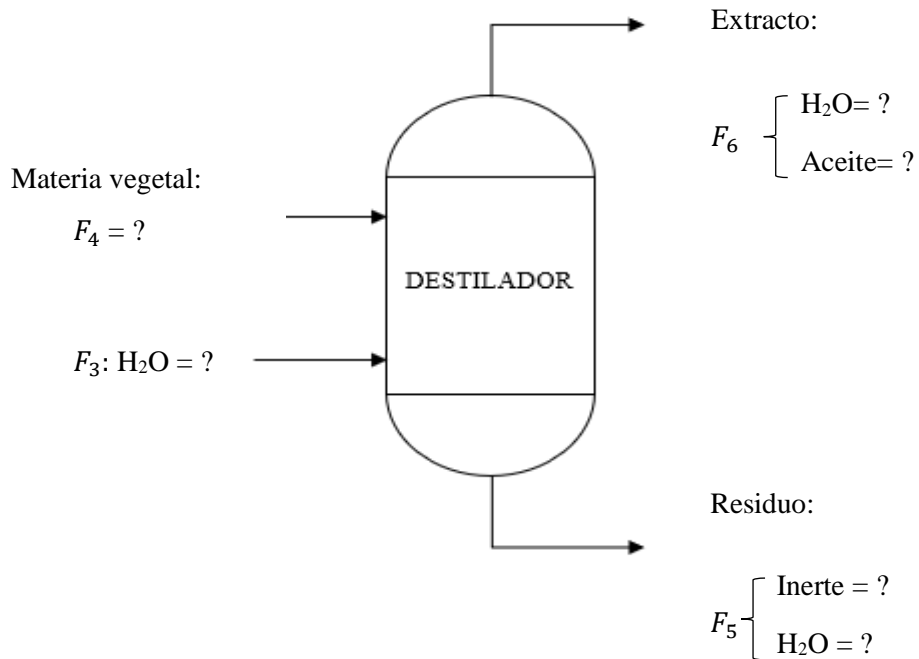
- **Determinación del residuo de la destilación**

$$F_5 = 372,699 \text{ g}$$

a) Diagrama de flujo

Figura 29

Diagrama de flujo en el extractor



b) Balance general

$$F_3 + F_4 = F_5 + F_6$$

c) Determinación de alimentación de agua

$$F_3 = F_5 + F_6 - F_4$$

$$F_3 = 372,699 + 229,401 - 302,100$$

$$F_3 = 300 \text{ g}$$

d) Balances parciales

$$H_2O: F_{H_2O}^6 = F_9 = 221,563 \text{ g}$$

$$H_2O: F_3 = F_{H_2O}^5 + F_9$$

$$F_{H_2O}^5 = F_3 - F_{H_2O}^6$$

$$F_{H_2O}^5 = 300 - 221,563 = 78,437 \text{ g}$$

$$Aceite: F_{aceite}^4 = F_8 = 7,838 \text{ g}$$

e) Determinación del inerte en materia vegetal

$$F_{inerte}^5 = F_5 - F_{H_2O}^5$$

$$F_{inerte}^5 = 372,699 - 78,437$$

$$F_{inerte}^5 = 294,262 \text{ g}$$

f) Fracciones másicas

$$W_{aceite}^4 = \frac{F_{aceite}^4}{F_1} = \frac{7,838}{300} = 0,026$$

$$W_{inerte}^5 = \frac{F_{inerte}^5}{F_4} = \frac{294,262}{302,100} = 0,974$$

$$W_{H_2O}^6 = \frac{F_{H_2O}^6}{F_3} = \frac{221,563}{300} = 0,738$$

g) Rendimientos en el proceso

$$W_{aceite}^4 = \frac{F_{aceite}^4}{F_1} * 100$$

$$W_{aceite}^4 = 2,6\%$$

$$W_{inerte}^5 = \frac{F_{inerte}^5}{F_4} * 100$$

$$W_{inerte}^5 = 97,4\%$$

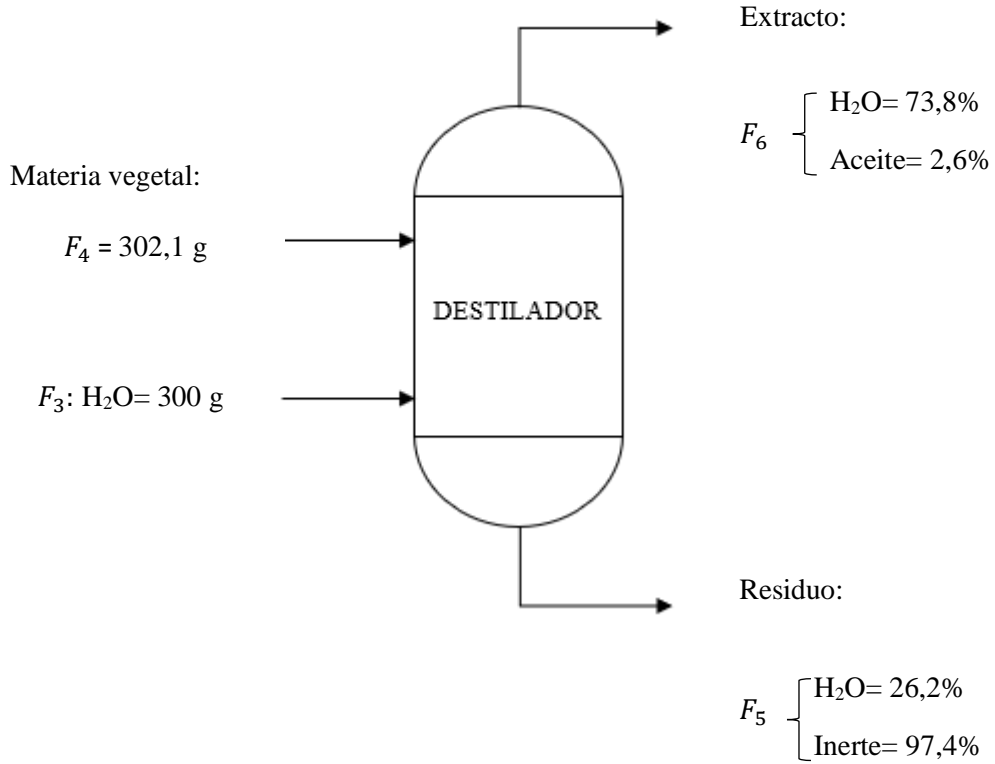
$$W_{H_2O}^6 = \frac{F_{H_2O}^6}{F_3} * 100$$

$$W_{H_2O}^6 = 73,8\%$$

h) Diagrama de los resultados obtenidos

Figura 30

Diagrama del extractor con rendimientos en el proceso



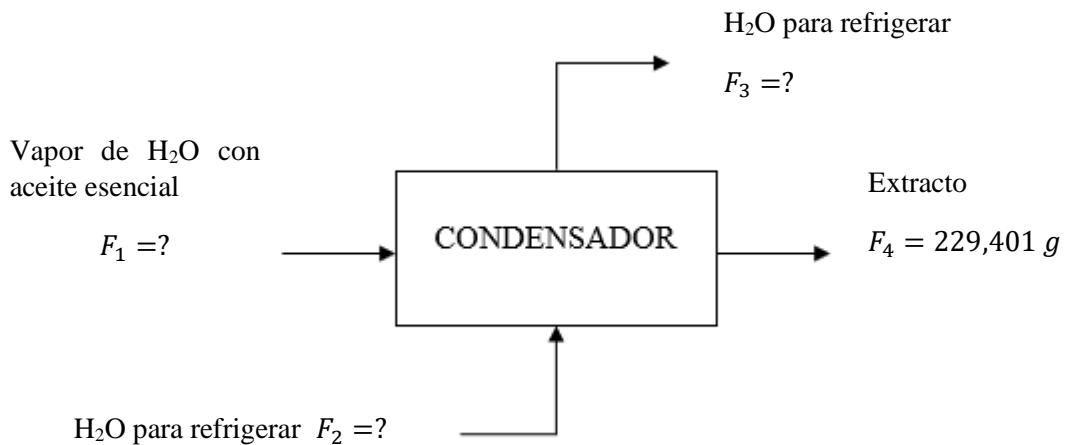
i) Balance de materia en el condensador

- **Flujo de salida de extracto**

$$F_6 = 229,401 \text{ g}$$

Figura 31

Diagrama de flujo del condensador



- **Flujo de entrada de vapor**

$$F_1 = F_4 = 229,401 \text{ g}$$

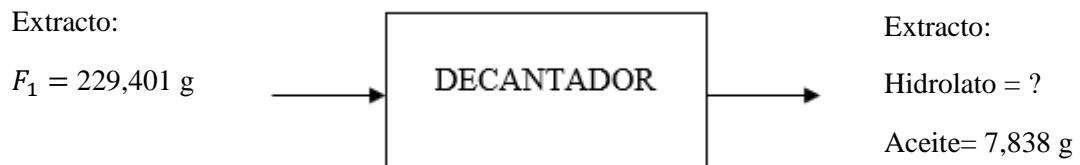
- **Flujo de agua del refrigerante**

$$F_2 = F_3 = 540 \text{ g/min}$$

j) Balance de materia en el decantador

Figura 32

Diagrama de flujo del decantador



Balance general

$$F_1 = F_2$$

$$F_1 = F_{H_2O}^6 + F_{aceite}^4$$

$$F_{H_2O}^6 = F_1 - F_{aceite}^4$$

$$F_{H_2O}^6 = 229,401 \text{ g} - 7,838$$

$$F_{H_2O}^6 = 221,563 \text{ g}$$

4.6. Modelamiento matemático de la destilación del aceite esencial de mandarina

En la extracción de aceite esencial a partir de residuos biomásicos de mandarina, se muestran dos etapas. Una primera etapa corresponde a la cinética de extracción expresada en gramos (g) y la segunda al rendimiento expresado en porcentaje (%).

4.6.1. Cinética de extracción

Esta etapa muestra el comportamiento del proceso de extracción del aceite esencial, a medida que transcurre el tiempo la masa de la cáscara de mandarina disminuye, esto debido a que durante el proceso de destilación el vapor de agua va extrayendo su componente volátil. Se muestra la masa de aceite esencial obtenido expresado en (g), además se resalta que al minuto 10 y 20 se extrae la mayor cantidad de aceite esencial.

Tabla 34

Cinética de extracción del aceite esencial

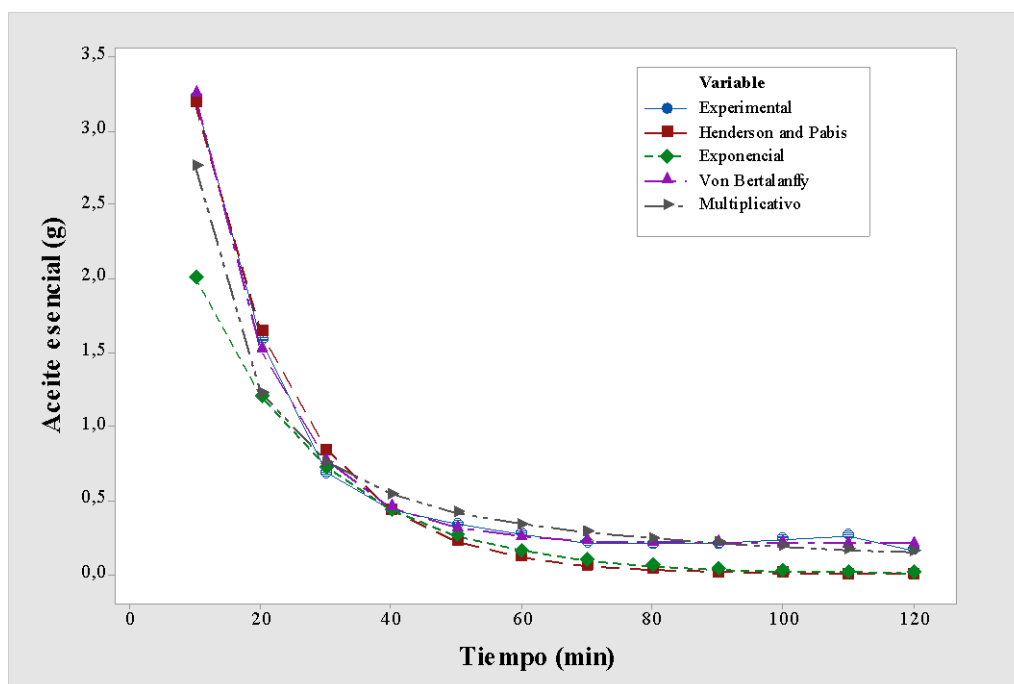
Tiempo	Cáscara de mandarina (g)	Aceite esencial (g)
0	300,000	0,000
10	296,767	3,233
20	295,179	1,588
30	294,490	0,689
40	294,056	0,434
50	293,717	0,339
60	293,444	0,273
70	293,234	0,210
80	293,028	0,206
90	292,822	0,206
100	292,587	0,235
110	292,327	0,260
120	292,161	0,166

Los valores obtenidos del aceite esencial en función de intervalos de tiempo, se los ajustó a modelos matemáticos de Henderson and Pabis, Logarítmica, Multiplicativo y Von Bertalanffy.

Tabla 35*Modelos matemáticos comprobados para determinar la cinética de extracción*

Nombre del modelo	Ecuación del modelo	Parámetros	Estadística
Henderson and Pabis	$m_{ae} = a * e^{-k*t}$	$k = 6,653$ $a = 6,199$	$R^2 = 0,966$ RMSE = 0,173
Exponencial	$m_{ae} = e^{a-k*t}$	$k = 0,051$ $a = 1,206$	$R^2 = 0,791$ RMSE = 0,432
Von Bertalanffy	$m_{ae} = a * e^{-k*t} + b$	$k = 0,842$ $a = 7,059$ $b = 0,208$	$R^2 = 0,997$ RMSE = 0,043
Multiplicativo	$m_{ae} = e^{a-k*\ln(t)}$	$k = 1,173$ $a = 3,717$	$R^2 = 0,955$ RMSE = 0,199

En la tabla 35 se muestra los modelos matemáticos aplicados para predecir la cinética de extracción del aceite esencial. Se puede distinguir los diferentes coeficientes de determinación (R^2) y error cuadrático medio (RMSE). El modelo matemático de Von Bertalanffy, es el más adecuado para describir la cinética de extracción del aceite esencial, por lo que presenta un $R^2 = 0,997$ y $RMSE = 0,043$.

Figura 33*Comparación de la cinética de extracción del aceite esencial*

En la figura 33 se muestra la comparación de los modelos matemáticos, aplicados con respecto a los datos experimentales de la cinética de extracción, se observa que el modelo matemático de Von Bertalanffy, indica un mejor ajuste a los datos experimentales obtenidos.

4.6.2. Rendimiento del aceite esencial extraído en función del tiempo

Esta etapa muestra el rendimiento del aceite esencial, la curva se construyó a partir de la masa del aceite esencial extraído en el transcurso de la destilación. El rendimiento relaciona la máxima cantidad de aceite esencial, que se puede extraer y se lo expresa en porcentaje (%).

Tabla 36

Rendimiento del aceite esencial expresado en porcentaje (%)

Tiempo	Aceite esencial (g)	Rendimiento (%)
0	0,000	0,000
10	3,233	1,078
20	4,821	1,607
30	5,510	1,837
40	5,944	1,981
50	6,283	2,094
60	6,556	2,185
70	6,766	2,255
80	6,972	2,324
90	7,178	2,393
100	7,413	2,471
110	7,673	2,558
120	7,839	2,613

Los valores obtenidos del rendimiento, se los ajustó a modelos matemáticos de Monod, Teissier, Gompertz y Moser.

Tabla 37

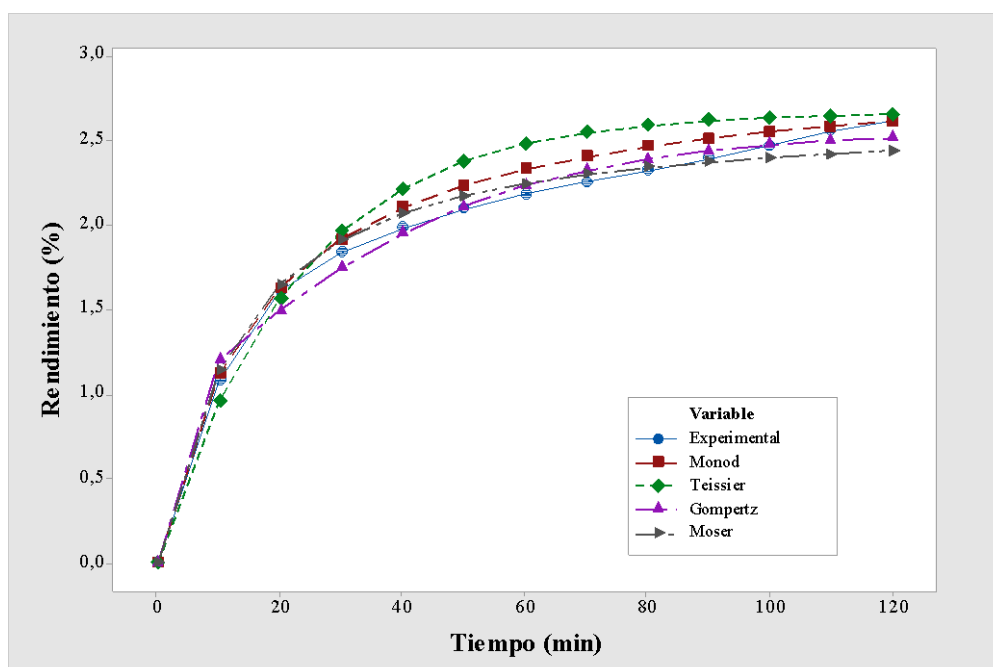
Modelos matemáticos para determinar el rendimiento del aceite esencial

Nombre del modelo	Ecuación del modelo	Parámetros	Estadística
Monod	$R = \frac{R_{max} * t}{k + t}$	$k = 16,468$ $R_{max} = 2,972$	$R^2 = 0,939$ RMSE = 0,113
Teissier	$R = R_{max} \left(1 - e^{-\frac{t}{k}}\right)$	$k = 22,552$ $R_{max} = 2,668$	$R^2 = 0,766$ RMSE = 0,223
Gompertz	$R = R_{max} - e^{(-e^{-kt+b})}$	$k = 0,341$ $b = 0,063$ $R_{max} = 2,563$	$R^2 = 0,970$ RMSE = 0,079
Moser	$R = \frac{R_{max} * t^n}{k + t^n}$	$k = 18,044$ $R_{max} = 2,624$ $n = 1,142$	$R^2 = 0,959$ RMSE = 0,093

En la tabla 37 se muestra los modelos matemáticos aplicados para predecir el rendimiento del aceite esencial extraído. Se puede distinguir los diferentes coeficientes de determinación (R^2) y error cuadrático medio (RMSE). El modelo matemático de Gompertz, es el más adecuado para describir el rendimiento de extracción del aceite esencial, por lo que presenta un $R^2 = 0,970$ y $RMSE = 0,079$.

Figura 34

Comparación de las curvas del rendimiento del aceite esencial



En la figura 34 se muestra la comparación de los modelos matemáticos aplicados con respecto a los datos experimentales del rendimiento, se observa que el modelo matemático de Gompertz indica un mejor ajuste a los datos experimentales obtenidos.

4.7. Simulación del proceso de extracción de aceite esencial

Se procedió a realizar una simulación del proceso de extracción del aceite esencial de residuos biomásicos de mandarina en el Microsoft Excel, con el objetivo de observar el rendimiento de diferentes cantidades de aceite esencial.

Figura 35

Esquema de la simulación del proceso de extracción de aceite esencial

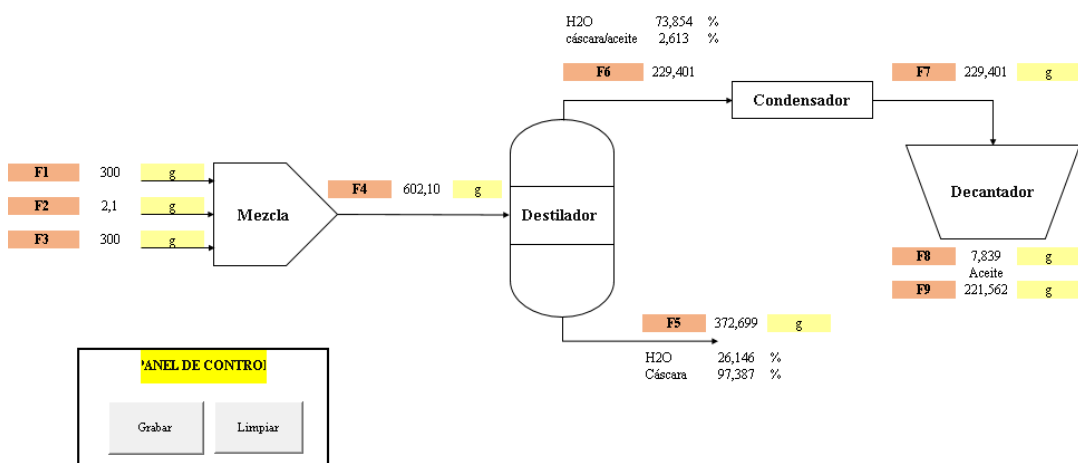


Tabla 38

Simulación del proceso de extracción del aceite esencial (Excel)

Cáscara (g)	NaHCO ₃ (g)	H ₂ O i (g)	Mezcla (g)	Hidrolato/ vapor (g)	Residuo (g)	Hidrolato (g)	Aceite (g)	H ₂ O f (g)
300,00	2,10	300,00	602,10	229,40	372,70	229,40	7,84	221,56
8000,00	56,00	6000,00	14056,00	4640,28	9415,72	4640,28	209,04	4431,24
1500,00	10,50	1200,00	2710,50	925,44	1785,06	925,44	39,20	886,25
480,00	3,36	400,00	883,36	307,96	575,40	307,96	12,54	295,42
480,00	3,36	300,00	783,36	234,10	549,26	234,10	12,54	221,56
5600,00	39,20	1000,00	6639,20	884,87	5754,33	884,87	146,33	738,54
1400,00	9,80	1000,00	2409,80	775,12	1634,68	775,12	36,58	738,54

Nota. H₂O i: Agua inicial; H₂O f: Agua final

La tabla 38 muestra una simulación del proceso de extracción de aceite esencial de diferentes cantidades de cáscara de mandarina. Se puede observar que el rendimiento del aceite esencial depende de la cantidad de cáscara de mandarina.

4.8. Elaboración de champú aplicando el aceite esencial de mandarina

El champú según García et al. (2017), es un producto preparado cosmético, detergente, que se usa para la limpieza del cabello y cuero cabelludo. La Normativa NTE INEN 2867 (2015), indica que un producto cosmético es toda sustancia o formulación de aplicación local para diversas partes superficiales del cuerpo humano, tales como epidermis, sistema piloso y capilar, uñas, labios y órganos genitales externos, con el fin de limpiar, perfumar, modificar su aspecto, mejorar y proteger en un buen estado.

Se presenta el resultado de elaboración de champú con aceite esencial de mandarina. El componente que está presente en los aceites esenciales de cítricos es el Limoneno, lo cual es un compuesto antifúngico y antiséptico que puede controlar el hongo de la caspa en el cuero cabelludo. Además, hidrata al cabello seco y dañado, convirtiéndolo así en un producto cosmético producido con buenas prácticas de manufactura y basadas en normativas ecuatorianas.

Figura 36

Champú con esencia a mandarina



Envasado y etiquetado

Para la etiqueta se basó a la normativa NTE INEN 2867 (2015), donde el envase y etiqueta del producto cosmético debe figurar con caracteres legibles y visibles del nombre y marca del producto, información importante que aporte el producto. Los envases deben ser recipientes de material apropiado, con el objetivo de no alterar sus características físicas y químicas.

Figura 37

Etiqueta del producto



4.9. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS

4.9.1. Hipótesis Nula (H_0)

H_0 : Los aceites esenciales obtenidos por sistemas de destilación simple y fraccionada a partir de los residuos biomásicos de la cáscara de mandarina, no cumplen con las características físicas y químicas de calidad necesarias para ser utilizadas en la elaboración de un producto agroindustrial.

4.9.2. Hipótesis Alternativa (H_a)

H_a : Los aceites esenciales obtenidos por sistemas de destilación simple y fraccionada a partir de los residuos biomásicos de la cáscara de mandarina, cumplen con las características físicas y químicas de calidad necesarias para ser utilizadas en la elaboración de un producto agroindustrial.

4.9.3. Comprobación de hipótesis

Una vez realizado el estudio, se encontró que los aceites esenciales obtenidos por sistemas de destilación simple y fraccionada a partir de los residuos biomásicos de la cáscara de mandarina, cumplen con las características físicas y químicas de calidad necesarias para ser utilizadas en la elaboración de un producto agroindustrial. Aseveraciones que las respaldan los análisis de laboratorios reportados.

4.10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.10.1. Conclusiones

- Los residuos biomásicos de la mandarina (*Citrus reticulata*), constituyen una abundante materia prima presente en el Ecuador para la obtención de productos agroindustriales de calidad, como es el caso del aceite esencial de mandarina, reportado en esta investigación.
- De acuerdo al análisis proximal y elemental realizado, la materia prima (cáscara) posee constituyentes químicos como: humedad 74,90 - 79,48%, cenizas 4,93 - 5,37%, volátiles totales 82,33 - 90,25%; carbono 39,03 - 39,41%, hidrógeno 6,09 - 6,51%, nitrógeno 0,71 - 0,75%. Estos datos determinan que la materia prima es idónea para la obtención de aceites esenciales.
- En el proceso de destilación simple y fraccionada los parámetros idóneos, que fueron tomados en cuenta en la obtención de aceite esencial para la zona experimental localizada a los 2.602 msnm fueron: la temperatura en un rango de 78 - 90 °C; flujo másico 9,03 - 16,81 mL/s; presión 0,973 atm; tiempo 100 - 120 min.
- De acuerdo a la cromatografía de gases realizada, el aceite esencial obtenido presenta 7 compuestos mayoritarios de los cuales el Limoneno es el más abundante, con un tiempo de retención de 14,90 min y una cantidad de 92,98%; lo cual evidencia que es un aceite de buena calidad, que para esta investigación lo constituye la mandarina cascaruda.
- De acuerdo a la modelación realizada, para la cinética de extracción el modelo de Von Bertalanffy fue el que más se ajustó con una $R^2 = 0,997$ y una RMSE = 0,043, para el rendimiento el modelo de Gompertz fue el que más se ajustó con una $R^2 = 0,970$ y una RMSE = 0,079.
- El champú constituyó un ejemplo práctico para demostrar la eficacia que tiene el uso de aceite esencial en la elaboración de un producto agroindustrial.

4.10.2. Recomendaciones

- Utilizar más repeticiones en el proceso de obtención de aceite esencial a nivel de laboratorio para disminuir el error experimental.
- Realizar análisis de calidad y cantidad del aceite obtenido, mediante técnicas cromatográficas de mayor sensibilidad, para identificar más compuestos en el análisis cualitativo y cuantificar de mejor manera la cantidad de compuestos existentes.
- Ampliar el estudio en la utilización de modelos matemáticos, para indagar sobre el mejor ajuste en el rendimiento y en la concentración en función del tiempo del aceite esencial obtenido.
- Se recomienda abordar más variedades de materias primas, en estudios experimentales para la obtención de aceites esenciales.

BIBLIOGRAFÍA

- Abdel Wahab, A. S., Abou Elyazeed, A. M., & Abdalla, A. E. (2018). Bioactive compounds in some citrus peels as affected by drying Processes and Quality evaluation of cakes supplemented with citrus peels powder. *International Journal of Advance Agricultural Research*, 23(1), 44-67.
- Abdullah, S. R., & Abdul Razaq, R. K. (2018). Extracting carotenoids pigments from Citrus peel and studying their Functional Properties. *Tikrit Journal for Agricultural Sciences*, 18(4), 146-163.
- Acevedo Alfaro, R. H. (2016). *Manejo agronómico de Citrus reticulata Blanco variedad w. Murcott en Chao—La Libertad* [Universidad Nacional de Trujillo]. <https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/3132/ACEVEDO%20ALFARO%20Rodolfo%20Hern%3%a1n.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Agbayayo, O. O., John, O. O., As, L. B., Noa, A. P., & Ikechi, E. (2018). Comparative studies of Phytochemistry, proximate, mineral and vitamin compositions of citrus tangerina and citrus sinensis crude fruit peel extracts. *Scientific Pharmaceutical Sciences*, 2(8), 22-26.
- Aguagüiña Pilla, S. C. (2014). *Efecto del grado de maduración y zona de cultivo en las características físicas y químicas de la mandarina (Citrus reticulata)* [Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/8428/1/AL%20538.pdf>
- Agudín Muñoz, J. (2015). *Columna de destilación atmosférica de 100 000 BPD* [Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas y Energía]. https://oa.upm.es/38230/7/PFC_JAVIER_AGUDIN.pdf

- Ahangari, H., King, J. W., Ehsani, A., & Yousefi, M. (2021). Supercritical fluid extraction of seed oils – A short review of current trends. *Trends in Food Science & Technology*, *111*, 249-260. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.02.066>
- Ali, A., & Imran, M. (2021). Remotely sensed real-time quantification of biophysical and biochemical traits of Citrus (*Citrus sinensis* L.) fruit orchards – A review. *Scientia Horticulturae*, *282*, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110024>
- Andersen, P. C., & Ferguson, J. J. (2016). The Satsuma Mandarin. *IFAS Extension*, *195*, 1-5.
- Argote Vega, F. E., Suarez Montenegro, Z. J., Tobar Delgado, M. E., Perez Alvarez, J. A., Hurtado Benavidez, A. M., & Delgado Ospina, J. (2017). Evaluación de la capacidad inhibitoria de aceites esenciales en *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, *15*(2), 52. [https://doi.org/10.18684/bsaa\(15\).593](https://doi.org/10.18684/bsaa(15).593)
- Atika Indratuti, N., Aminah, S., Handayani, D., & Fauziah, S. (2020). Antioxidant activity of diferent dried Indonesian citrus peel varieties. *Indonesian Journal of Applied Research*, *1*(3), 128-135. <https://doi.org/10.30997/ijar.v1i3.63>
- Ayo, J. A., Omelagu, C., Ayo, V. I., & Ikiri, C. B. (2022). Quality evaluation of Biscuits produced from the blends of Acha-Tangerine peels flour. *Nig Annals of Pure & Appl Sci*, *5*(1), 23-37. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.6509828>
- Barnossi, A., Moussaid, F., & Iraqi Housseini, A. (2021). Tangerine, banana and pomegranate peels valorisation for sustainable environment: A review. *Biotechnology Reports*, *29*, 1-44. <https://doi.org/10.1016/j.btre.2020.e00574>
- Basantes Aguirre, J. E., & Trujillo Ronquillo, A. L. (2015). *Caracterización físico—Química y determinación de actividad biológica del aceite esencial de las hojas de *Renealmia thyrsoides* subespecie *thyrsoides** [Universidad Politécnica

Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/9409/1/UPS-QT07133.pdf>

Beltrán Ospina, A. F., Merchán Gómez, A., & Mejía Mejía, M. (2021). *Estudio de validación de la iniciativa emprendedora comercialización de las segundas y terceras calidades de mandarina (Citrus nobilis, Grupo mandarín: Oneco y Arrayana) en Pereira, Risaralda* [Universidad Católica de Pereira]. <https://repositorio.ucp.edu.co/bitstream/10785/9546/1/DDMAE164.pdf>

Bhandari, D. P., Poudel, D. K., Satyal, P., Khadayat, K., Dhimi, S., Aryal, D., Chaudhary, P., Ghimire, A., & Parajuli, N. (2021). Volatile Compounds and Antioxidant and Antimicrobial Activities of Selected Citrus Essential Oils Originated from Nepal. *Molecules*, 26(21), 2-12. <https://doi.org/10.3390/molecules26216683>

Bora, H., Kamle, M., Mahato, D. K., Tiwari, P., & Kumar, P. (2020). Citrus essential oils (CEOs) and their Applications in Food: An overview. *Plant*, 9(3), 2-25. <https://doi.org/10.3390/plants9030357>

Boughendjioua, H., & Boughendjioua, Z. (2017). Chemical composition and Biological activity of essential oil of mandarin (*Citrus reticulata*) Cultivated in Algeria. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, 44(40), 179-184.

Boughendjioua, H., Mezedjeri, N. E. H., & Idjouadiene, I. (2020). Chemical constituents of Algerian mandarin (*Citrus reticulata*) essential oil by GC-MS and FT-IR analysis. *Current Issues in Pharmacy and Medical Sciences*, 33(4), 197-201. <https://doi.org/10.2478/cipms-2020-0032>

Božović, M., Navarra, A., Garzoli, S., Pepi, F., & Ragno, R. (2017). Essential oils extraction: A 24-hour steam distillation systematic methodology. *Natural Product Research*, 31(20), 2387-2396. <https://doi.org/10.1080/14786419.2017.1309534>

- Briones Sornoza, H. R., & Guerrero Intriago, D. A. (2019). Extracción de aceites esenciales de mandarina (*Citrus reticulata*) y palo santo (*Bursera graveolens*) por el método de arrastre de vapor. *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación*, 2(3), 14-23. <https://doi.org/10.46296/ig.v2i3.0007>
- Caballero Ospino, Y. F., & Rodriguez Dominguez, M. de los A. (2014). *Obtención de aceites esenciales a partir de cáscara de mango (*Mangifera indica* L.) mediante técnica de destilación por arrastre de vapor* [Universidad de San Buenaventura]. <https://bibliotecadigital.usb.edu.co/server/api/core/bitstreams/b79ad631-fb96-445b-a2d8-895fea4b1112/content>
- Cañizares Toca, G. L. (2015). *Estudio y análisis de la mandarina, y su aplicación en la gastronomía* [Universidad Tecnológica Equinoccial]. http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/16111/1/63361_1.pdf
- Castillo Ramos, C. R. (2020). *Extracción de aceites esenciales de los residuos de las cáscaras de naranja (*Citrus sinensis* L.), mandarina (*Citrus reticulata*) y limón (*Citrus aurantifolia* Swingle) para su uso como aditivo en la elaboración de un jabón artesanal* [Universidad Católica de Santiago de Guayaquil]. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/15263/1/T-UCSG-PRE-TEC-CIA-62.pdf>
- Castro Vazquez, L., Alañón, M. E., Rodríguez Robledo, V., Pérez Coello, M. S., Hermosín-Gutierrez, I., Díaz Maroto, M. C., Jordán, J., Galindo, M. F., & Arroyo Jiménez, M. del M. (2016). Bioactive flavonoids, Antioxidant behaviour, and cytoprotective effects of dried grapefruit peels (*Citrus paradisi* Macf.). *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2016, 1-12. <https://doi.org/10.1155/2016/8915729>

- Chiluisa Benitez, M. P. (2014). *Estudio de factibilidad para la creación de una microempresa, productora y comercializadora de mandarina (criolla), en la parroquia San Antonio, cantón Ibarra, provincia de Imbabura* [Universidad Técnica del Norte]. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/3998/1/02%20ICA%20883%20TESIS.pdf>
- Chiodo, V., Urbani, F., Zafarana, G., Prestipino, M., Galvagno, A., & Maisano, S. (2017). Syngas production by catalytic steam gasification of citrus residues. *International Journal of Hydrogen Energy*, 42(46), 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2017.08.085>
- Chirinos Soriano, D. E., & Quispe Carranza, V. C. (2018). *Estudio técnico económico para la producción de aceite esencial de limón sutil (Citrus aurantifolia) utilizable en la industria de perfumería* [Universidad Nacional de Ingeniería]. <https://repositorio.uni.edu.pe/handle/20.500.14076/14158>
- Cho, E. J., Trinh, L. T. P., Song, Y., Lee, Y. G., & Bae, H. J. (2020). Bioconversion of biomass waste into high value chemicals. *Bioresource Technology*, 298, 1-47. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122386>
- Coello Salazar, S. C. (2014). *Evaluación del rendimiento en la determinación de aceite esencial y pectina de tres cítricos limón «chino», mandarina «criolla» y toronja «blanca» en el cantón Ventanas año 2014* [Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/jspui/bitstream/43000/262/1/T-UTEQ-0019.pdf>
- Conforme Delgado, R. A. (2019). *Identificación de las operaciones Postcosecha de la mandarina (Citrus reticulata) en cumplimiento con el estándar en el sitio La Estrella del cantón Chone* [Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí].

https://rraae.cedia.edu.ec/Record/ULEAM_2100bde0e1063357a5eec9d78e00f33

2

- Cordova Hancoo, Y. L., & Velasquez Huayhua, J. M. (2021). *Cinética de extracción de aceite esencial por arrastre de vapor a escala piloto de la naranja, mandarina, lima y limón* [Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12773/12535/IQcohayl_v ehujm.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Dao, T. P., Ngo, T. C. Q., Le, T. D., Ngo, H. D., Thao, P., Tran, T. G., Nguyen, N. T., & Huynh, X. P. (2020). Comparative study of Mandarin (*Citrus reticulata* Blanco) essential oil extracted by microwave-assisted hydrodistillation, microwave extraction and hydrodistillation methods from Tien Giang, Vietnam. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 991, 1-7. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/991/1/012129>
- De química. (2022a). *Destilación fraccionada*. <https://www.dequimica.info/destilación-fraccionada/>
- De química. (2022b). *Destilación simple*. <https://www.dequimica.info/destilación-simple/>
- Delgado Güiz, D. E. (2018). *Evaluación del rendimiento, calidad y actividad antioxidante del aceite esencial de cáscara de naranja fresca de la especie Citrus maxima (Burm.) Merr. Familia Rutaceae, obtenido por dos métodos de extracción* [Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/16721/3/T-UCE-0008-CQU-049.pdf>
- Delgado Tellez, L. L. (2019). *Evaluación in vitro de los aceites esenciales de naranja (Citrus sinensis L.) y limón (Citrus latifolia), frente a Sclerotinia sp., agente*

causal del moho blanco en lechuga [Universidad de Cundinamarca].
<https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/bitstream/handle/20.500.12558/2675/EVALUACION%20in%20vitro%20DE%20LOS%20ACEITES%20ESENCIALES%20DE%20NARANJA%20%28Citrus%20sinensis%20L.%29%20Y%20LIM%20%28Citrus%20lat.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

D'Souza, P., & Rathi, S. (2015). Shampoo and Conditioners: What a Dermatologist Should Know? *Indian Journal of Dermatology*, 60(3), 248-254.
<https://doi.org/10.4103/0019-5154.156355>

Escobar Blanco, M. (2010). *Extracción de compuestos fenólicos de las cáscaras de cítricos producidos en México* [Instituto Politécnico Nacional].
<https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/9612/1/34.pdf>

ESPAC (Ed.). (2021). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua*.
<https://www.ecuadorencifras.gob.ec//encuesta-de-superficie-y-produccion-agropecuaria-continua-bbd/>

Estrada Jirón, J. B. (2015). *Extracción del aceite esencial del flavelo de la naranja dulce (Citrus sinensis L.) variedad valencia, proveniente de desechos agroindustriales, utilizando el método de destilación por arrastre con vapor a escala planta piloto, para su aplicación en la formulación de cosméticos* [Universidad de San Carlos de Guatemala].
<http://www.repositorio.usac.edu.gt/936/1/Joana%20Betzab%20Estrada%20Jir%C3%B3n.pdf>

Ferreira da Silva, W. M. F., Kringel, D. H., Dierings de Souza, E. J., da Rosa Zavareze, E., & Guerra Dias, A. R. (2022). Basil Essential Oil: Methods of Extraction, Chemical Composition, Biological Activities, and Food Applications. *Food and*

Bioprocess Technology, 15(1), 1-27. [https://doi.org/10.1007/s11947-021-02690-](https://doi.org/10.1007/s11947-021-02690-3)

3

Flores Medivilla, N. A. (2022). *Obtención de un aceite esencial extraído de la cáscara de la mandarina Citrus reticulata L. para control de mosca blanca Trialeurodes vaporariorum* W. [Universidad Técnica del Norte]. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/13162/2/03%20EIA%20573%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>

Foong, S. Y., Liew, R. K., Yang, Y., Cheng, Y. W., Yek, P. N. Y., Wan Mahari, W. A., Lee, X. Y., Han, C. S., Vo, D.-V. N., Van Le, Q., Aghbashlo, M., Tabatabaei, M., Sonne, C., Peng, W., & Lam, S. S. (2020). Valorization of biomass waste to engineered activated biochar by microwave pyrolysis: Progress, challenges, and future directions. *Chemical Engineering Journal*, 389(1), 1-79. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.124401>

Franco Arnedo, G., Buelvas Puello, L. M., Miranda Lasprilla, D., Martínez Correa, H. A., & Parada Alfonso, F. (2020). Obtaining antioxidant extracts from tangerine (*C. reticulata* var. *Arrayana*) peels by modified supercritical CO₂ and their use as protective agent against the lipid oxidation of a mayonnaise. *The Journal of Supercritical Fluids*, 165, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2020.104957>

Franco Torres, Y. L. (2015). *Evaluación del proceso de extracción de aceites esenciales de hojas de Citrus aurantifolia (limón sutil), Citrus sinensis (naranja) y Citrus nobilis (mandarina) mediante hidrodestilación* [Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/627/1/T-UTEQ-0053.pdf>

Franco Vega, A., Ramírez Corona, N., López Malo, A., & Palou, E. (2019). Studying microwave assisted extraction of *Laurus nobilis* essential oil: Static and dynamic

modeling. *Journal of Food Engineering*, 247, 1-8.

<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.11.007>

Fuentes Soriano, P. (2019). *Determinación de ácidos grasos por cromatografía de gases para la diferenciación de nueces (Juglans regia) según su origen* [Universidad de Cádiz].

https://rodin.uca.es/bitstream/handle/10498/22384/TFM_Fuentes_Pablo_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Gabrielli Vlaeminck, C. A., & Gabrielli Lagreca, S. N. (2009). *Evaluación de producción de semillas en híbridos de mandarinas y cultivares comerciales* [Universidad de la República].

<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/27449>

Gad, M. S., He, Z., EL Shafay, A. S., & EL Seesy, A. I. (2021). Combustion characteristics of a diesel engine running with Mandarin essential oil -diesel mixtures and propanol additive under different exhaust gas recirculation: Experimental investigation and numerical simulation. *Case Studies in Thermal Engineering*, 26, 101100. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2021.101100>

Galarza Gallardo, R. E. (2012). *Estudio de las mandarinas del Ecuador y su aplicación en la gastronomía* [Universidad Tecnológica Equinoccial].

http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/11778/1/50929_1.pdf

García Díaz, G. L., Tzián Toxcón, C. J., & Zamora Hernández, L. M. (2017). *Elaboración de gel y shampoo para el control de las manifestaciones clínicas de la caspa (Dermatitis seborreica) elaborado a partir de extracto de jengibre (Zingiber officinale): Estudio piloto* [Universidad de San Carlos de Guatemala].

https://docs.bvsalud.org/biblioref/2018/11/948654/elaboracion-de-gel-y-shampoo-para-el-control-de-las-manifestaci_k3KMiyS.pdf

- García Montoya, C., & Penagos Gómez, C. E. (2011). *El entorno Comercial de la Pectina en la Industria Alimentaria Antioqueña* [Escuela de Ingeniería de Antioquia]. https://repository.eia.edu.co/bitstream/handle/11190/1107/GarciaCamila_2011_EntornoComercialPectina.pdf?sequence=7&isAllowed=y
- Ghanem, N., Mihoubi, D., Kechaou, N., & Mihoubi, N. B. (2012). Microwave dehydration of three citrus peel cultivars: Effect on water and oil retention capacities, color, shrinkage and total phenols content. *Industrial Crops and Products*, 40, 167-177. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.03.009>
- Gomes da Silva, J. C., Floriani Andersen, S. L., Lucio Costa, R., Muniz Moreira, R. de F. P., & Humberto, J. J. (2019). Bioenergetic potential of Ponkan peel waste (*Citrus reticulata*) pyrolysis by kinetic modelling and product characterization. *Biomass and Bioenergy*, 131, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2019.105401>
- González Diaz, Y., & Véliz Jaime, M. Y. (2020). Extracción y caracterización del aceite esencial de mango obtenido de residuos agroindustriales. *Tecnología Química*, 40(3), 488-501.
- GoodLife. (2020). *Las grandes ventajas del champú sólido: Menos plástico y más natural*. <https://www.enestadocrudo.com/champu-sólido/>
- Grande Verdugo, J. C., & Ortiz Blanco, S. (2019). Destilación simple y fraccionada: Método de purificación de líquidos. *Universidad Industrial de Santander*, 1, 1-6.
- Green, C. O., Wheatley, A. O., Baile, D., Sotelo, A., & Asemota, H. N. (2014). Nutritional composition of Jamaican citrus agro by-product with potential for nutraceutical product development. *ResearchGate*, 1. <http://www.research-journal.net/en/Nutritional-composition-of-Jamaican-citrus-agro-by-product-with-potential-for-nutraceutical-product-.html>

- Gubitosa, J., Rizzi, V., Fini, P., & Cosma, P. (2019). Hair care cosmetics: From traditional shampoo to solid clay and herbal shampoo, A Review. *Cosmetics*, 6(1), 2-16.
<https://doi.org/10.3390/cosmetics6010013>
- Gutiérrez Cruz, L. D., & Tunqui Quispe, C. (2017). *Evaluación de la calidad del destilado alcohólico de anís (Pimpinella anisum L.) obtenidos por destilación simple y fraccionada en una industria licorera* [Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa].
<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/5375/QUgucrld.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gutiérrez La T, E., & Pascual C, G. (2016). Caracterización de cáscara de mandarina (*Citrus reticulata*) en polvo e inclusión en una formulación panaria. *Agronomía Colombiana Suplemento*, 1, 5-8.
- Gutiérrez Pulido, H., & Salazar, R. de la vara. (2008). *Análisis y diseño de experimentos* (Segunda). McGrawHill.
https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w19537w/analisis_y_diseno_experimentos.pdf
- Hallo Ortiz, J. A. (2013). *Estudio físico-químico y cromatográfico comparativo del fruto de naranja variedades valencia (Citrus sinensis) y tangelo (Citrus paradisi x citrus reticulata) en dos estados de madurez proveniente del cantón «Las Navez»* [Universidad Técnica Estatal de Quevedo].
<https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/247/1/T-UTEQ-0006.pdf>
- Horna Saldaña, C. J. P. (2015). *Estudio comparativo y evaluación del rendimiento de dos tecnologías de extracción de aceites esenciales de naranja, mandarina y tangelo* [Universidad Esan]. <https://repositorio.esan.edu.pe/handle/20.500.12640/666>

- Hou, H. S., Bonku, E. M., Zhai, R., Zeng, R., Hou, Y. L., Yang, Z. H., & Quan, C. (2019). Extraction of essential oil from Citrus reticulate Blanco peel and its antibacterial activity against Cutibacterium acnes (formerly Propionibacterium acnes). *Heliyon*, 5(12), 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02947>
- Hssein Khlall, H. E. (2020). Extraction, characterization and determination of physicochemical properties of tangerine (Citrus reticulata) peel Essential oil. *Universidad de Geriza*, 1-21.
- Ibañez, V., García Usach, A., Carbonell Caballero, J., Alonso, R., Terol, J., Dopazo, J., & Talón, M. (2015). El origen de las especies cultivadas de cítricos. *ReDivia*, 426, 74-79.
- Ibarra Boderó, E. R. (2021). *Efecto del uso de diferentes estabilizantes y de mandarina (Citrus reticulata) de tres variedades, sobre las características físico químicas y sensoriales de una jalea* [Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/6455/1/T-UTEQ-122.pdf>
- Islam, M. Z., Ayami, O., Kitamura, Y., Kokawa, M., Takeshi, K., Masayuki, K., & Norihiro, H. (2021). Micro wet milling and spray drying of whole mandarin powder and its characterization. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(1), 851-861. <https://doi.org/10.1007/s11694-020-00679-8>
- Jeong, D., Park, H., Jang, B.-K., Ju, Y., Shin, M. H., Oh, E. J., Lee, E. J., & Kim, S. R. (2021). Recent advances in the biological valorization of citrus peel waste into fuels and chemicals. *Bioresource Technology*, 323, 2-10. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.124603>
- Laboratorio Químico (Ed.). (2022). *Qué es la destilación*. <https://www.tplaboratorioquimico.com/laboratorio-quimico/procedimientos-basicos-de-laboratorio/que-es-la-destilación.html>

- Liu, Y., Benohoud, M., Galani Yamdeu, J. H., Gong, Y. Y., & Orfila, C. (2021). Green extraction of polyphenols from citrus peel by-products and their antifungal activity against *Aspergillus flavus*. *Food Chemistry: X*, 12, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2021.100144>
- Logroño López, P. E., & Lozano Calva, J. M. (2019). *Estudio de diversidad química cualitativa y cuantitativa de aceites esenciales provenientes de diferentes variedades de rosas híbridas de té* [Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17406/1/UPS-QT13953.pdf>
- López Estrada, F. R. (2008). *Caracterización y validación dinámica de una planta piloto de Destilación* [Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico]. <https://www.cenidet.edu.mx/subplan/biblio/seleccion/Tesis/ME%20Francisco%20%20Ronay%20Lopez%20%20Estrada%202008.pdf>
- López González, R. (2015). Monitoreo de fármacos por cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas en el laboratorio clínico del hospital Nacional Psiquiátrico. *Revista Cúpula*, 29(1), 17-22.
- Marcillo Zapata, V. P. (2014). *Estudio de factibilidad para la elaboración de macerados con frutas orientales Ecuatorianas en la ciudad de Riobamba 2013* [Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.esoch.edu.ec/bitstream/123456789/9851/1/84T00312.pdf>
- Marey, S., & Shoughy, M. (2016). Effect of temperature on the drying behavior and quality of citrus peels. *International Journal of Food Engineering*, 12(7), 661-671.
- Marques, V. da C. (2020). *Valorization of tangerine peels in the preparation of adsorbents for removal of Ni(II) from aqueous solutions* [Instituto Politécnico de

Braganca].

https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/22626/1/Marques_Vitor.pdf

Martinez Fernandez de Lara, E., Navarro Cruz, A. R., Vera Lopez, O., & Sosa Sánchez, R. A. (2017). Caracterización fisicoquímica de desechos de naranja (*Citrus sinensis*) y lechuga (*Lactuca sativa*). *Revista de Energía Química y Física*, 4(10), 49-56.

Mazariegos Monterroso, J. A. (2008). *Identificación y cuantificación de los componentes principales del aceite esencial del flavedo (cáscara) de Citrus reshni (Mandarina Cleopatra), Citrus reticulata (Mandarina común) y Citrus reticulata Blanco o Citrus tangerina (Mandarina Dancy) por medio de Cromatografía de Gases acoplada a Espectrometría de Masas* [Universidad de San Carlos de Guatemala]. <https://biblioteca-farmacia.usac.edu.gt/tesis/Q190.pdf>

Melara, J. (2020). *Mermelada de mandarina*. <https://www.cocinafacil.com.mx/recetas-de-comida/receta/mermelada-de-mandarina/>

Miranda Lasprilla, D., Figueroa Ramírez, J., Orduz Rodriguez, J. O., Caicedo Arana, Á., Pérez Rodríguez, C. P., Parada Alfonso, F., Rodríguez Torres, R., & Arias Barrera, E. (2020). *Mandarina (Citrus reticulata Blanco)*. Corredor Tecnológico Agroindustrial CTA-2. http://investigacion.bogota.unal.edu.co/fileadmin/recursos/direcciones/investigacion_bogota/Manuales/16-manual-mandarina-2020-EBOOK.pdf

Moscoso Aguilar, M. D., & Ochoa Barreto, M. E. (2018). *Catálogo de densidades y consistencias de alimentos como herramienta para estimación de porciones alimentarias en niños y adultos de la ciudad de Cuenca* [Universidad de Cuenca]. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/29931/1/Trabajo%20de%20Titulacion.pdf>

- Moscoso Zambrano, N. C. (2015). *Evaluación del proceso de extracción de pectina del albedo de tres variedades de cítricos: Citrus sinensis (Naranja), Citrus máxima (Toronja), Citrus médica (Cidra)* [Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/623>
- Najat, H., Hamid, B., Najat, A., & Hassan, B. (2018). AYA and HANA: New seedless mandarin's triploid hybrids selected in Morocco. *Biotechnology Journal International*, 21(1), 1-9. <https://doi.org/10.9734/BJI/2018/40063>
- Nevárez Carpio, M. B. (2013). *Estudio comparativo de calidad físico-química y cromatográfica del fruto de la mandarina (Citrus Nobilis Lour) para el uso en la industria local, Quevedo, Ecuador 2013* [Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/239/1/T-UTEQ-0004.pdf>
- Ngo, T. C. Q., Tran, T. K. N., Nguyen, V. M., & Mai, H. C. (2020). Optimization of green mandarin (*Citrus reticulata*) essential oil extraction using microwave-assisted hydrodistillation and chemical composition analysis. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 991, 1-6. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/991/1/012122>
- Nitayapat, N., Prakarnsombut, N., Lee, S. J., & Boonsupthip, W. (2015). Bioconversion of tangerine residues by solid-state fermentation with *Lentinus polychrous* and drying the final products. *LWT - Food Science and Technology*, 63(1), 773-779. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.03.016>
- NMX-F-075-SCFI. (2012). *Alimentos—Aceites y grasas vegetales o animales determinación de la densidad relativa—Método de prueba (cancela a la NMX-F-075-SCFI-2006)*. Normas Mexicanas. Dirección General de Normas. <https://docplayer.es/60863533-Norma-mexicana-nmx-f-075-scfi-2012.html>

- NMX-K-445. (1978). *Aceites esenciales de tangerina (Citrus reticulata Blanco) centrifugado. Oil of tangerine*. Normas Mexicanas. Dirección General de Normas. <https://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-K-445-1978.PDF>
- NTE INEN 1930. (2012). *Frutas frescas. Mandarina. Requisitos*. Norma Técnica Ecuatoriana. https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_1930-1.pdf
- NTE INEN 2867. (2015). *Productos cosméticos. Requisitos*. Norma Técnica Ecuatoriana. https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2867.pdf
- Ortuño Sánchez, M. F. (2006). *Manual práctico de aceites esenciales, aromas y perfumes* (Primera). AIYANA. https://books.google.com.ec/books?id=cW5TsDKqx9wC&printsec=frontcover&dq=inauthor:%22Manuel+Francisco+Ortu%C3%B1o+S%C3%A1nchez%22&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Pacheco Ferrer, C. F. (2021). *Obtención y caracterización del aceite esencial de manzanilla (Matricaria recututa L.) mediante microondas y arrastre de vapor* [Universidad Nacional Agraria]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4624/pacheco-ferrer-claudia-fernanda.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Palacios Coronado, D. Y. (2018). *Estudio del potencial de hidrógeno salival en niños con ingesta de leche materna y leche evaporada modificada atendidos en el centro de salud Gerardo Villegas Gonzales, Tumbes-Perú, 2017* [Universidad Alas Peruanas]. https://repositorio.uap.edu.pe/jspui/bitstream/20.500.12990/4646/1/Tesis_Estudio_Hidr%c3%b3geno_Ni%c3%b1os.pdf

- Paredes Alcívar, M. A., & Arévalo Pinto, M. E. (2015). *Estudio de factibilidad financiera para la producción de mandarina king injerta en el cantón La Maná, provincia de Cotopaxi y propuesta de plan de exportación hacia el mercado de Toronto, Canadá* [Universidad Politécnica Salesiana].
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/9918/1/UPS-GT000932.pdf>
- Parinandi, N. L., Maulik, N., Thirunavukkarasu, M., & McFadden, D. W. (2015). Antioxidants in longevity and medicine 2014. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2015, 1-3. <https://doi.org/10.1155/2015/739417>
- Paucar Menacho, L. M., Salvador Reyes, R., Guillén Sánchez, J., Capa Robles, J., & Moreno Rojo, C. (2015). Estudio comparativo de las características físico-químicas del aceite de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.), aceite de oliva (*Olea europaea*) y aceite crudo de pescado. *Scientia agropecuaria*, 6(4), 279-290.
<https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2015.04.05>
- Publimetro (Ed.). (2015). *Conoce las propiedades saludables de las mandarinas*. Vida y estilo. <https://www.publimetro.pe/vida-y-estilo/2015/04/29/conoce-7-propiedades-saludables-mandarinas-33993-noticia/>
- Rafiq, S., Kaul, R., Sofi, S. A., Bashir, N., Nazir, F., & Nayik, G. A. (2018). Citrus peel as a source of functional ingredient: A review. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 17(4), 351-358.
<https://doi.org/10.1016/j.jssas.2016.07.006>
- Rafiq, S., Singh, B., & Gat, Y. (2019). Effect of different drying techniques on chemical composition, color and antioxidant properties of kinnow (*Citrus reticulata*) peel. *Journal of Food Science and Technology*, 56(5), 2458-2466.
<https://doi.org/10.1007/s13197-019-03722-9>

- Ramos, D., Castro, V., & Sánchez, E. (2015). Caracterización de la vegetación a lo largo de una gradiente altitudinal en la comunidad de Cochahuayco, Cuenca media del Río Lurín, Lima. *Ecología Aplicada*, 14(1), 11-25. <https://doi.org/10.21704/rea.v14i1-2.78>
- Razola Díaz, M. del C., Guerra Hernández, E. J., García Villanova, B., & Verardo, V. (2021). Recent developments in extraction and encapsulation techniques of orange essential oil. *Food Chemistry*, 354, 2-13. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129575>
- Redagráfica (Ed.). (2021). *La producción mundial de mandarinas anotaría un récord de 33,3 millones de toneladas*. <https://www.redagricola.com/pe/la-produccion-mundial-de-mandarinas-anotaria-un-record-de-333-millones-de-toneladas/>
- Rehman, S. U., Abbasi, K. S., Qayyum, A., Jahangir, M., Sohail, A., Nisa, S., Tareen, M. N., Tareen, M. J., & Sopade, P. (2020). Comparative analysis of citrus fruits for nutraceutical properties. *Food Science and Technology*, 40(1), 153-157. <https://doi.org/10.1590/fst.07519>
- Ricaldi, J., & Martínez, A. (2014). Cromatografía de gases–espectrometría de masas de compuestos fitobioactivos del aceite esencial de Satureja incana. *Apuntes de Ciencia & Sociedad*, 4(2), 280-287. <https://doi.org/10.18259/acs.2014033>
- Rodríguez, J. E. (2015). Obtención de las funciones de transferencia de las temperaturas del tope y fondo de una destilación binaria. *Revista Digital de Investigación y Posgrado*, 5(2), 796-802.
- Rojas Gonzalez, A. F., & Flórez Montes, C. (2019). Valorización de residuos de frutas para combustión y pirólisis. *Revista Politécnica*, 15(28), 42-53. <https://doi.org/10.33571/rpolitec.v15n28a4>

- Rojas Ll, J. P., Perea V, A., & Stashenko, E. E. (2008). Obtención de aceites esenciales y pectinas a partir de subproductos de jugos de cítricos. *Revista de la Facultad de Química Farmacéutica*, 16(1), 110-115.
- Romero Bayona, L. X. (2022). *Efecto del grado de madurez del fruto (cáscara) de mandarina (Citrus reticulata) sobre el contenido de compuestos fenólicos: Análisis cuantitativo, aproximación experimental y factibilidad económica* [Universidad Santo Tomás].
<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/42667/2022RomeroLuisa.pdf?sequence=12&isAllowed=y>
- Romero Lozano, C. A. (2013). *Elaboración de macerados y mistelas con especies vegetales disponibles en la provincia del Azuay* [Universidad de Cuenca].
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3697/1/Trabajo%20de%20titulaci%c3%b3n.pdf>
- Sáenz Pérez, C. A., Osorio Hernández, E., Estrada Drouaillet, B., Poot Poot, W. A., Delgado Martínez, R., & Rodríguez Herrera, R. (2019). Principales enfermedades en cítricos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(7), 1653-1665.
<https://doi.org/10.29312/remexca.v10i7.1827>
- Satari, B., & Karimi, K. (2018). Citrus processing wastes: Environmental impacts, recent advances, and future perspectives in total valorization. *Resources, Conservation and Recycling*, 129, 153-167. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.10.032>
- Senica, M., & Mikulic Petkovsek, M. (2020). Changes in beneficial bioactive compounds in eight traditional herbal liqueurs during a one-month maceration process. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(1), 343-353.
<https://doi.org/10.1002/jsfa.10044>

- Shehata, S. A., Abdeldaym, E. A., Ali, M. R., Mohamed, R. M., Bob, R. I., & Abdelgawad, K. F. (2020). Effect of Some Citrus Essential Oils on Post-Harvest Shelf Life and Physicochemical Quality of Strawberries during Cold Storage. *Agronomy*, *10*, 1-29. <https://doi.org/10.3390/agronomy10101466>
- Shin, S. D., Kim, C. S., & Lee, J. H. (2022). Compositional characteristics and antibacterial activity of essential oils in citrus hybrid peels. *Food Science and Technology*, *42*, 1-9. <https://doi.org/10.1590/fst.95921>
- Siicex (Ed.). (2014). *Mandarina*. Sistema Integrado de Información de Comercio Exterior. <https://www.siicex.gob.pe/siicex/resources/fichaproducto/117pdf2014Jul23.pdf>
- Simón Grao, S., Gimeno, V., Simón, I., Lidón, V., Nieves, M., Balal, R. M., Carbonell Barrachina, A. A., Manera, F. J., Hernández, F., & García Sánchez, F. (2014). Fruit quality characterization of eleven commercial mandarin cultivars in Spain. *Scientia Horticulturae*, *165*, 274-280. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.11.022>
- Singh, S., & Immanuel, G. (2014). Extraction of antioxidants from fruit peels and its utilization in paneer. *Journal of Food Processing & Technology*, *5*(7), 1-5. <https://doi.org/10.4172/2157-7110.1000349>
- Stacey López, A. S. (2014). *Estudio y análisis de la variedad de mandarina tipo común de Ecuador y propuesta gastronómica de autor* [Universidad Internacional del Ecuador]. <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/411>
- Trujillano Sarmiento, J. (2019). *Gasificación catalítica para la producción de Syngas a partir de residuos cítricos* [Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12773/14945/UPtrsaj.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- USDA. (2022). *Citrus: World markets and trade*. United States Department of Agriculture. <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/citrus.pdf>
- Valdez Jiménez, V. J. (2017). *Optimización del rendimiento y determinación del contenido de limoneno del aceite esencial de flavedo de mandarina* [Universidad San Ignacio de Loyola]. <https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/d06476a4-cd4d-45e3-9cfc-e60cf4fab536/content>
- Vargas Corredor, Y. A., & Pérez Pérez, L. I. (2018). Aprovechamiento de residuos agroindustriales para el mejoramiento de la calidad del ambiente. *Facultad de Ciencias Básicas*, 14(1), 59-72. <https://doi.org/10.18359/rfcb.5835>
- Vasquez Durand, G. A. H. (2019). *Propuesta de un plan de negocio para una plantación de mandarina w. Murcott, en la primera etapa de la irrigación majes, provincia de Caylloma, región Arequipa—2018* [Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/9169/CODvadugah.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vega Abad, R. B. (2019). *Actividad antimicrobiana de aceites esenciales obtenidos por dos métodos de extracción diferentes de tres especies vegetales medicinales peruanas frente a Streptococcus pneumoniae* [Universidad Nacional Agraria]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/4306>
- Velásquez, M., Álvarez, R., Tamayo, P., & Carvalho, C. (2015). Evaluación in vitro de la actividad fungistática del aceite esencial de mandarina sobre el crecimiento de *Penicillium* sp. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 15(1), 7-14. https://doi.org/10.21930/rcta.vol15_num1_art:392

- Vera Castro, J. M. (2018). *Evaluación del efecto antimicrobiano de los aceites esenciales de jengibre (Zingiber officinale) y cúrcuma (Curcuma longa) frente a la bacteria Staphylococcus aureus ATCC: 12600* [Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15045/1/UPS-CT007429.pdf>
- Wang, S., Chen, H., & Sun, B. (2020). Recent progress in food flavor analysis using gas chromatography–ion mobility spectrometry (GC–IMS). *Food Chemistry*, *315*, 1-39. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.126158>
- Wu, Q., Zhu, X., Gao, H., Zhang, Z., Zhu, H., Duan, X., Qu, H., Yun, Z., & Jiang, Y. (2019). Comparative profiling of primary metabolites and volatile compounds in Satsuma mandarin peel after ozone treatment. *Postharvest Biology and Technology*, *153*, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2019.03.008>
- Xiong, K., & Chen, Y. (2020). Supercritical carbon dioxide extraction of essential oil from tangerine peel: Experimental optimization and kinetics modelling. *Chemical Engineering Research and Design*, *164*, 412-423. <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2020.09.032>
- Xu, M., Tian, G., Zhao, C., Ahmad, A., Zhang, H., Bi, J., Xiao, H., & Zheng, J. (2017). Infrared drying as a quick preparation method for dried Tangerine Peel. *International Journal of Analytical Chemistry*, *2017*, 1-11. <https://doi.org/10.1155/2017/6254793>
- Yankovsky, S. A., Tolokolnikov, A. A., Cherednik, I. V., & Kuznetsov, G. V. (2019). Reasons for tangerine peel utilization in the composition of mixed fuels based on bituminous coal. *Journal of Physics: Conference Series*, *1359*(1), 1-6. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1359/1/012136>
- Yi, F., Jin, R., Sun, J., Ma, B., & Bao, X. (2018). Evaluation of mechanical-pressed essential oil from Nanfeng mandarin (*Citrus reticulata* Blanco cv. Kinokuni) as a

- food preservative based on antimicrobial and antioxidant activities. *LWT- Food Science and Technology*, 95, 346-353. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.05.011>
- Yousefi, M., Rahimi Nasrabadi, M., Pourmortazavi, S. M., Wysokowski, M., Jesionowski, T., Ehrlich, H., & Mirsadeghi, S. (2019). Supercritical fluid extraction of essential oils. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 118, 182-193. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2019.05.038>
- Zambrano Moreira, J. C. (2019). *Evaluación del estándar de calidad en el manejo postcosecha de la mandarina (citrus reticulata) en el sitio San Andrés del Cantón Chone, en el año 2019* [Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí]. <https://repositorio.ulead.edu.ec/bitstream/123456789/2302/1/ULEAM-AGRO-0056.pdf>
- Zhang, H., Cui, J., Tian, G., DiMarco-Crook, C., Gao, W., Zhao, C., Li, G., Lian, Y., Xiao, H., & Zheng, J. (2019). Efficiency of four different dietary preparation methods in extracting functional compounds from dried tangerine peel. *Food Chemistry*, 289, 340-350. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.03.063>

ANEXOS

Anexo 1. Mapa de ubicación de la investigación



Anexo 2. Datos de la destilación simple y fraccionada

Variedades de mandarina	Maceración	Tipos de destilación	Bicarbonato de sodio	Materia prima (cáscara)	H ₂ O destilada	Temperatura de termómetro	Flujo másico	Tiempo primera gota	Tiempo final de extracción	Volumen de hidrolato	Volumen aceite esencial	Peso del aceite esencial
			gr	gr	mL	° C	mL/s	min	min	mL	mL	g
Criolla	8	Simple	2,1	300	350	85-90	10,45	35	120	241	5,20	4,40
Criolla	8	Fraccionada	2,1	300	350	78-85	10,45	30	120	246	5,00	4,20
Criolla	12	Simple	2,1	300	350	85-90	9,91	35	120	231	6,90	5,89
Criolla	12	Fraccionada	2,1	300	350	78-85	9,91	30	120	223	7,30	6,10
Cascaruda	8	Simple	2,1	300	350	85-90	12,29	35	120	225	7,60	6,40
Cascaruda	8	Fraccionada	2,1	300	350	78-85	12,29	30	120	235	8,40	7,09
Cascaruda	12	Simple	2,1	300	350	85-90	12,34	35	120	245	9,60	8,32
Cascaruda	12	Fraccionada	2,1	300	350	78-85	12,34	30	120	263	10,70	9,29
Híbrida	8	Simple	2,1	300	350	85-90	15,15	35	120	214	5,80	4,97
Híbrida	8	Fraccionada	2,1	300	350	78-85	15,15	30	120	264	6,20	5,30
Híbrida	12	Simple	2,1	300	350	85-90	12,27	35	120	245	5,80	4,90
Híbrida	12	Fraccionada	2,1	300	350	78-85	12,27	30	120	245	6,60	5,54
Satsuma	8	Simple	2,1	300	350	85-90	12,15	35	120	264	8,00	6,63
Satsuma	8	Fraccionada	2,1	300	350	78-85	12,15	30	120	255	9,40	7,97
Satsuma	12	Simple	2,1	300	350	85-90	13,80	35	120	235	9,10	7,67
Satsuma	12	Fraccionada	2,1	300	350	78-85	13,80	30	120	265	9,90	8,05

Variedades de mandarina	Maceración	Tipos de destilación	Bicarbonato de sodio	Materia prima (cáscara)	H ₂ O destilada	Temperatura de termómetro	Flujo másico	Tiempo primera gota	Tiempo final de extracción	Volumen de hidrolato	Volumen aceite esencial	Peso del aceite esencial
			gr	gr	mL	° C	mL/s	min	min	mL	mL	g
Criolla	8	Simple	2,1	300	350	85-90	13,14	35	120	255	4,80	4,00
Criolla	8	Fraccionada	2,1	300	350	78-85	13,14	30	120	235	5,50	4,66
Criolla	12	Simple	2,1	300	350	85-90	14,44	35	120	266	5,60	4,72
Criolla	12	Fraccionada	2,1	300	350	78-85	14,44	30	120	254	5,90	5,03
Cascaruda	8	Simple	2,1	300	350	85-90	9,35	35	120	246	8,50	7,18
Cascaruda	8	Fraccionada	2,1	300	350	78-85	9,35	30	120	256	9,00	7,67
Cascaruda	12	Simple	2,1	300	350	85-90	9,03	35	120	255	9,00	7,50
Cascaruda	12	Fraccionada	2,1	300	350	78-85	9,03	30	120	264	10,40	8,75
Híbrida	8	Simple	2,1	300	350	85-90	10,96	35	120	235	5,90	5,05
Híbrida	8	Fraccionada	2,1	300	350	78-85	10,96	30	120	246	6,90	5,82
Híbrida	12	Simple	2,1	300	350	85-90	11,97	35	120	265	5,20	4,36
Híbrida	12	Fraccionada	2,1	300	350	78-85	11,97	30	120	259	6,10	5,14
Satsuma	8	Simple	2,1	300	350	85-90	10,37	35	120	258	8,80	7,47
Satsuma	8	Fraccionada	2,1	300	350	78-85	10,37	30	120	254	9,00	7,69
Satsuma	12	Simple	2,1	300	350	85-90	16,81	35	120	257	9,00	7,53
Satsuma	12	Fraccionada	2,1	300	350	78-85	16,81	30	120	236	9,30	7,82

Variedades de mandarina	Maceración	Tipos de destilación	Bicarbonato de sodio	Materia prima (cáscara)	H ₂ O destilada	Temperatura de termómetro	Flujo másico	Tiempo primera gota	Tiempo final de extracción	Volumen de hidrolato	Volumen aceite esencial	Peso del aceite esencial
			gr	gr	mL	° C	mL/s	min	min	mL	mL	g
Criolla	8	Simple	2,1	300	350	85-90	10,37	35	120	264	5,90	4,90
Criolla	8	Fraccionada	2,1	300	350	78-85	10,37	30	120	245	5,50	4,65
Criolla	12	Simple	2,1	300	350	85-90	10,96	35	120	245	4,50	3,78
Criolla	12	Fraccionada	2,1	300	350	78-85	10,96	30	120	264	6,00	5,06
Cascaruda	8	Simple	2,1	300	350	85-90	11,97	35	120	256	8,50	7,26
Cascaruda	8	Fraccionada	2,1	300	350	78-85	11,97	30	120	255	9,00	7,33
Cascaruda	12	Simple	2,1	300	350	85-90	9,91	35	120	264	8,50	7,34
Cascaruda	12	Fraccionada	2,1	300	350	78-85	9,91	30	120	235	9,90	8,16
Híbrida	8	Simple	2,1	300	350	85-90	12,29	35	120	246	5,50	4,48
Híbrida	8	Fraccionada	2,1	300	350	78-85	12,29	30	120	214	6,30	5,19
Híbrida	12	Simple	2,1	300	350	85-90	15,15	35	120	245	5,40	4,40
Híbrida	12	Fraccionada	2,1	300	350	78-85	15,15	30	120	255	5,80	4,88
Satsuma	8	Simple	2,1	300	350	85-90	11,97	35	120	246	8,10	6,76
Satsuma	8	Fraccionada	2,1	300	350	78-85	11,97	30	120	233	9,00	7,33
Satsuma	12	Simple	2,1	300	350	85-90	9,55	35	120	245	8,80	7,44
Satsuma	12	Fraccionada	2,1	300	350	78-85	9,55	30	120	247	9,20	7,65

Anexo 3. Análisis de cromatografía de gases del aceite esencial de mandarina



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

LABORATORIO DE QUÍMICA ANALÍTICA

PROFORMA: LAB-QA-2022-005

ENTREGA DE RESULTADOS	
FECHA	16 de diciembre del 2022
ENSAYO REALIZADO	Análisis en GC/MS
MUESTRAS	ACEITES ESENCIALES DE MANDARINA 4 VARIEDADES
EQUIPO	GC THERMO SCIENTIFIC-TRACE 1300
DETECTOR	ESPECTRÓMETRO DE MASAS SIMPLE CUADRUPOLO ISQ 7000
COLUMNA	DB-5MS; Medidas: 30 m de longitud, 0.25 mm de diámetro interno y 0,25 μ m de espesor.
MÉTODO CROMATOGRÁFICO	Temperatura del inyector: 230°C; Modo de inyección: Split, Split 80, volumen de inyección: 1 μ l; Programa térmico: Temperatura del horno 50°C durante 3 minutos, con una rampa de temperatura de 3°C/min hasta 230°C durante 3 minutos. Tiempo total de corrida: 66 minutos.
OBSERVACIONES:	Se realizó análisis cuantitativo y semicuantitativo



**ANÁLISIS CUANTITATIVO Y SEMICUANTITATIVO DE COMPUESTOS MAYORITARIOS MEDIANTE
CROMATOGRFÍA DE GASES ACOPLADA A ESPECTROMETRÍA DE MASAS**

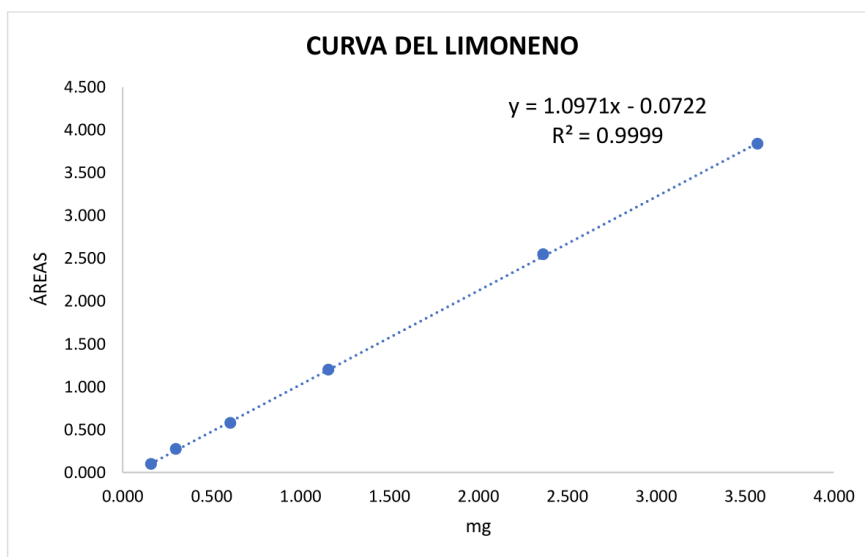
PREPARACIÓN DE LA CURVA DEL LIMONENO:

1. Se preparó 6 concentraciones distintas del estándar de limoneno, empleándose además un estándar interno que fue el nonano.
2. Para esto se pesó 10 μL de nonano en 6 balones de aforo de 10 mL y se añadió el estándar de limoneno en cantidades crecientes en volumen: 1, 2.5, 5, 10, 20 y 30 μL y en peso 1.1, 2.1, 4.3, 8.1, 16.8 y 25 mg, aforándose con ciclohexano.
3. Los pesos en mg del nonano y del limoneno se describen a continuación:

CURVA DE CALIBRACIÓN

ÍTEM	NONANO			LIMONENO			Relación mg	Relación áreas
	Volumen (μL)	Peso (mg)	AREA	Volumen (μL)	Peso (mg)	AREA		
1	10	6,9	16972379,514	1,0	1,1	1666633,93	0,159	0,098
2	10	7,0	16888862,417	2,5	2,1	4560353,37	0,300	0,270
3	10	7,1	16178926,727	5,0	4,3	9293800,64	0,606	0,574
4	10	7,0	16599150,732	10,0	8,1	19870551,29	1,157	1,197
5	10	7,1	14491167,405	20,0	16,8	36875780,86	2,366	2,545
6	10	7,0	15646559,930	30,0	25,0	59990584,42	3,571	3,834

La curva se construyó con la relación de las áreas del limoneno y del nonano y la relación de las cantidades en mg del limoneno y el nonano.



PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS:

Se pesó 3 μL de cada aceite esencial en viales ámbar de cromatografía y se añadió 1 mL de solución estándar de nonano con ciclohexano, la cual se preparó de la siguiente manera: se pesó 10 μL de nonano y se aforó en un balón de 10 mL con ciclohexano, el cual pesó 7 mg. Los pesos de las muestras se describen a continuación:

TABLA 1. Peso en mg de muestras de aceite esencial inyectadas en GC-MS.

		REPETICIÓN 1	REPETICIÓN 2
MUESTRA	CANTIDAD (μL)	CANTIDAD (mg)	CANTIDAD (mg)
MANDARINA CRIOLLA	3	2,4	2,4
MANDARINA HÍBRIDA SIN PEPA	3	2,4	2,5
MANDARINA CASCARUDA	3	2,4	2,3
MANDARINA SATSUMA	3	2,7	2,7

RESULTADOS: Los resultados se expresan como análisis cuantitativo para el limoneno por cuanto la curva se realizó con este estándar y como análisis semicuantitativo para los demás compuestos mayoritarios por emplearse la misma curva al no contar con los estándares de los

demás compuestos. La ecuación de la curva ($y = 1,0971x - 0,0722$), despejando x permitió obtener los mg de limoneno por mg de aceite esencial.

ANÁLISIS CUANTITATIVO

Cantidad en porcentaje:

MUESTRA	COMPUESTO	N° PICO	TR	IRC	IR literatura	%	%	PROMEDIO %
MANDARINA CRIOLLA	Limoneno	1	14,89	1035	1024	74,712	74,40	74,56
MANDARINA HÍBRIDA SIN PEPA	Limoneno	1	14,82	1034	1024	86,446	86,50	86,48
MANDARINA CASCARUDA	Limoneno	1	14,90	1036	1024	89,645	96,31	92,98
MANDARINA SATSUMA	Limoneno	1	14,84	1034	1024	85,800	86,09	85,94

Cantidad en miligramos: mg de limoneno en un mg de aceite esencial.

MUESTRA	COMPUESTO	N° PICO	TR	IRC	IR literatura	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
						mg/mg aceite esencial	
MANDARINA CRIOLLA	Limoneno	1	14,89	1035	1024	30,662	0,014
MANDARINA HÍBRIDA SIN PEPA	Limoneno	1	14,82	1034	1024	36,369	0,895
MANDARINA CASCARUDA	Limoneno	1	14,90	1036	1024	36,210	0,985
MANDARINA SATSUMA	Limoneno	1	14,84	1034	1024	29,258	0,310

ANÁLISIS SEMICUANTITATIVO

Cantidad en porcentaje:

MUESTRA	N° PICO	COMPUESTO	TR	IRC	IR literatura	PROMEDIO %	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
MANDARINA CRIOLLA	2	α -Pino	10,34	936	932	3,20	0,014
	3	β -Pino	12,42	983	974	2,84	0,007
	4	Mirceno	12,88	993	988	2,68	0,004
	5	o-Cimeno	14,72	1032	1022	2,50	0,022
	6	γ -Terpino	16,31	1065	1054	20,21	0,197
MANDARINA HÍBRIDA SIN PEPA	2	α -Pino	10,28	935	932	2,42	0,005
	3	γ -Terpino	16,23	1063	1054	5,82	0,011
	4	Linalool	18,32	1106	1095	2,36	0,018
MANDARINA CASCARUDA	2	Mirceno	12,90	994	988	3,57	0,165
	3	Sabineno	12,18	976	969	2,30	0,109
	4	Octanal	13,83	1015	998	2,40	0,125
	5	γ -Terpino	16,32	1063	1054	2,47	0,140
MANDARINA SATSUMA 1	2	γ -Terpino	16,25	1063	1054	5,08	0,047
	3	α -Pino	10,30	935	932	2,47	0,044
	4	Mirceno	12,84	994	988	2,92	0,076
	5	Linalool	18,34	1107	1095	3,58	0,037

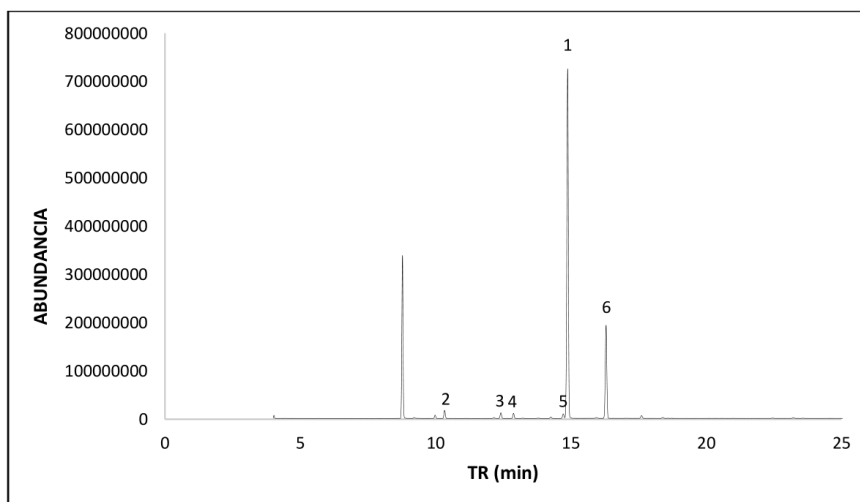
Cantidad en miligramos: mg de los compuestos mayoritarios en un mg de aceite esencial.

MUESTRA	N° PICO	COMPUESTO	TR	IRC	IR literatura	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
						mg/mg aceite esencial	
MANDARINA CRIOLLA	2	α -Pino	10,34	936	932	1,440	0,026
	3	β -Pino	12,42	983	974	1,270	0,001
	4	Mirceno	12,88	993	988	1,196	0,003
	5	o-Cimeno	14,72	1032	1022	1,117	0,006
	6	γ -Terpino	16,31	1065	1054	9,034	0,120

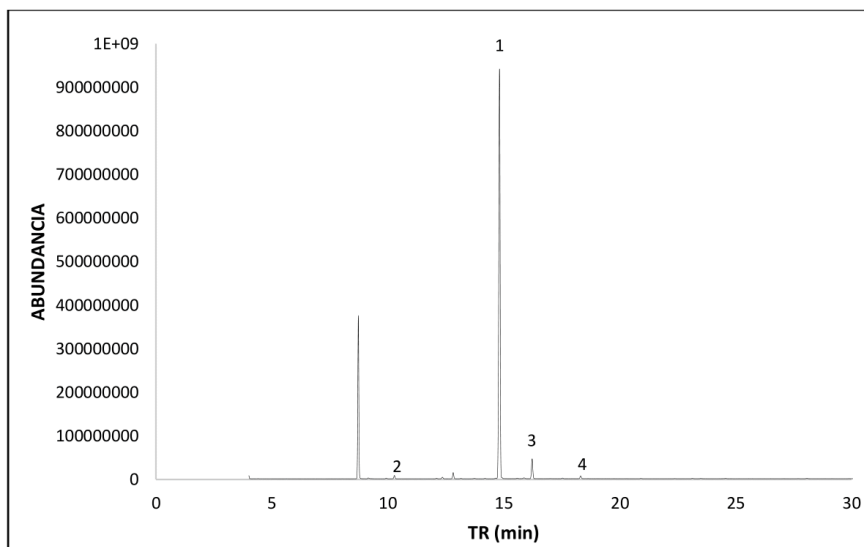
MANDARINA HÍBRIDA SIN PEPA	2	α -Pinoeno	10,28	935	932	1,019	0,048
	3	γ -Terpineno	16,23	1063	1054	2,449	0,126
	4	Linalool	18,32	1106	1095	0,993	0,057
MANDARINA CASCARUDA	2	Mirceno	12,90	994	988	1,390	0,069
	3	Sabineno	12,18	976	969	0,895	0,046
	4	Octanal	13,83	1015	998	0,934	0,052
	5	γ -Terpineno	16,32	1063	1054	0,963	0,058
MANDARINA SATSUMA	2	γ -Terpineno	16,25	1063	1054	1,730	0,017
	3	α -Pinoeno	10,30	935	932	0,842	0,001
	4	Mirceno	12,84	994	988	0,992	0,007
	5	Linalool	18,34	1107	1095	1,220	0,011

CROMATOGRAMAS

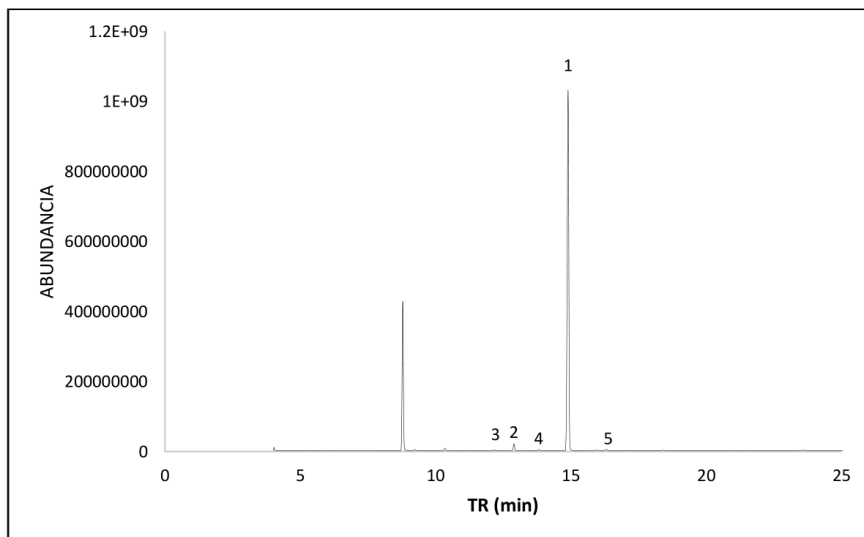
Mandarina criolla



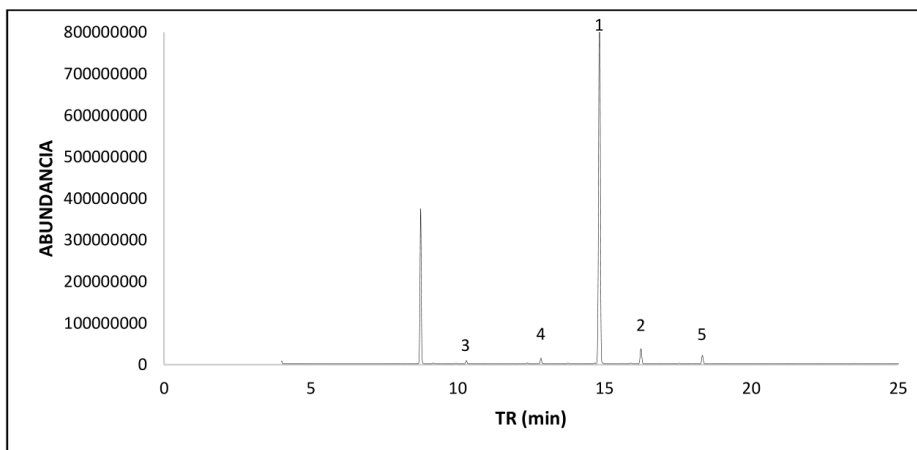
Mandarina híbrida sin pepa



Mandarina cascaruda



Mandarina satsuma



Abreviaturas:

TR: tiempo de retención

IR: índice de retención

IRC: índice de retención del compuesto

mg: miligramos

μl: microlitros

ml: mililitros

IR literatura: índice de retención en literatura



Bq. Mayra Montalván

RESPONSABLE LABORATORIO QUIMICA ANALITICA

DEPARTAMENTO DE QUIMICA - UTPL

Anexo 4. Análisis físico y químico de la materia prima



Recolección de la materia prima



Determinación de diámetros de la mandarina



Diámetro ecuatorial de la mandarina



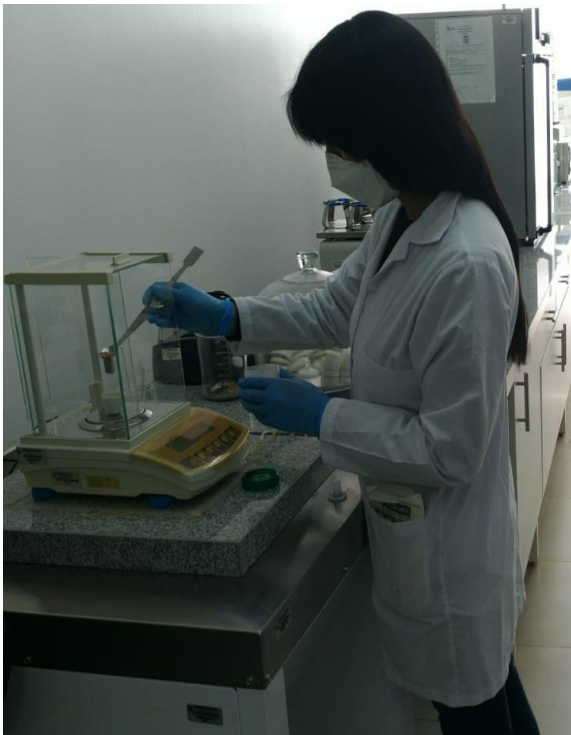
Peso de la mandarina



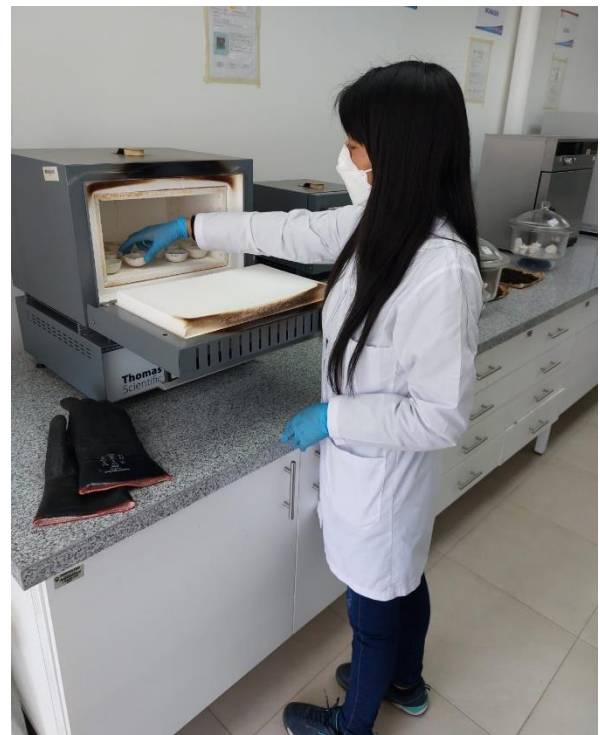
Determinación de grados brix de la pulpa



Determinación de pH de la pulpa



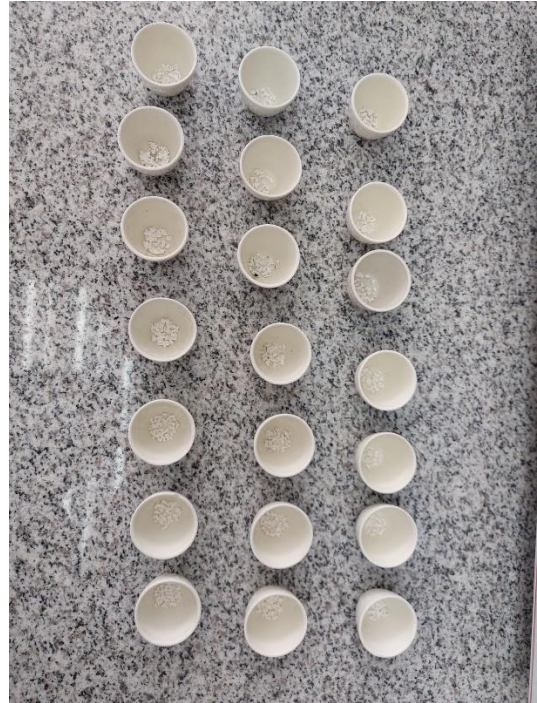
Análisis elemental



Análisis proximal



Determinación de Humedad



Determinación de Cenizas

Anexo 5. Proceso de destilación simple y fraccionada



Troceado de cáscara



Peso de la cáscara



Cáscara con agua destilada y NaHCO_3



Maceración de las muestras



Trituración de la muestra macerada



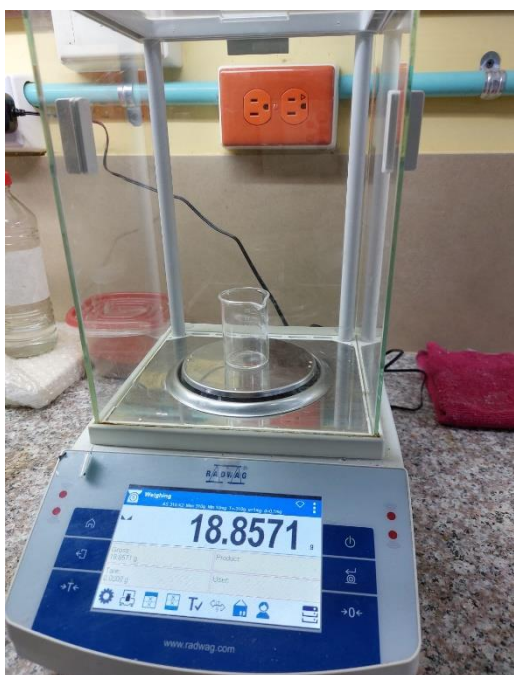
Cáscara en el balón de destilación



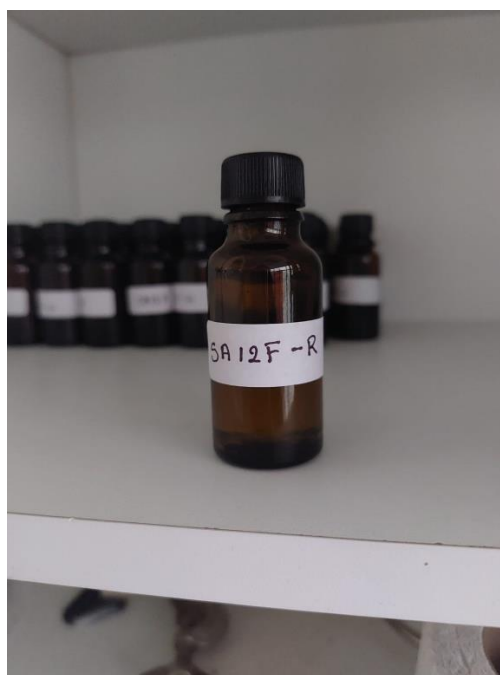
Obtención de aceite esencial



Volumen de aceite esencial



Masa en aceite esencial



Aceite esencial

Anexo 6. Evaluación de la calidad del aceite esencial



Muestras de aceite esencial



Tratamientos



Picnómetro



Método de picnómetro



Preparación de muestras



Determinación de densidad

Anexo 7. Elaboración de champú con aceite esencial de mandarina



Reactivos



Primera dilución



Primera homogenización



Segunda dilución



Segunda homogenización



Champú con aceite esencial de mandarina

Anexo 8. Glosario de términos técnicos

Albedo: es la parte blanca esponjosa de la piel de los cítricos, es la parte que contiene más pectinas.

Aceite esencial: son compuestos aromáticos y volátiles extraídos principalmente de la corteza, hojas, flores y frutos de plantas aromáticas.

Análisis Elemental: técnica que permite determinar el contenido total de carbono, hidrógeno, nitrógeno y azufre presentes en un amplio rango de muestras naturales orgánicas.

Análisis Proximal: comprende la determinación de los porcentajes de humedad, grasa, fibra, cenizas, carbohidratos solubles y proteínas en los alimentos.

Celulosa: es un polisacárido estructural en las plantas ya que forma parte de los tejidos de sostén.

Hemicelulosa: son componentes de las paredes celulares de las plantas cuya matriz consiste en celulosa fibrilar parcialmente cristalina.

Cetiol: es un emoliente natural, deja la zona a aplicar con una sensación suave y agradable, proporcionando un efecto de cuidado e hidratación.

Cítrico: los cítricos engloban a todo conjunto de frutas que pertenecen al género *citrus*.

Coperland: es un líquido transparente de color amarillo que se utiliza como agente espesante, especialmente en shampoo.

Condensador: es un aparato de vidrio que permite transformar los gases que se desprenden en el proceso de destilación, a fase líquida.

Champú: es el producto que se usa para la limpieza y cuidado del cabello.

Densidad: es la relación entre el peso (masa) de una sustancia y el volumen que ocupa (esa misma sustancia).

Destilación: la destilación es una técnica de separación de sustancias que permite separar los distintos componentes de una mezcla.

Destilación simple: se utiliza la mezcla de productos líquidos a destilar, contiene únicamente una sustancia volátil, o bien, cuando esta contiene más de una sustancia

volátil, pero el punto de ebullición del líquido más volátil difiere del punto de ebullición de los otros componentes en, al menos, 80 °C.

Destilación fraccionada: la destilación fraccionada se utiliza cuando la mezcla de productos líquidos que se pretende destilar contiene sustancias volátiles de diferentes puntos de ebullición con una diferencia entre ellos menor a 80 °C.

Euperland: es una dispersión de agentes nacarados y un sulfato de éter de alcohol graso.

Flavonoides: son un grupo diverso de Fito nutrientes (químicos vegetales) que se encuentran en muchas frutas, verduras y especias.

Fruto híbrido: es el resultado de un cruce que se consigue a partir de la polinización a mano entre determinados árboles o plantas.

Hidrolato: es un extracto acuoso que se obtiene mediante un proceso de destilación con vapor de agua.

Limoneno: es una sustancia natural que se extrae de los cítricos. Es la sustancia que da olores característicos a las naranjas, mandarinas y limones.

Mandarina: es un fruto similar a la naranja, pero más pequeño y achatada por su base. Su corteza es lisa, brillante color rojo anaranjado y es muy fácil de pelar, incluso con las manos.

Modelación: es el proceso mediante el cual se crea una representación o modelo para investigar la realidad o procesos de operación.

Maceración: consiste en la extracción de los compuestos químicos de un producto en estado sólido al sumergirlo en líquido durante un periodo de tiempo determinado.

Pectina: es un complejo polisacárido (hidratos de carbono) que se encuentra principalmente en la pared de las células de numerosos vegetales y que se considera un tipo de fibra soluble con características propias.

Picnómetro: es un instrumento sencillo utilizado para medir con precisión la densidad del líquido.

Polifenoles: son el grupo más extenso de sustancias no energéticas presentes en los alimentos de origen vegetal.

Residuo biomásicos: es el subproducto o residuo generado en las actividades agrícolas (poda, rastrojos, etc.), silvícolas y ganaderas, así como residuos de industria agroalimentaria (cáscaras).

Subproducto: es un bien secundario obtenido de un proceso industrial, cuando dicho procedimiento originalmente se llevó a cabo para fabricar otro producto.

Tangerina: son un tipo de mandarina de color más rojizo.

Terpenoides: son compuestos aromáticos que se encuentran en miles de especies de plantas, y son responsables de los diferentes sabores y aromas.

Texapon: es un lauril sulfato de sodio, activo alto, de 2 moles. Se utiliza en champús transparentes y productos para el baño y la ducha.

Volátiles: son todos aquellos hidrocarburos que se presentan en estado gaseoso a la temperatura ambiente normal o que son muy volátiles a dicha temperatura.