



UNIVERSIDAD FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
NACIONAL DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN - MANAGUA

QUÍMICA INDUSTRIAL

**SEMINARIO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE
LICENCIADO EN QUÍMICA INDUSTRIAL.**

Título

Estudio sobre la obtención de R-Limoneno a partir de la cascara de naranja dulce *Citrus X sinensis*, por el método de destilación por arrastre de vapor, recopilado en la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, UNAN-Managua, en el periodo septiembre-octubre, 2021.

Autores:

Br. Yader Ally Alcoser Blandón

Bra. Selena Celeste Tijerino Novoa

Tutor:

PhD. Danilo López Valerio.

Managua, 16 de Diciembre, 2021

i. Título:

Estudio sobre la obtención de R-Limoneno a partir de la cascara de naranja dulce (Citrus X Sinensis), por el método de destilación por arrastre de vapor, recopilado en la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, UNAN-Managua, en el periodo septiembre-octubre, 2021.

ii- Resumen

La destilación por arrastre de vapor es la metodología más eficaz para poder obtener aceites esenciales, con la capacidad de extraer la mayor cantidad de aceites esenciales que por los métodos de prensado o por los métodos de disolvencia. Se evidenció la gran congruencia entre los autores citados sobre la efectividad del método y su relación con la obtención de un respetable porcentaje de pureza de los aceites esenciales.

Durante la investigación fue evidente la característica del control de temperatura durante el proceso, además del control de las presiones ejercidas durante el proceso de destilación. Aunque es importante señalar que la cantidad de aceites esenciales obtenidos no solo tiene que ver por el método, sino también por los procesos que tienen que ver con el tratamiento pre cosecha y pos cosecha, como el tratamiento a las plantas y el almacenamiento, respectivamente.

La conclusión más relevante la simplificación del proceso de destilación en 5 pasos, que abarcan tanto la preparación de la materia prima, el proceso mismo del destilado, la separación de las fases líquidas (aceite y agua) y luego la deshidratación del aceite esencial con la utilización de aluminato de sodio como coagulante, capaz de atrapar las partículas de agua disueltas en el aceite esencial.

Palabras clave:

- Cascara de naranja
- Albedo y flavedo
- Limoneno
- R-Limoneno
- Enantiomero
- Estereoisomeria
- Aceites esenciales
- Diclorometano

ii. Índice

CAPÍTULO I. ASPECTOS GENERALES	1
1.1. Introducción	1
1.2. Planteamiento del problema	2
1.3. Justificación	3
1.4. Objetivos	4
1.4.1. General	4
1.4.2. Específicos	4
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO Y ANTECEDENTES.....	5
2.1. Citrus X Sinencis	5
2.4. Contaminación por desechos agroindustriales de la cascara de naranja. 10	
2.4. Estructura de la cascara de naranja.	12
2.5. Composición química de la cascara de naranja	13
2.6. Limoneno	16
2.7. R-Limoneno.	18
2.8. Extracción de aceites esenciales de la cascara de naranja	22
2.9. Obtención del R-Limoneno de los aceites esenciales extraídos ...	26
2.10. Antecedentes	29
2.11. Preguntas directrices	31
CAPITULO III. DISEÑO METODOLÓGICO	32
3.1. Descripción del ámbito de estudio.	32
3.1.1. Tipo de estudio	32
3.1.2. Población y muestra.	32
3.2. Descripción de Variables	33
3.2.1. Variables independientes.	33
3.2.2. Variables dependientes.	33
3.3. Materiales y método	34

3.3.1. Materiales para recolectar información.....	34
3.3.2. Materiales para procesar la información.....	34
3.3.3. Método.	35
CAPITULO IV: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	41
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	44
5.1. Conclusiones	44
5.2. Recomendaciones	45
5.3. Bibliografía	46
5.4. Anexos	50

CAPÍTULO I. ASPECTOS GENERALES

1.1. Introducción

El presente trabajo investigativo trata del estudio sobre la obtención de R-Limoneno a partir de la cascara de naranja dulce (*Citrus X Sinensis*), por el método de destilación por arrastre de vapor, en la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, UNAN-Managua, en el periodo septiembre-octubre, en la que se pretende describir la composición química del principio activo del R-Limoneno, obtenido a partir de la cascara de naranja dulce (*Citrus X sinensis*), detallar el proceso de obtención del R-Limoneno mediante destilación por arrastre de vapor y sus respectivas implicaciones y Especificar las ventajas que tiene el uso del R-Limoneno en las industrias comerciales.

Resulta de mucho interés ya que existen dos factores a considerar al hablar de desechos de la cascara de naranja, por una parte, los grandes desperdicios arrojados al ambiente, con un mínimo porcentaje de utilidad al procesarlos para comida animal, abono e insecticida, por otro el hecho de las grandes cantidades de elementos presentes en ella que pueden tener una utilidad, como la pectina para la elaboración de mermeladas, y el limoneno, que tiene una gran cantidad de usos y procesamientos.

Para poder extraer los aceites esenciales se realizó un mecanismo, detallado por los diferentes autores, que consistía en la reducción de tamaño de la materia prima (cascara de naranja), la respectiva destilación por arrastre de vapor, la separación de las fases acuosas de las aceitosas con la utilización de embudo de decantación, la extracción de partículas de agua alojadas en el aceite con la utilización de Aluminato de Sodio y la posterior separación de las fases sólidas y líquidas, que garantizan una alta pureza del aceite esencial de la cascara de naranja.

Para extraer el R-Limoneno se procedió a realizar una extracción inerte con el solvente Diclorometano como interventor en los procesos físicos de mezcla y separación. Se tomaron en cuenta alrededor de 26 autores, más 4 de ellos proveyeron de mayor información sobre las técnicas, procedimiento y factores tales como la temperatura y los compuestos.

1.2. Planteamiento del problema

En Nicaragua, no existe un valor agregado para la cascara de naranja desechada de las industrias productoras de jugos, mermeladas o demás derivados del procesamiento de esta, además de no contar con una empresa que se encargue de la manipulación de procesos físicos o químicos para obtener principios activos útiles de estos desechos.

En Nicaragua existen fincas, empresas y microempresas que se dedican a obtener subproductos del fruto del Naranja, sin embargo, esto conlleva a producir grandes cantidades de desechos, que terminan en vertederos de basura, convirtiéndose en muchas formas en desperdicios contaminantes, sin ningún tipo de aprovechamiento para contribuir a la economía nacional o en la realización de proyectos de los que se consigan otros productos además de los ya obtenidos.

¿Cómo se puede resolver la problemática de las enormes cantidades de desechos orgánicos que perjudica a los ciudadanos cercano a vertederos y personas encargadas del transporte de las cascara de naranja? Al darle una utilidad al desperdicio de cascara de naranja se puede obtener de ella la materia prima elemental para la producción de diferentes productos, como de limpieza, fungicida, de aroma y más, a base de R-Limoneno, presente en un 95% del aceite esencial total obtenido de la cascara de naranja (*Citrus X sinensis*).

1.3. Justificación

Resulta oportuna la realización de esta investigación dadas las altas cantidades de cascaras de naranja desechadas por parte de empresas que se encargan de procesar este fruto cítrico (*Citrus X sinensis*), con la cual se puede obtener un elemento valioso para empresas fabricantes de detergentes, insecticidas y, por un muy pequeño sector, como alternativa de combustible natural.

En la actualidad, la mayoría de estados a nivel mundial han expresado una seria preocupación por los efectos del cambio climático producido por el alto abuso de recursos del medio ambiente, al punto de verse exigidas por parte de códigos estatales, gubernamentales e internacionales como las promovidas desde la ONU (Organización de las Naciones Unidas) con el acuerdo de Escazú, en la que 14 países firmaron en la conferencia de las naciones unidas sobre desarrollo sostenible (Rio+20), por lo que Nicaragua tarde o temprano podría entrar en estas disposiciones que favorezcan a los acuerdos comerciales internacionales.

Con esto, se convierte en primera necesidad obtener productos naturales con los que se pueda comercializar con empresas que promueven campañas ecológicas, influenciadas bajo la concientización de las masas de tener un planeta más verde, y menos contaminado, adaptándose a las necesidades del siglo. Con estas consideraciones, se podría considerar que la obtención de R-Limoneno seria exponencialmente demandado.

La obtención del R-Limoneno, extraído de la corteza más superficial de la naranja, no implica de enormes y exagerados procedimientos cuantitativos, sino solo de los instrumentos de laboratorio adecuados y personal plenamente capacitado para operarlas, por lo que se estima que su producción en masa puede beneficiar a la economía nacional, departamental, comunitario y familiar.

1.4. Objetivos

1.4.1. General

➤ Estudiar la obtención de R-Limoneno a partir de los desperdicios de la cascara de (Citrus X sinensis), por el método de destilación por arrastre de vapor, recopilado bibliográficamente en la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, UNAN-Managua, en el periodo septiembre – octubre, 2021.

1.4.2. Específicos

➤ Describir la composición química del principio activo del R-Limoneno, obtenido a partir de la cascara de naranja dulce (Citrus X sinensis).

➤ Detallar el proceso de obtención del R-Limoneno mediante destilación por arrastre de vapor y sus respectivas implicaciones.

➤ Especificar las ventajas que tiene el uso del R-Limoneno en las industrias comerciales.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO Y ANTECEDENTES

2.1. Citrus X Sinencis

- **Origen.**

“Las naranjas tienen su origen en el Sudeste Asiático, desde donde fueron comercializadas al resto del mundo, a través de la Ruta de Seda, que es la ruta comercial entre Asia y Europa. La naranja dulce se empezó a cultivar en el Norte de África y al sur de Europa, durante los siglos XV y XVI. Fueron introducidas en América con la llegada de los españoles y los portugueses y actualmente es uno de los cítricos más cultivados en todo el mundo”. (Quiroz, 2009).

“La naranja se originó hace unos 20 millones de años en el sudeste asiático. Desde entonces hasta ahora ha sufrido numerosas modificaciones debido a la selección natural y a hibridaciones tanto naturales como producidas por el hombre. La dispersión de los cítricos desde sus lugares de origen se debió fundamentalmente a los grandes movimientos migratorios: conquistas de Alejandro magno, expansión del islam, cruzadas, descubrimiento de américa, etc.”. (Zambrano, 2014)

“El procesamiento industrial de la naranja inició en los años 40 y se asemeja a la forma casera de extracción del jugo. Los productos más importantes son el jugo natural, el jugo concentrado y el jugo concentrado congelado. Sin embargo los residuos también son aprovechados y pueden constituir subproductos de gran valor comercial” (Quiroz, 2009).

- **Características generales.**

“La naranja es un fruto muy popular que proviene del naranjo dulce (*Citrus sinensis*), originario de Asia Oriental pero que está ampliamente distribuido en el mundo. Este último es un árbol perteneciente la familia de las Rutáceas, en la que se incluyen más de 1600

especies. El género botánico Citrus es el más representativo de toda la familia y tiene unas 20 especies comestibles". (Zambrano A. , 2017)

En general, Zambrano afirma, que se conocen dos especies de naranjas: dulces (Citrus sinensis) y amargas (Citrus aurantium). La naranja dulce es la que se consume normalmente, tanto en crudo como en jugos y otras recetas. La naranja amarga no se consume en crudo y se utiliza para elaborar mermeladas, confituras, licores y aceites esenciales.

La naranja, Zambrano concluye, es un hesperidio, tipo de fruto característico de los cítricos. Su exocarpo tiene vesículas con aceites esenciales, el mesocarpo es de color blanco y el endocarpo o pulpa tiene tricomas con zumo. Su sabor es dulce y ácido, agradable. Casi el 90% de su contenido es agua.

- **Variedades.**

Zambrano expone que existe una gran variedad de especies, algunas de ellas son el resultado de mutaciones naturales causadas por las condiciones del suelo y del clima. Las características de cada variedad determinan el tipo de uso de la fruta, ya sea para su consumo directo o para su industrialización. Las variedades más importantes son las naranjas dulces y se clasifican en cuatro grupos:

- Navel: Estas variedades se han adaptado a climas subtropicales y se diferencian de las demás por ser frutos de gran tamaño, son fáciles de pelar y no tienen semillas, por lo que son muy apreciados como frutas frescas, pero no son adecuadas para la elaboración de jugos, ya que al ser exprimidas se desprende limonina que hace que el jugo tenga un sabor amargo. A este grupo pertenecen las variedades: Navel, Navelate, Lane laten, entre otras.
- Blancas: Tienen formas elipsoidales, de tamaño medio a grande. Presentan coloraciones que van desde amarillo-naranja a naranja intenso. Algunas variedades

tienen muchas semillas y son adecuadas para la producción de jugo. A este grupo pertenecen las variedades: Ambersweet, Salustiana, Valencia Late, entre otras.

- Sanguina: Son muy similares a las naranjas Blancas, pero su pulpa tiene un pigmento rojo con un sabor muy dulce, esto se debe a las bajas temperaturas en la noche y sólo se cultivan en el Mediterráneo. A este grupo pertenecen las variedades: Doble fina, Maltaise, Sanguinelli, entre otras.
- Sucreñas: Tienen menor acidez y se caracterizan por ser ligeramente insípidas, debido a esto en la actualidad son muy poco cultivadas y no son adecuadas para la industria. Las variedades más importantes son: Succari, Sucreña, Lima, Vaniglia.
- ***Propiedades y beneficios de la naranja.***

Por otro lado, Zambrano también menciona que los beneficios y propiedades de la naranja son variados, los cuales son:

- El fruto de la naranja destaca por su alto contenido en vitamina C, ácido fólico y algunos minerales como el calcio, potasio y magnesio. Incluso la naranja contiene beta-carotenos (propiedades antioxidantes), ácidos oxálico, málico, cítrico y tartárico. Tiene una cantidad considerable de fibra, especialmente en el mesocarpo (región blanca entre la corteza y la pulpa) que ayuda al tránsito intestinal.

– La naranja es conocida por sus múltiples beneficios para la salud humana gracias a sus vitaminas y minerales, como fortalecimiento del sistema inmunológico, buen funcionamiento de la visión, mejora del estado de la piel, formación de glóbulos rojos y blancos, etc. Además, la naranja tiene propiedades depurativas y microbicidas. Limpia la sangre y tonifica los músculos, combate la grasa y la obesidad, limpia el cutis, contribuye a regularizar el ritmo cardiaco, ayuda a aliviar dolores de cabeza, previene el mareo y náuseas.

2.2. Producción de naranjas en Nicaragua.

“En Nicaragua 11077 productores utilizan 21000 hectáreas para cultivar cítricos... el cultivo de naranjas ocupa el 80% de la producción total de cítricos en Nicaragua, mientras que el 10% corresponde a las mandarinas, el 7% a la de limones y el 3% a otros productos... México es el principal productor de limones y el cuarto de naranjas, mientras que Estados Unidos lidera en el apartado de las naranjas”. (Lacayo, 2013)

“Por lo que se refiere a las variedades de fruta, el jugo de naranja ha mantenido históricamente una gran ventaja sobre otros productos, y actualmente representa algo más del 40% del consumo total. Sin embargo, se estima que su demanda se reducirá desde 1,5 millones de toneladas en 2008-2009 a 1,1 en 2019/2020... Existen lógicamente grandes diferencias en los gustos según país y culturas. En EEUU prevalece la naranja (36%)”. (MIFIC, s.f.)

2.3. Estado del material vegetal.

Por propósitos de una mejor extracción de los componentes de la cascara de naranja, debe presentar una maduración intermedia, ya que sus unidades moleculares son más desarrolladas, más estables y menos degradadas. Una investigación realizada en Bolivia titulada Cosecha, post cosecha y transformación de la naranja afirma que:

“Los cítricos son frutos que no continúan madurando normalmente aun cuando son retirados del árbol (pertenecen al grupo de los frutos no climatéricos), más su proceso de pudrición es relativamente lento, por lo tanto, para un mejor aprovechamiento se debe procesar en un periodo de entre las 3 y 8 semanas después de su cosecha, en conservación a una temperatura de 9°C y humedad relativa de entre 85 – 90 %, fuera de estos parámetros, debe procesarse en menor cantidad de tiempo, aunque la calidad de la naranja depende en gran parte del manejo adecuado del huerto”.

Antes de la floración hasta la cosecha, las labores culturales en el huerto, que afectan la calidad de la naranja son:

- **Poda:** se realiza durante los 3 a 4 primeros años de edad de los plantines, ya que con esto se obtiene una mejor iluminación solar a los frutos.
- **Control de plagas y enfermedades:** En naranja, las plagas y enfermedades que afectan directamente a la fruta son: la fumagina y mosca de la fruta. La mosca de la fruta es la plaga que más se debe controlar, ya que esta produce el agusanado de la naranja.
- **Riego:** es necesario mantener la humedad del suelo desde la floración hasta la cosecha... La falta de humedad o estrés hídrico reduce la tasa de crecimiento del fruto y así el tamaño en la cosecha será menor.
- **Control de malezas:** el control de malezas debe realizarse durante todo el año por las siguientes razones: - Evitar la competencia por agua y nutrientes con las plantas de naranja - Reducir las condiciones para el desarrollo de plagas y enfermedades - Facilitar las labores culturales (fumigación, riego, poda, cosecha, etc).
- **Fertilización y abonado:** Para obtener buenos rendimientos con fruta de calidad (tamaño, color y sabor) es necesario realizar una fertilización y abonado del huerto de acuerdo a la calidad del suelo y los rendimientos

Los cambios que indican que un fruto está madurando son expresados en el siguiente cuadro detallado en la investigación realizada en Bolivia:

Tabla 1: Obtenido de (Gutierrez, 2017)

Variable	DESCRIPCIÓN
Incremento del contenido de jugo en la pulpa	Durante la mayoría del período de crecimiento de la fruta, esta almacena en forma de almidón.
Aumento del contenido de AZÚCAR	El azúcar que proviene del almidón se incrementa significativamente cuando avanza la madurez.
DEGRADACIÓN de la clorofila de la cascara	A medida que el fruto madura, el color verde correspondiente a la clorofila se degrada y aparece el color naranja.
Cambio del color de la cascara	La aparición e incremento del color de cubrimiento naranja es una señal de avance de madurez
Incremento de la RESPIRACIÓN	Aumento de respiración es directamente proporcional al aumento de la maduración.
Incremento del etileno	La hormona de la maduración de la fruta es el etileno, el cual aumenta a medida que madura
REDUCCIÓN de la acidez	A medida que el fruto madura, se reduce su acidez

2.4. Contaminación por desechos agroindustriales de la cascara de naranja.

“Los residuos de naranja se producen en grandes cantidades a nivel mundial por lo que si sus desechos no son manejados adecuadamente pueden generar contaminación en el agua, suelo y aire, afectando los recursos naturales”. (Alvarado & Hernandez, s.f.). la cascara de naranja contiene elementos o compuestos que pueden ser perjudiciales

para el ecosistema acuífero alterando su acidez y otros capaces de dañar la capa de ozono, como el Limoneno y mirceno, respectivamente.

“Cuando se trabaja en un proceso industrial es importante tener procedimientos con los cuales se minimicen al máximo las pérdidas de materia prima durante su manipulación y que de la misma manera también se minimice la generación de residuos que al disponerlos en el ambiente tengan efectos negativos sobre este. Sin embargo, hay procesos en los cuales no se puede controlar la cantidad de residuos que se obtienen al final del proceso, como lo es el caso de la industria de jugos obtenidos a partir cítricos como la naranja. Se estima que el 50% en peso de este fruto se desecha como residuo conformado por las cáscaras, las semillas y la pulpa”. (Perez, 2019)

La Naranja contiene más de 24 componentes distintos, de los cuales aproximadamente 17 de ellos pertenecen a la cascara de naranja, en su mayoría son compuestos volátiles y capaces de ser combustionados. Aunque existe evidencia de los beneficios de la utilización de residuos de la naranja como abono orgánico, se debe comprender que al referirse a “residuos” comprende diferentes tipos de elementos desechados de la naranja, como cascara, pulpa, semillas y vesículas con porciones de zumo, más la razón de este ítem comprende únicamente el impacto al medio ambiente de la cascara del fruto del naranjo.

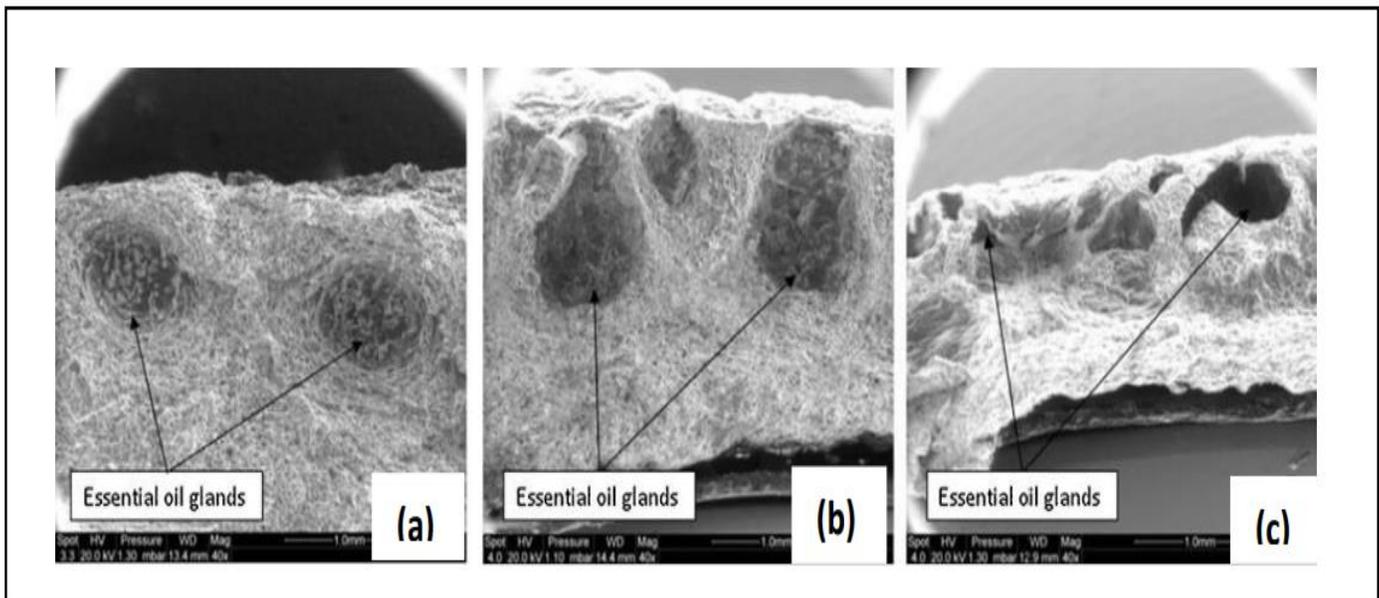
Siendo la mayor cantidad de este desecho compuestos volátiles, según Rangel (2013), afirma que con estos compuestos ocasiona “la producción de licores con alta demanda bioquímica de oxígeno (DBO), los cuales se vierten al sistema de drenaje sin ningún tratamiento”. Por lo tanto, se considera de gran importancia el poder desarrollar una metodología que permita la utilización de estos desechos y generar de ello una utilidad rentable para la economía nacional.

2.4. Estructura de la cascara de naranja.

La cascara de naranja comprende dos elementos:

- **Flavedo o Epicarpio.**

“Es el tejido exterior que está en contacto con la epidermis y en él abundan vesículas que contienen la mayor parte de los pigmentos y los aceites esenciales de la naranja, estos últimos se encuentran en numerosos sacos o glándulas cuyo diámetro varía de 0,4 a 0,6 milímetros. Los pigmentos son carotenoides y estos al igual que los aceites esenciales se encuentran en gran cantidad en el flavedo, la cantidad de carotenoides (20-30mg/ 100g) y la de los aceites esenciales es de (0.05 a 1ml por 100cm² de superficie). También existe una cutícula externa formada por ceras y otros lípidos” (Quiroz, 2009). Estas glándulas se aprecian a continuación en la Figura 1:



Micrografías electrónicas complementarias, de cáscaras de naranja: (a) seca no tratada; (b) después de extracción DIC (120 min); (c) después de extracción HD (240 min). Ref.: (a, b y c, x200), Allaf, 2013. DIC: Drop pressure Instant Controlled; HD: HydroDistillation.

Figura 1: fuente: (Jimenez, 2019)

- **Albedo o mesocarpio.**

“Debajo del flavedo está el albedo, un tejido esponjoso y blanco, forma el eje central del fruto que proporciona agua y materiales nutritivos. El albedo puede constituir del 20 % al 60% de la totalidad del fruto, variando el grosor de la corteza por ejemplo en las naranjas varía de 4mm a 12mm. El albedo fresco contiene de un 75% a 80% de agua, mientras que sus principales componentes, calculados en relación a la materia seca, son el 44% de azúcares, 33% de celulosa y 20% de sustancias pépticas”. (Quiroz, 2009). Este tejido de la cascara de naranja se muestra a continuación en la Figura 2:

Por otro lado, Quiroz afirma que el compuesto más importante que se obtiene del albedo es la pectina, que se obtiene en grandes cantidades, para su utilización como en la fabricación de mermeladas y jaleas, también se utiliza como agente adhesivo y como activo encapsulante en la deshidratación de alimentos y líquidos.

2.5. Composición química de la cascara de naranja.

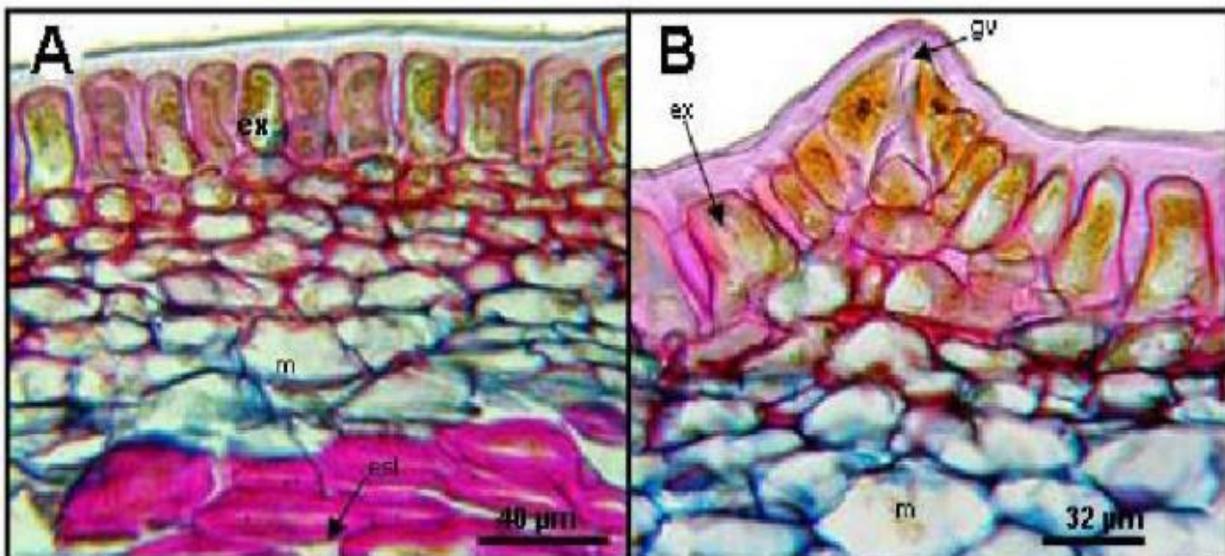


Figura 2: imagen muestra el Albedo o Mesocarpio, señalado con la letra m minúscula. En la parte izquierda con una medida de 40µm y de la derecha de 32µm. fuente: (Solís, Cabrera, & Dottori, 2011)

La cascara de naranja comprende los elementos mencionados en el ítem anterior, cuyas composiciones químicas se presentan a continuación, obtenidas de Cerón (2010)

en la que se evaluó el proceso integral para la obtención de aceite esencial y pectina a partir de cascara de naranja, mediante análisis de cromatografía de gases de alta resolución:

Tabla 2: Obtenido de (Ceron, 2010)

Principales corrientes y componentes obtenidas en la SIMULACIÓN del proceso de EXTRACCIÓN de aceite esencial y pectina a partir de 1kg de cascara de naranja			
	% presente en cascara de naranja	% presente en aceite esencial	% presente en pectina
Porcentaje en peso / Flavedo			
<i>R-Limoneno</i>	1,50	95,5	9,02E – 3
<i>Mirseno</i>	2,14E – 2	1,50	1,29E – 4
<i>pineno</i>	7,17E – 3	4,69E – 1	4,32E – 5
<i>Beta - pineno</i>	5,36E – 3	3,69E – 1	3,23E – 5
<i>terpinoleno</i>	3,55E – 3	2,52E – 1	2,14E – 5
<i>Beta- terpinoleno</i>	4,48E – 4	3,14E – 2	2,70E – 6
<i>octanal</i>	8,48E – 3	4,53E – 3	5,11E – 5
<i>decanal</i>	3,07E – 3	1,80E – 1	1,85E – 5
<i>dodecanal</i>	4,11E – 4	2,68E – 2	2,48E – 6
<i>undecanal</i>	3,74E – 4	2,32E – 2	2,25E – 6
<i>nonanol</i>	4,86E – 4	1,60E – 2	2,93E – 6
<i>linanol</i>	1,83E – 2	1,06	1,10E – 4
<i>octanol</i>	8,59E – 4	2,45E – 2	5,18E – 6
<i>nonanal</i>	3,36E – 4	1,91E – 2	2,03E – 6
<i>nerol</i>	5,60E – 4	3,55E – 2	3,38E – 6
<i>geraniol</i>	2,62E – 4	1,08E – 2	1,58E – 6
<i>sabina</i>	8,75E – 4	6,25E – 2	5,27E – 6
Porcentaje en peso / Albedo			

Pectina	6,15	-	61,72
agua	79,91	-	0,80
grasa	9,90E – 4	-	7,88E – 4
proteína	3,94E – 3	-	0,01
ácido ascórbico	1,04E – 5	-	-
ácido cítrico	-	-	1,63
fibra	10	-	30,13
ceniza	2,37	-	5,71
TOTALES	100%	100%	100%

Tabla 3: Obtenido de (Ceron, 2010)

Por otro lado, Cerón (2010) entabla la composición fisicoquímica aproximada de la cascara de naranja:

COMPOSICIÓN FISICOQUÍMICA aproximada de la cascara de naranja

PARÁMETRO	VALOR
Solidos Solubles (°Brix)	7,1 ± 1,2
pH	3,93 ± 0,03
Total de acidez (g de ácido CÍTRICO/100mL)	0,29 ± 0,03
ÍNDICE de formol	34 ± 2,4
Humedad %	85,9 ± 1,6
Grasas %	1,55 ± 0,17
Cenizas %	3,29 ± 0,19
PROTEÍNAS %	6,16 ± 0,23
Carbohidratos %	89,0 ± 1,1
Fibra soluble %	
Azucares Neutrales	3,8 ± 0,3
Ácido uronico	7,1 ± 0,9

Lignina	3,2 ± 0,4
Pectina %	17 ± 5

Tabla 4: Obtenido de (Ceron, 2010)

2.6. Limoneno

El Limoneno es un Terpeno, que deriva a la familia de los Lípidos, siendo un compuesto no saponificable (o incapaz de reaccionar con una base en presencia de agua). Los terpenos son aquellos que están integrados por la unión de 2 o más unidades de isopreno (cuyo compuesto no existe en la naturaleza, pero que se conoce por la degradación de los lípidos derivados con unidades pequeñas de 5 carbonos, llamado isopreno, del que se puede sintetizar otros lípidos derivados). (Figura 3).

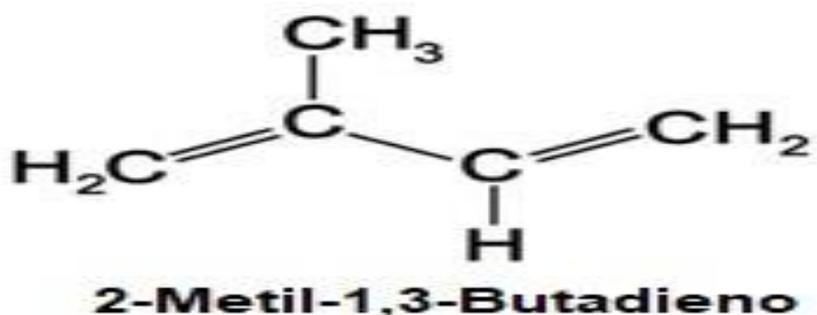


Figura 3: Fuente propia. representación de Isopreno

El isopreno está formado por 5 carbonos y 8 hidrógenos (C₅H₈) con doble enlace en los carbonos 1 y 3, y un metil (CH₃) en el carbono 2, nombrado como 2-Metil-1,3-Butadieno (figura 1), es la base para formar una unidad de terpeno, y todas esas bases de terpenos se unen para formar la familia de los terpenos o sus derivados, los cuales pueden estar formados por cadenas abiertas y cerradas de tamaño variable, siendo estas estructuras hidrofóbicas, es decir, insolubles en agua, siendo esta una cualidad de los lípidos.

“El limoneno pertenece entonces a la familia de los terpenos, este es una sustancia natural que se extrae de los cítricos. Es la sustancia que da olor característico a las naranjas y limones (todo, 2020). Los compuestos más pequeños y más volátiles son los

monoterpenos, que están biosintetizados por la unión de dos moléculas de isopreno, mientras los compuestos más grandes y menos volátiles están biosintetizados por la unión de tres, o más, moléculas de isopreno... y que constituyen la mayor parte del aceite esencial producido por las plantas aromáticas”. (Garcia, Guzman, Brunschot, & Brugnatelli, s.f.)

“Su fórmula molecular –Limoneno- es $C_{10}H_{16}$ tiene enlaces dobles entre los carbonos C1-C2 y C8- C9. Existen dos enantiómeros con propiedades y usos específicos, (Figura 4). El S- (-)- limoneno se encuentra en la hierbabuena y se utiliza en gastronomía y perfumería. El R- (+)-limoneno es el componente principal del aceite esencial, hasta en un 95%, que se encuentra en la cáscara de los cítricos como naranja, limón, mandarina, entre otros”. (Quiroz, 2009).

“Los enantiómeros son imágenes especulares no superponibles. Se caracterizan por poseer un átomo unido a cuatro grupos distintos llamados asimétricos o quiral... La presencia de un carbono asimétrico hace posible que la molécula y su imagen especular sean distintas... en los modelos moleculares, la molécula y su imagen especular difieren en la disposición espacial de los grupos y no existe ningún giro que permita superponerlas (son diferentes)”. (Fernandez, 2009). Dicha afirmación se expresa en a continuación (Figura 4).

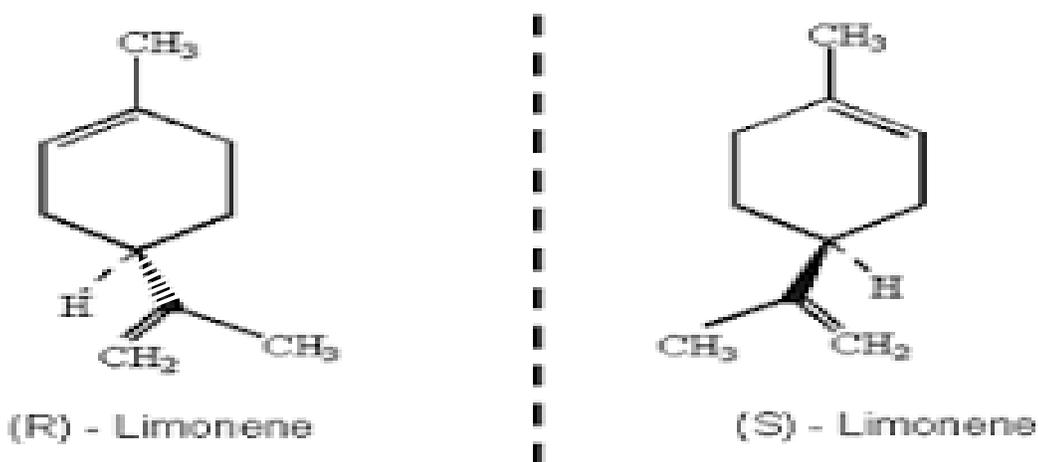


Figura 4: Ejemplificación de quiralidad del Limoneno en sus expresiones Dextrógiro (R)) y Levógiro (S). Obtenido de: <https://www.quimicaorganica.net/limoneno.html>

Los términos Dextrógiro y Levógiro, según la Real Academia Española (RAE) hace referencia a “una sustancia o de una disolución: (Dextrógiro) que desvía a la derecha el plano de la luz polarizada cuando se mira hacia la fuente; que gira en el mismo sentido de las agujas del reloj, y (Levógiro) que desvía a la izquierda el plano de la luz polarizada cuando se mira hacia la fuente; que gira en el sentido contrario a las agujas del reloj. Del latín *dexter* “que está a la derecha” y *gyrus* “giro”, y *laevus* “izquierdo” y *gyrus* “giro”, respectivamente”.

2.7. R-Limoneno.

El R-Limoneno es un derivado de la manera en que se puede representar la molécula del Limoneno (C₁₀H₁₆). Se establece que el R-Limoneno es un compuesto Isómero porque, siendo único, corresponde a la misma fórmula molecular que el S-Limoneno. Morcillo afirma que: “Esto se debe a que los mismos átomos están reagrupados de modo distinto y constituyen, por lo tanto, dos moléculas diferentes, lo que provoca que tengan diferentes propiedades físicas y/o químicas. Es decir, los isómeros son compuestos que tienen igual fórmula molecular pero distinta fórmula estructural”. (Morcillo, s.f.)

El Isómero R-Limoneno muestra una distribución espacial de sus átomos diferente a la del S-Limoneno, con un tipo de estructura llamada Isomería de Posición, en la que sus sustancias difieren únicamente en la situación de su grupo funcional, esto, gracias al fenómeno orgánico llamado Estereoisometría, en la que, al presentar los mismos átomos, mismas cadenas y los mismos grupos funcionales, difieren en alguna de sus orientaciones espaciales.

Por su característica estructural, el fenómeno estereoisomérico hace que pertenezca a la clasificación de Isometría Óptica, ya que manifiesta un comportamiento distinto al del S-Limoneno frente a la luz polarizada. El R-Limoneno desvía la luz hacia la derecha (+) y el S-Limoneno lo hace hacia la izquierda (-). Este fenómeno ocurre en moléculas con átomos de carbono asimétricos, es decir, unido a cuatro sustituyentes distintos.

Para demostrar este fenómeno, se utiliza el método del sistema de nomenclatura R, S (o bien, conocido como el método Cahn-Ingold-Prelog) para nombrar a dos enantiómeros con el signo **R** (del latín *Rectus/Recto/Diestro*, derecha) o **S** (del latín *Sinister/Siniestro/Zurdo*, izquierdo), según la orientación en el plano espacial de los grupos sustituyentes iguales, pero incapaces de superponerse. Para la utilización de este método, la molécula debe cumplir con 3 características según lo describe KhanAcademyEspañol (2014):

- a. El elemento encadenado o anillado (usualmente el carbono (C)) debe estar unido a 4 grupos diferentes.
- b. Los grupos unidos son imposibles superponerlos en un plano espacial.
- c. Debe tener en la cadena o anillo al menos un estereocentro.

Para distinguir los estereoisómeros se utiliza el sistema de Cahn-Ingold-Prelog, con la que se definirá la configuración estereoquímica, según lo describe el libro electrónico de Química Orgánica con Énfasis Biológico (2019) y aplicando estas reglas al R-Limoneno, para justificar el giro que supone hacia la derecha (de acuerdo a las agujas del reloj), se explica en la figura 5.

- a. Lo primero que tenemos que hacer es asignar una prioridad a cada uno de los cuatro sustituyentes unidos al carbono quiral. En este sistema de nomenclatura, las prioridades se basan en el número atómico, con números atómicos mayores teniendo una prioridad más alta.
- b. Si el átomo es el mismo, enlaces dobles tienen una prioridad mayor que los enlaces simples
- c. Con nuestras prioridades asignadas, después nos aseguramos de que el grupo de prioridad # 4 está señalando atrás lejos de nosotros, en el plano de la página.

d. Después, trazamos un círculo definido por el # 1, # 2 y # 3 grupos prioritarios, en orden creciente.

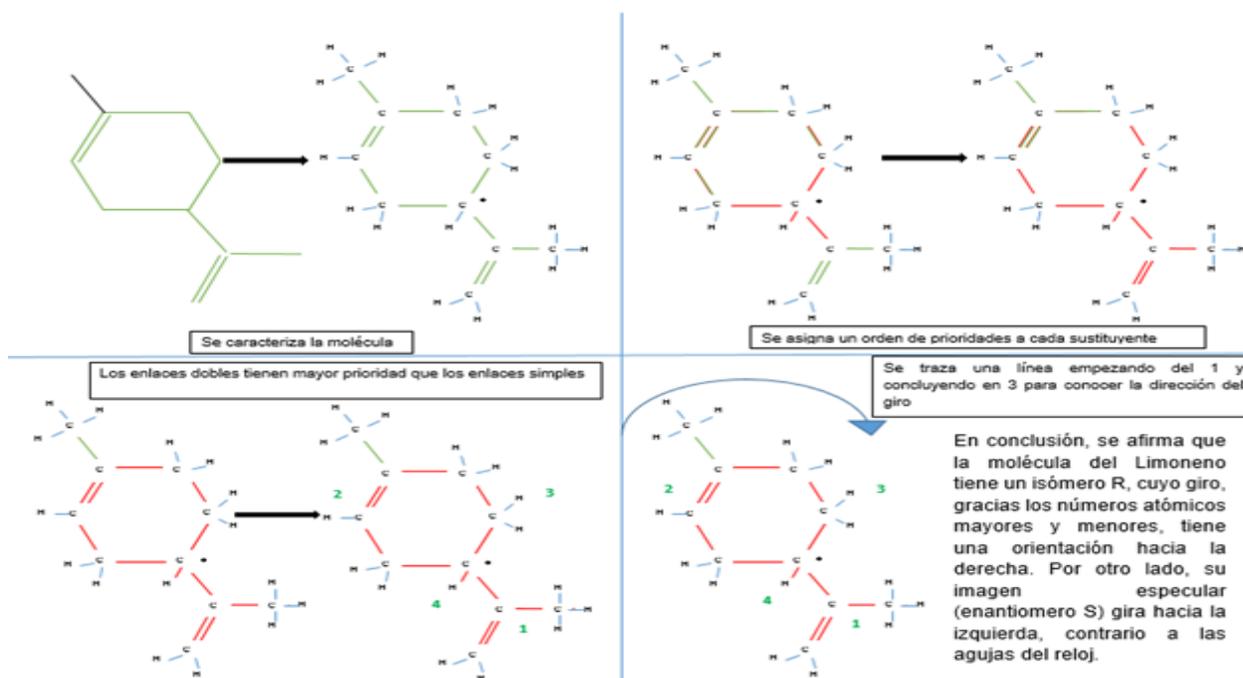


Figura 5: Explicación a partir del sistema CIP para la definición del giro de la molécula de Limoneno tomando en cuenta el número atómico de los grupos unidos al carbono estereocéntrico.

Comúnmente los compuestos orgánicos que poseen esta isomería (Isometría Óptica) se caracterizan por presentarse en dos formas isómeras que son, una respecto a la otra, como un objeto y su imagen reproducida en un espejo” (Morcillo, s.f.). por otro lado, no puede considerarse como Isomería Geométrica ya que al presentar un doble enlace en su estructura los sustituyentes unidos a cada uno de los átomos de carbono implicados en el doble enlace, son distintos en los ajustes con respecto al plano que contiene el doble enlace. Cis, con grupos iguales en el mismo lado del doble enlace, y trans, con grupos iguales en posiciones opuestas, a cada lado del doble enlace.

- **Usos del R-Limoneno.**

Según la ficha de datos de seguridad del limoneno, conforme al reglamento (CE) no. 1907/2006 (REACH) difundida por la empresa de suministros químicos ROTH, establece que “los usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla son para productos químicos de laboratorio y uso analítico y de laboratorio; desaconseja también su

utilización en productos que estarían en contacto directo con alimentos, ni para propósitos privados (domésticos), no establece usos específicos finales”. (ROTH, 2021).

Según Virreira (2014) “el aceite de la cascara de naranja es un aroma muy apreciado en perfumes y jabones. Debido a su contenido de limoneno, 90-95%, tiene un efecto letal sobre las moscas, pulgas y hormigas bravas. Su potencial como insecticida está bajo investigación. Se está utilizando en productos de limpieza de los motores y en jabones secos para las manos en los talleres de reparación de maquinaria pesada... El aceite derivado de la semilla de la naranja y de otros cítricos se emplea como aceite de cocina, en jabones y en plásticos”.

“Tiene diversas aplicaciones en procesos industriales, químicos, farmacéuticos y alimenticios. Y últimamente se lo emplea como disolvente biodegradable. El limoneno es usado como disolvente de resinas, pigmentos, tintas y en la elaboración de agentes de limpieza, tiene alta efectividad como disolvente ya que forma una emulsión con el agua y las partículas de grasas son arrastradas y finalmente separadas en la superficie después de un tiempo de reposo, se lo puede considerar como una alternativa para suprimir el uso de solventes clorados tóxicos”. (Brito, 2015)

“El limoneno ha sido utilizado para la elaboración de productos dentro de la limpieza industrial como desengrasante variando su porcentaje de acuerdo a su aplicación, en limpiadores de manos y talleres contienen del 2% al 35%, en lavadores de autos tienen un 25% y los de limpieza de imprentas para la eliminación de tintas tienen hasta un 95%, en removedores de pinturas y grafitis tienen un 30% y en removedores de chicles, grasas y aceites e tapicería hasta un 75%”. (Telenchana, 2017).

Por otro lado, “se están desarrollando estudios que pretenden la utilización del Limoneno con el fin de obtener biocombustible”, según lo afirma James Clark, el químico británico que ideó un método que permite convertir cascara de naranja en biocombustible usando energía de microondas, esto, afirma Igor Polikarpov “gracias a los altos niveles de Limoneno presente en la cascara, utilizándolo como subproducto de la

generación de biocombustible, provocando un abaratamiento del combustible”. (America economica, 2012).

2.8. Extracción de aceites esenciales de la cascara de naranja

Existen diferentes métodos descritos por diferentes autores sobre la obtención de los aceites esenciales de la cascara de naranja:

Cerón & Cardona, en el proyecto titulado “Evaluación del proceso integral para obtención de aceite esencial y pectina a partir de cascara de naranja”, publicado en el año 2010, expresa que El aceite esencial de naranja se encuentra principalmente en sacos de forma ovalada en el flavedo o en la porción anaranjada de la cascara y actúa como una barrera toxica natural para muchos microorganismos e insectos. La recuperación del aceite se efectúa generalmente por métodos mecánicos “presión en frio de la cascara”.

Asegura también que se realiza el proceso de extracción del aceite por medio de hidrodestilacion (HD), destilación con vapor (VD), hidrodestilacion asistida por microondas (MWHD), extracción con solvente (SE) y extracción con fluidos supercríticos (CO₂) (SFE), como métodos para obtener los aceites esenciales de la cascara de naranja. Por otro lado, expresa que la producción de aceite esencial a partir de la cascara de naranja puede describirse como un proceso compuesto de cinco etapas principales:

- a. Acondicionamiento de la materia prima.
- b. Extracción del aceite.
- c. Separación.
- d. Deshidratación.
- e. Filtración.

Afirma que la disposición del aceite extraído está dada por diferentes factores que influyen en la calidad: las condiciones geobotánicas del medio (clima, altitud, tipo de suelo, cantidad de lluvias, etcétera.), edad de la planta y estado fenológico, método de cultivo (uso de fertilizantes, abono, pesticidas, otros químicos, etcétera.), época de recolección, modo de manejo y almacenamiento del material vegetal (fresco, seco, fermentado, etcétera.) y método de obtención del aceite (destilación, maceración, prensado, extracción con solventes, extracción con fluidos supercríticos, etcétera.)

Concluye que El proceso de destilación con vapor para la obtención de aceite esencial, provee buenos rendimientos en comparación con el proceso de presión en frío, el cual es generalmente usado para la extracción de aceite esencial de cítricos... El aceite esencial de naranja tiene una fracción considerable de compuestos de alto peso molecular como el linalol, decanal y octanal, responsables del olor y sabor característico de este producto, permitiendo obtener aceites esenciales de buena calidad mediante la extracción con arrastre de vapor. (Ceron, 2010)

Por otro lado Pérez, en el planteamiento sobre la obtención de aceite esencial y pectinas de la cascara de naranja y diseño de la unidad de extracción, publicada en el año 2019, expone que la extracción del aceite esencial de la cascara de naranja recolectada tiene un mejor rendimiento de obtención, con un 1,14%, a una presión de 1 atmosfera y un tiempo de extracción de 120 minutos (Perez, 2019)

Pérez asume que los métodos de extracción por medio de solventes interfieren en los componentes del aceite esencial, mientras que en el método de arrastre de vapor no provoca alteraciones significativas y contribuye a la identificación de las sustancias; utilizando hexano (como solvente) solo se identificaron 44 elementos en el extracto, mientras que por arrastre de vapor se detectaron 54, entre hidrocarburos, aldehídos, cetonas, alcoholes, etc.

Además, se considera el método de destilación por arrastre de vapor como el método más eficaz a escala de laboratorio que existe para obtener los aceites esenciales de la

casaca de naranja, aunque se debe considerar que “este método puede causar daño al aceite al producirse reacciones de oxidación, de hidrólisis y de polimerización” (Quiroz, 2009), siempre y cuando no exista un control estricto durante el proceso en cuanto a las temperaturas y ajustes del sistema de destilación. La Figura 6 describe el proceso de obtención de los aceites esenciales.



Figura 6: montaje del sistema de destilación para la extracción de aceites esenciales de la cascara de naranja. Fuente: (Unknown, 2014)

El proceso que se describe en la figura 6 representa uno de los diferentes tipos de destilación, el llamado destilación por arrastre de vapor, en el que “el vapor entra por la parte superior del destilador y la mezcla de agua y aceite esencial se va condensando a medida que desciende. Éste método reduce el tiempo de destilación... La destilación por arrastre de vapor causa menos hidrólisis de componentes de los aceites, es más rápida y resulta en una mejor recolección ya que quedan en el destilador una menor cantidad de compuestos de alto punto de ebullición y algunos solubles en el agua. La destilación por arrastre de vapor también elimina el reflujo”. (Cerutti, 2004).

El proceso de recuperación de aceites esenciales esta dado gracias a la evaporación parcial del aceite esencial de la cascara de naranja; en donde el albedo o mesocarpio, y sus elementos solubles en agua, los compuestos con peso atómico más alto y demás componentes poco o no volátiles, son separados de la parte volátil más ligera alojada en

el flavedo o epicarpio, como los monoterpenos, hidrocarburos, alcoholes, etc. Esto se logra con la transferencia de los vapores de agua y una condensación correcta.

“Es una técnica para purificar líquidos volátiles. Hace uso de la diferencia entre los puntos de ebullición, tiene dos fases la vaporización (transformación de líquido a vapor) y la condensación (transformación del vapor en líquido). El método consiste en suministrar calor haciendo que el líquido de menor punto de ebullición se vaporice primero y se condense”. (Quiroz, 2009).

A continuación, se muestra los detalles del montaje de operación para la extracción de aceites esenciales con la utilización de diagrama de bloque y de flujo:

Diagrama de Bloque: Obtención de Aceites esenciales de la cascara de Naranja

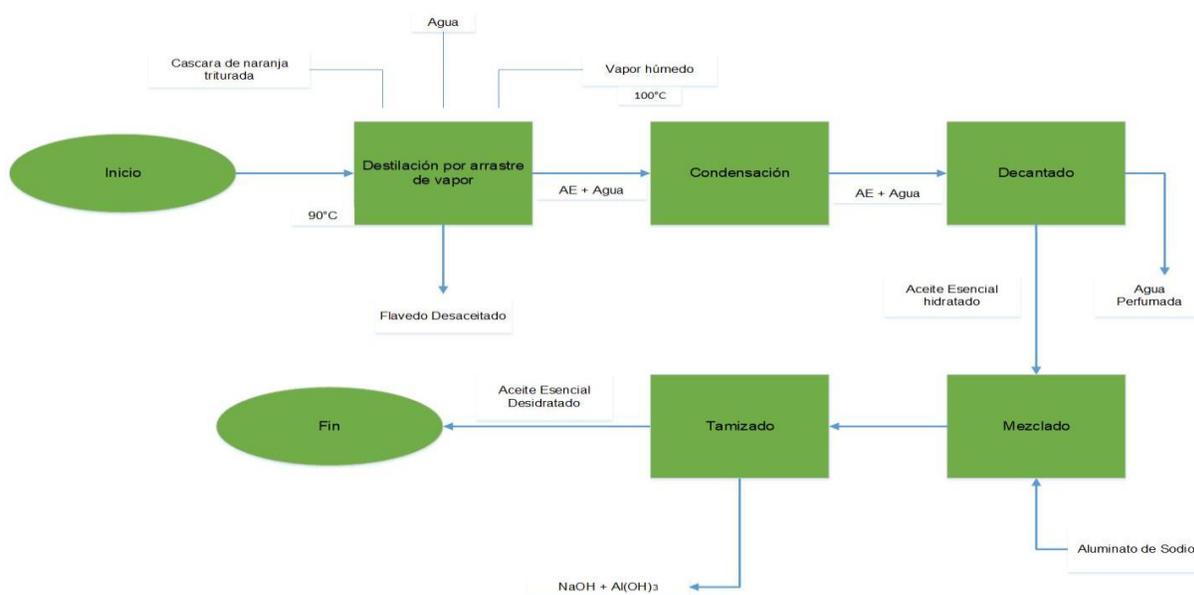


Figura 7: Fuente propia

Diagrama de Flujo: Obtención de Aceites esenciales de la cascara de Naranja

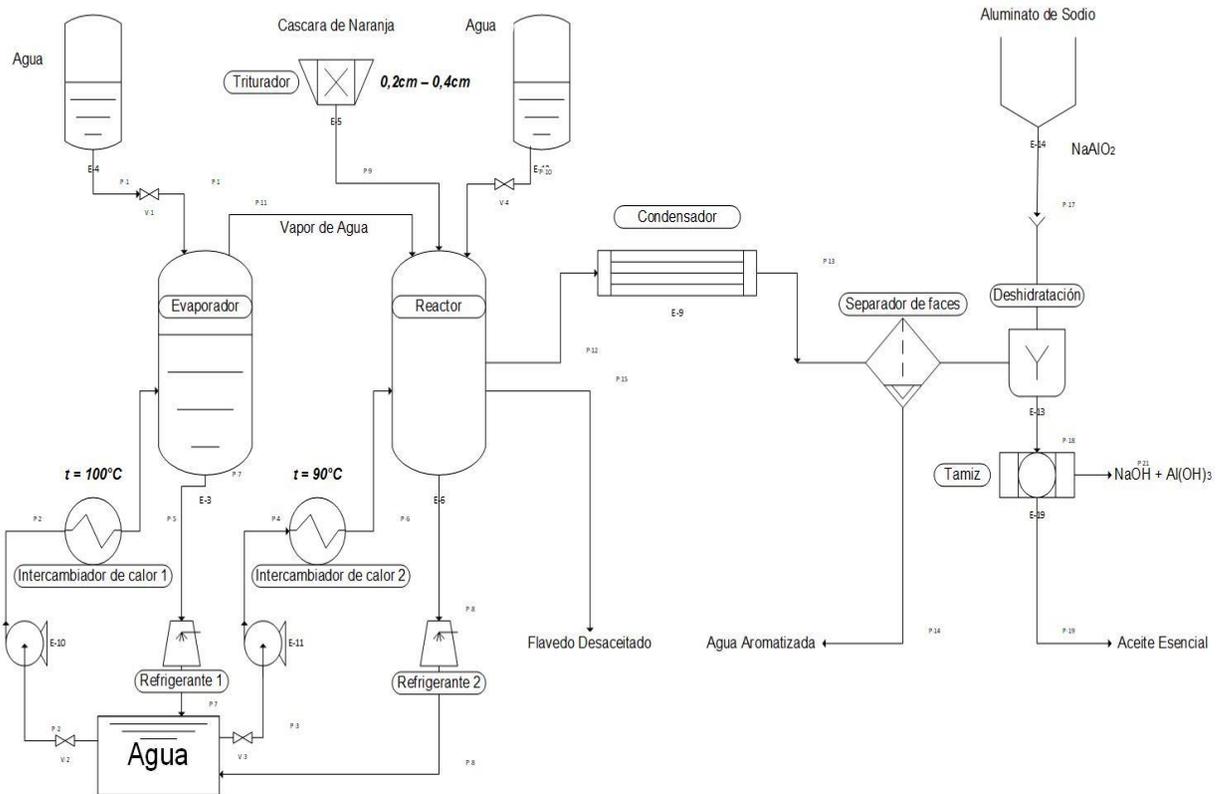


Figura 8: Fuente propia

2.9. Obtención del R-Limoneno de los aceites esenciales extraídos

Para la extracción de R-Limoneno se tomó en cuenta el proceso desarrollado por Bernal, Diaz, Henestroza, & Trindades (s.f.), en donde extrajeron el aceite esencial de la cascara de naranja por el método de destilación por arrastre de vapor de agua y purificaron el R-Limoneno por medio de extracción inerte. Elaborado en la universidad nacional de Quilmes, Argentina. Los autores expresan que:

Con el destilado obtenido se procede a realizar una extracción inerte. En la extracción de aceites esenciales, existen algunos disolventes que tienen un límite máximo de residuos que pueden dejaren los productos, en el caso del limoneno es de 0.02 ppm. Esta técnica

se basa en el fenómeno de partición, que indica una disolución selectiva, es decir que una sustancia se distribuye de acuerdo a su solubilidad entre dos fases líquidas inmiscibles.

El diclorometano es un solvente orgánico que solubiliza mejor al limoneno que el agua, al mismo tiempo resulta inmiscible con esta por lo tanto se puede llevar a cabo una extracción inerte. Sin embargo posee una elevada toxicidad por lo cual es recomendable trabajar bajo campana, utilizar guantes de pvc, gafas de seguridad y ropa de trabajo adecuada que evite el contacto con el producto. Para realizar la extracción, se coloca el destilado en una ampolla de decantación, luego se procede a agregar entre 5 y 10 ml de diclorometano agitando y dejando reposar hasta que las fases se separen.

Dado que el diclorometano tiene una densidad mayor que la del agua (densidad del CH_2Cl_2 1,326 g/ml, densidad del agua 1g/ml) la fase orgánica quedará en la parte inferior, mientras que la fase acuosa quedará en la parte superior. Se decanta y se pasa el aceite en el recipiente, agregando luego 0,5 gr. de sulfato de sodio anhidro. Se filtra la disolución en un recipiente previamente pesado y se evapora el solvente con un baño de vapor. Se pesa nuevamente el matraz con el limoneno y se mide el volumen. (Bernal, Diaz, Henestroza, & Trindades)

Los autores plantean su procedimiento de aislamiento del R-Limoneno bajo el procesamiento de aproximadamente 500g de cascara de naranja, extraída de 5 frutos de naranja, con el que posteriormente se obtendrían 7,83g de aceite esencial (1,57% del peso total) y luego 7,48g de R-Limoneno (que corresponde al 95,5% presente en aceite esencial).

A continuación, se muestra los detalles del montaje de operación para el aislamiento del R-Limoneno de los demás componentes que comprenden los aceites esenciales con la utilización de diagrama de bloque y de flujo:

Diagrama de Flujo: Obtención de R-Limoneno a partir de Aceites esenciales

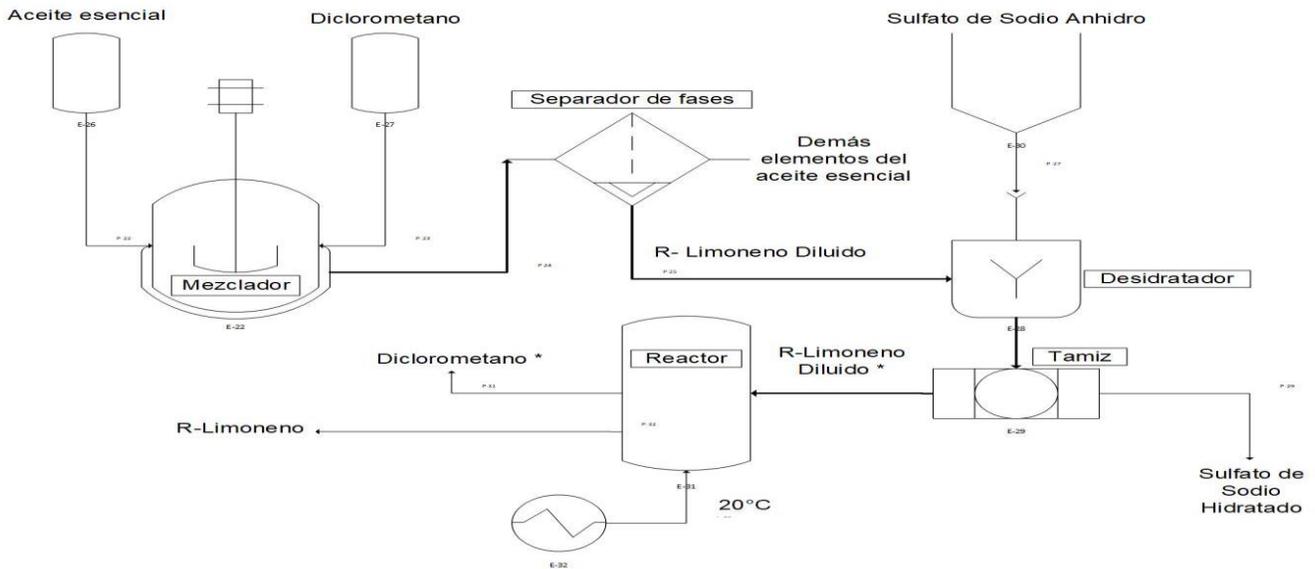


Figura 9: Fuente propia. El asterisco simboliza que el componente no está en su pureza original

Diagrama de Bloque: Obtención de R-Limoneno a partir de Aceites esenciales

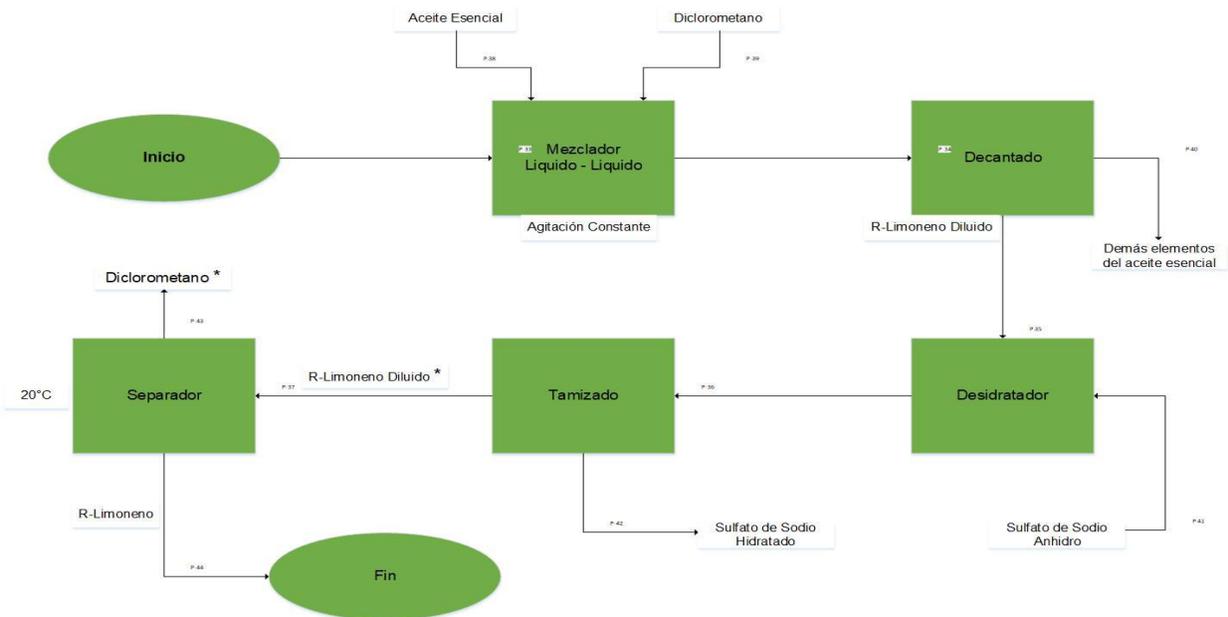


Figura 10: Fuente propia. El asterisco simboliza que el componente no está en su pureza original

2.10. Antecedentes

- En 2019, en Colombia, Pérez estudió y evaluó el tratamiento de los residuos generados por los vendedores ambulantes que comercializan jugos de naranja, con el fin de hallar una solución a la problemática ambiental y social que ellos generan. Se utilizaron los métodos de hidrodestilación, extracción con solventes y arrastre de vapor. Concluye que el método de extracción por arrastre de vapor es el mejor método, ya que brinda un 1,14% a una presión de 1 atmósfera y un tiempo de extracción de 120 minutos. Teniendo en cuenta la presión, el tiempo de extracción y la densidad de empaquetamiento como variables más importantes en la extracción por arrastre con vapor se diseñó un extractor para una capacidad de 60 Kg de material vegetal a una densidad de empaquetamiento de 120 Kg/m³.
- En 2014, en Argentina, Bernal y colaboradores extrajeron el aceite esencial de la cascara de naranja (pericarpio) de naranja, específicamente de los flavedos, por el método de destilación por arrastre de vapor de agua y purificar uno de los componentes presentes en dicho aceite, el Limoneno, por medio de extracción inerte haciendo posteriormente un análisis por cromatografía en capa delgada y un ensayo de caracterización. Se realizaron en simultáneo 2 destilaciones. Una con un balón de 500ml y otra con un balón de 250ml. En el balón de 500 ml se colocaron 100 g de cáscaras de naranja y 150ml de agua fría, y en el balón de 250 ml se colocaron 50 g de cáscaras de naranja con 75ml de agua caliente. El volumen total de destilado obtenido fue de 160 ml.
- En 2010, en Colombia, Cerón y Cardona presentaron la extracción de aceite esencial y pectina a partir de la cascara de naranja (*Citrus Sinensis*) como un proceso integral. Realizaron el proceso de extracción utilizando un simulador comercial adaptándolo al proceso real. Realizaron pruebas experimentales con un kilogramo de cascara de naranja procesado a las mismas condiciones de la simulación con el fin de comparar los rendimientos obtenidos, logrando una concordancia aceptable. Posteriormente se

escaló el proceso a una tonelada. Como resultado no solo demostraron las ventajas del proceso integral, sino también la posibilidad de su implementación a nivel industrial. Concluye además que las técnicas de simulación son una herramienta poderosa que permite minimizar tiempo, costos y experimentación en el diseño de procesos como los de extracción de aceite esencial y pectina.

- En 2009, en Ecuador, Quiroz llevó a cabo la elaboración de un desengrasante, a partir de los principios activos de las cáscaras de naranja. Esto se logró mediante la aplicación de métodos simples de extracción y diferentes solventes (extracción a reflujo en agua/ alcohol y destilación por arrastre con vapor), en todos los casos se estandarizó los parámetros de operación utilizando 500ml de solvente, 100g de cáscara y una hora de tiempo de extracción. Como resultado se obtuvo que el extracto que funciona de manera más eficaz como desengrasante, es el obtenido por arrastre con vapor, debiéndose incorporar como aditivos glicerina, que ayuda a reducir la tensión superficial, permitiendo que el producto penetre mejor en la suciedad. Y betaína, como agente espumante y tensoactivo, para atrapar las partículas de grasa y distribuirlas en el agua.

2.11. Preguntas directrices

1. ¿Es posible llevar a cabo un estudio sobre la obtención de R- ¿Limoneno a partir de los desperdicios de la cascara de Citrus X Sinencis, por el método de destilación por arrastre de vapor?
2. ¿Es posible encontrar información que afirme que la cascara de naranja, como desecho agroindustrial, es un contaminante para el medio ambiente?
3. ¿Existe congruencia entre diferentes autores sobre el uso del método de destilación por arrastre de vapor para obtener aceites esenciales?
4. ¿Existe congruencia entre los diferentes autores sobre el uso del método de extracción inerte para obtener R-Limoneno de los aceites esenciales?

CAPITULO III. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. Descripción del ámbito de estudio.

El estudio sobre el proceso de obtención de R-Limoneno a partir de la cascara de naranja está proyectado para que se ejecute en el laboratorio No. 3 de la UNAN-Managua, RURD, ubicado en el área impar del recinto, en el pabellón No. 3, perteneciente a la facultad de ciencias e ingeniería, del departamento de Química, ya que cumple con las condiciones de operación y utensilios para el desarrollo de la metodología.

3.1.1. Tipo de estudio.

El tipo de estudio que busca la unidad de la investigación para las actividades a desarrollar, en la búsqueda del cumplimiento y evaluación de los objetivos y de alternativas a la problemática, es de carácter Descriptivo, puesto que no establece una relación de causa y efecto, y es de enfoque cualitativo.

3.1.2. Población y muestra.

- **Población.**

Se tomaron en cuenta un total de 26 fuentes para abarcar las diferentes temáticas abordadas en el marco teórico, hablando al respecto de lo general a lo particular.

- **Muestra.**

Fueron un total de 4 los autores citados, cuyas investigaciones abarcan desde el Obtenido de Evaluación del proceso integral para la obtención de aceite esencial, hasta el obtenido de extracción y purificación de limoneno, que dieron mucho aporte a esta investigación.

3.2. Descripción de Variables

3.2.1. Variables independientes.

- Destreza en el uso de los medios electrónicos para obtener información.
- Obtención de documentos coherentes a los objetivos de esta investigación

3.2.2. Variables dependientes.

- Información adecuada a los objetivos de la investigación
- Planteamiento de información precisa.

3.3. Materiales y método

3.3.1. Materiales para recolectar información.

- Revisión bibliográfica (para tener información acerca del trabajo investigado).
- Artículo de internet (para tener información y enriquecer el trabajo)
- Monografía (para poder tener expectativas y llevar en orden el trabajo)
- Computadora (para guardar toda la información recopilada).

3.3.2. Materiales para procesar la información.

Los materiales utilizados para procesar el trabajo son los siguientes:

- Tablas descriptivas.
- Figuras, diagramas y procesos.
- Software Microsoft office

Software	VERSIÓN	COMPAÑÍA
Office Word 2016	16.0.4366.1003	Microsoft Corporation Inc.
Office Power Point 2016	16.0.4229.1028	Microsoft Corporation Inc.
Blog de notas	6.1	Microsoft Corporation Inc.
Paint	6.2.9200.16384	Microsoft Corporation Inc.
Adobe reader XI	11.0.12	Adobe Systems Inc.

Tabla 4: Materiales utilizados para procesar la información

3.3.3. Método.

3.3.3.1. Obtención de aceites esenciales

Introducción:

La destilación por arrastre de vapor es el método más utilizado para la extracción de aceites esenciales de plantas, incluyendo hojas, frutos, entre otros. Consiste en un proceso de separación por medio del uso de vapor de agua, el cual vaporiza (o “arrastra”) selectivamente los componentes volátiles de la materia prima vegetal. En este caso se utilizará la cascara de Naranja, cuyo porcentaje de aceites esenciales es aproximadamente un de 1,5%. A continuación, se describen los materiales a utilizar:

Material	Cantidad	Tamaño	Etapas
Soporte Universal	3	70 cm (alto)	
Mecheros Bunsen	2	Indefinido	
Pinzas Nuez	3	Indefinido	
Rejilla de Soporte Universal	2	15 cm (Diámetro)	
Termómetros	2	Indeterminado	
Balón de destilación 3 cuellos	2	1000 mL capacidad	
Uniones de tubos de vidrio	Indefinido	7mm – 4mm	
Cabezal de destilación	2	Indefinido	Etapas 1
Condensador	1	Indefinido	
Adaptador de vacío	1	indefinido	
Frasco colector	1	500mL	
Mangueras	Indefinida	indefinido	
Embudo de decantación	2	200mL	
Tapones de presión de hule	2	Indefinido	
Tapones de cristal	2	Indefinido	
Bomba de agua	1	12v	

Sistema de enfriamiento	1	indefinido	
Embudo de decantación	1	500mL	Etapa 2
Frasco recolector	1	100mL	
Frasco colector	1	500mL	
Beaker	1	100mL	
Aluminato de sodio	1 cucharadita	indeterminado	
Tamiz	1	No. Malla entre 60 y 70	

- **ETAPA 1: Montaje**

1- Soportes: se colocan los tres soportes en la mesa de trabajo, de tal modo que se orienten los tres frente al operador. Trabajando de izquierda a derecha se inicia con el montaje del sistema de evaporación, que suministrara vapor de agua a la cascara de naranja con agua en el otro balón de fondo redondo. Se ajustará la pinza nuez en el soporte universal y luego en el cuello central del balón, de tal modo que quede en forma vertical.

Al siguiente soporte se le ajustara de la misma manera el 2do balón conteniendo la cascara de naranja triturada, y por último se ajusta el condensador con la entrada de vapor hacia arriba y la parte condensada hacia abajo, se conectan las mangueras para que estén listas para el arranque con la bomba de agua conectada.

2- Regia de soporte universal: se colocan las regias de tal modo que contribuyan a soportar el peso de los balones

3- Mecheros: se dejan en su posición para el arranque, conectada correctamente en el suministro de gas.

4- Balones: ya ajustados en el soporte universal, se agrega al 2do balón la cascara de naranja triturada y se procede a instalar los termómetros con la ayuda de los tapones de presión de hule, que evita que el vapor escape, pero permite la entrada del termómetro para registrar la variación de temperatura, estos se colocan al

centro de los cuellos de los balones sin que el medidor extremo toque los líquidos ni cascaras, máximo la mitad de la altura entre el borde del líquido y la parte de abajo del tapón de hule.

Por otro lado, se instalan los embudos de decantación en las partes izquierdas de los cuellos que se encargaran de proveer agua en el caso de que sea necesario.

- 5- Tubos transportadores de vapor de agua: se instala el cuello derecho una pulgada hacia dentro del 1er balón, y el otro extremo estará casi rozando el fondo del 2do balón. **NOTA:** se debe ajustar la distancia entre los balones con la instalación del tubo transportador de vapor de agua
- 6- Condensador: se ajusta el condensador al cuello derecho del 2do balón con la ayuda del cabezal de destilación,
- 7- Frasco colector: se deja justo debajo del extremo del condensador donde saldrá el líquido destilado, centrado.
- 8- Sistema de enfriamiento: puede usarse un recipiente donde entre sin problema el frasco colector, conteniendo hielo con el fin de retrasar el proceso de volatilidad.

• **Etapas 2: Puesta en marcha**

- 1- Hidratación: se agrega agua a los dos balones, 1/2 de agua en el 1er balón, y en el segundo lo suficiente como para que cubra la cantidad de cascara de naranja triturada. Se deja cargada con agua los embudos de 200mL, listos para usarse.
- 2- Ignición: se encienden los mecheros, la boquilla del mechero debe estar al menos 5cm separado de la rejilla del soporte universal. La llama debe ser de color azul

Observaciones:

- 1- El 1er balón puede hervir a 100°C deliberadamente, más el 2do, que contiene la cascara de naranja debe ser calentado hasta alcanzar una temperatura de 90°C. no debe existir fuga de vapor de agua en los balones, ya que este aumento de

presión contribuye al desprendimiento de aceites esenciales de la cascara de naranja, y apresura el proceso.

2- Se debe tomar en cuenta el diagrama de bloque y de flujo presente en el ítem **2.3**

- **Etapa 3: Procesos físicos y químicos**

En esta etapa se realizan solo procesos físicos y químicos, que involucra la deshidratación de los aceites esenciales, esto para evitar el pronto deterioro de los aceites:

- 1- El aceite esencial separado se procede a agregarse en un beaker de 100mL y se agrega 1 cucharadita de Aluminato de sodio, se mantiene en constante agitación.
- 2- Se agrega a un tamiz para separar a fase líquida de la sólida
- 3- Se obtiene al final el Aceite esencial deshidratado.

Observaciones:

- 1- Se debe tomar en cuenta el diagrama de bloque y de flujo presente en el ítem 2.3

3.1.1. Aislamiento de R-Limoneno de los demás componentes del aceite esencial.

Introducción:

El R-Limoneno es el compuesto más abundante que se encuentra en los aceites esenciales, constituye el 95% del total de los aceites esenciales extraídos de la cascara de naranja. Para lograr aislarlo se utiliza el método de extracción inerte, en el que se emplean disolventes que tienen un límite máximo de residuos que pueden dejar en los productos, en este caso es de 0,02ppm. Este método está basado en el fenómeno de partición, en la que se diluye selectivamente una sustancia, convirtiéndola inmiscible de otra presente

Materiales:

Material	Cantidad	Tamaño	Etapas
Beaker	1	200mL	
Beaker	1	100mL	
Beaker	1	50mL	
Agitador magnético	1	indefinido	
Magneto	1	Indefinido	Única
Embudo de precipitado	1	500mL	
Tamiz	1	No. Maya 60 - 70	
Soporte universal	1	Indefinido	
Pinza nuez	1	Indefinido	

Etapa Única: Extracción de R-Limoneno

Montaje:

- 1- Se conecta el agitador magnético mas no se acciona la opción de calentamiento.
- 2- Se instala el embudo de precipitado en el soporte universal, adherido con la pinza nuez

Puesta en marcha:

- 1- Se coloca el Beaker de 200mL y se agregan los aceites esenciales y diclorometano en porciones 1 a 2, respectivamente. Luego se enciende el agitador magnético (sin

calentamiento) con el magneto agregado, se tantea hasta conseguir la inmiscibilidad de las fases (demás compuestos del aceite esencial arriba y dilución de R-Limoneno abajo).

- 2- Se separan las fases agregando la mezcla a un embudo de precipitado, separando las fases en los beaker de 100mL (para la dilución del R-Limoneno) y 50mL (para los demás componentes del aceite esencial).
- 3- Se agrega en el mismo beaker (de 100mL dos cucharaditas de Sulfato de Sodio Anhidro con el fin de extraer la mayor cantidad de agua disuelta.
- 4- Todo el componente se vierte en un tamiz de tamaño de maya 60 – 70 en numeración (0,250mm – 0,210mm), donde se separan las partes sólidas de las líquidas (R-Limoneno diluido)
- 5- Por último, se vierte en el beaker de 200mL, se agita y se establece a una temperatura de 20°C
- 6- Esperar hasta que deje de evaporizar, y se obtiene el R-Limoneno

CAPITULO IV: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Luego de una minuciosa búsqueda de información y de explicaciones sobre el funcionamiento molecular del R-Limoneno, se obtuvieron los siguientes resultados:

1. La cascara de naranja contiene un aproximado de 1,5% de Limoneno, que se encuentran alojados en vesículas o cámaras de forma parecida a un ovalo, justamente en el flavedo, que corresponde a la parte amarilla de la cascara, la parte blanca corresponde al albedo, rica en pectina. La cantidad de limoneno que se puede extraer, estará en dependencia a las labores culturales que se realicen con la planta y el fruto, como la poda, control de plagas, riego, control de malezas y aplicación de fertilizantes.
2. De las variedades más importantes, la naranja dulce (*Citrus Sinensis*) pertenece a la variedad llamada blanca, esto por las características físicas que presentan, como la forma elipsoidal, de tamaño medio grande, con coloraciones que van desde amarillo-naranja a naranja intenso y son adecuadas para la producción de jugo. Tiene un alto contenido de vitamina C, y algunos minerales como el calcio, potasio y magnesio, además de propiedades antioxidantes.
3. Solo en 2013 se utilizaron 21000 hectáreas para cultivar cítricos, y de todos los cítricos, la naranja comprende el 80% de producción, siendo Estados Unidos el mayor adquisidor de naranjas de América. Para ser procesada debe tener una maduración intermedia, tomando en cuenta que pertenece al grupo de frutos no climatéricos, es decir que no continúan madurando, puede conservarse en una temperatura de 9°C y humedad relativa de entre 85 – 90 %, fuera de estos parámetros, debe procesarse en menor cantidad de tiempo, aunque la calidad de la naranja depende en gran parte del manejo adecuado del huerto”.
4. La cascara de naranja efectivamente resulta ser un contaminante, principalmente del sistema acuífero y de la capa de ozono, por la presencia de limoneno y mirceno, respectivamente. Sus componentes

son capaces de ser combustionados ya que son componentes volátiles, además tiene una alta producción de licores con alta demanda bioquímica de oxígeno.

5. El limoneno está constituido por la unión de dos isoprenos, es decir, la unión de dos moléculas que contienen 5 átomos de carbono y 8 de hidrogeno, cada uno, 10 átomos de carbono y 16 hidrógenos, en una cadena anillada hexagonal con un doble enlace en ella. Es de los compuestos más volátiles. El Limoneno tiene dos enantiomeros, el S-Limoneno y el R-Limoneno, lo que crea la diferencia es la presencia de un carbono asimétrico.
6. Es posible expresar este fenómeno en los giros y la imposibilidad de la superposición por el método Cahn-Ingold-Prelog (o método CIP) basado en los pesos moleculares de los grupos enlazados al carbono asimétrico, también llamado estereocentro. Para ello debe la molecula cumplir 3 requisitos: a) El elemento encadenado o anillado (usualmente el carbono (C)) debe estar unido a 4 grupos diferentes. b) Los grupos unidos son imposibles superponerlos en un plano espacial. c) Debe tener en la cadena o anillo al menos un estereocentro.
7. Los usos que tiene el R-Limoneno está dirigido para fines químicos de laboratorio y uso analítico y de laboratorio; es desaconsejable su utilización en productos que estarían en contacto directo con alimentos, ni para propósitos privados (domésticos), no establece usos específicos finales. Es posible usarse para fines farmacéuticos, como disolvente biodegradable, como combustible, desengrasantes, entre otros.
8. Según los autores referenciados, existen varios métodos bajo los cuales se puede extraer el aceite esencial de la cascara de naranja, pero el más efectivo es el de Destilación por arrastre de vapor, con el que se obtiene un alto rendimiento de extracción. Para obtener el aceite esencial, se deben realizar 5 etapas: Acondicionamiento de la materia prima, Extracción del aceite, Separación, Deshidratación y Filtración. Los métodos de extracción de aceites esenciales por medio de solventes provocan alteraciones significativas e imposibilita la identificación de sustancias presentes.

9. Para extraer el R-Limoneno es necesaria la utilización del método de extracción inerte, con una contaminación de la pureza de aproximadamente 0.02 ppm. Con la utilización de Diclorometano es posible disolver únicamente el compuesto del R-Limoneno de los demás componentes del aceite esencial, posteriormente se decanta y se deshidrata con la utilización de sulfato de sodio, para tener una alta pureza de R-Limoneno.
10. Según las investigaciones realizadas, existe una gran ventaja el poder tener dominio en la industria extractora de R-Limoneno que, aparte de obtener materia prima barata o gratuita, sus procedimientos podrían ser autosustentables, con impactos económicos favorables y duraderos, esto, al proveerse a diferentes industrias el R-Limoneno como materia prima, como por ejemplo la alimenticia (saborizante), industria productora de plaguicidas (por su acción fúngica), incluso al proveer este compuesto puede ser comercializado como patrón, para diferentes investigaciones.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Se logró realizar el estudio sobre la obtención de R-Limoneno a partir de los desperdicios de la cascara de (*Citrus X sinensis*), por el método de destilación por arrastre de vapor, recopilado bibliográficamente en la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, UNAN-Managua, en el periodo septiembre – octubre, 2021. Cuyos resultados arrojaron que existe en gran rendimiento de extracción de aceites esenciales por el método de destilación por arrastre de vapor de agua, y se desaconseja el método inerte para extraerlo.

Además, se logró describir la composición química del principio activo del R-Limoneno, resultando que este compuesto es una mezcla de dos cadenas de isoprenos, unida entre sí por la explicación del enlace de cabeza y cola. Como consecuencia existen dos enantiómeros con el mismo peso atómico, y la misma cantidad de carbonos (10) e hidrógenos (16), más la que corresponde a la naranja dulce es la del R-Limoneno, cuya percepción en el plano, al atravesar luz polarizada, tiene un giro hacia la derecha.

También se analizó el proceso de obtención de R-Limoneno, mediante destilación por arrastre de vapor y sus respectivas implicaciones, que abarcan tanto la preparación de la materia prima, el proceso mismo del destilado, la separación de las fases líquidas (aceite y agua) y luego la deshidratación del aceite esencial con la utilización de aluminato de sodio como coagulante, capaz de atrapar las partículas de agua disueltas en el aceite esencial.

Y, por último, se especificó las diferentes ventajas que tiene el uso del R-Limoneno en las industrias comerciales, tales como la elaboración de productos dentro de la limpieza industrial como desengrasante variando su porcentaje de acuerdo a su aplicación, en la industria de la perfumería y de los insecticidas, además como biocombustible, ya que su punto de inflamación es relativamente bajo, con 48°C c.c.

5.2. Recomendaciones

Se sugieren las siguientes recomendaciones:

- a) Realizar un estudio de mercado con el que se pueda valorar la viabilidad del desarrollo de una microempresa especializada en la extracción de aguas perfumadas con olor a cítricos, aceites esenciales de cascara de naranja y R-Limoneno. Opción relativamente viable ya que los desechos de cascara de naranja son muy altos, como los desechados por la finca Santa Clara, ubicada en Jinotepe, el cual anualmente desechan un promedio de 8 toneladas.
- b) Llevar a cabo los planteamientos expuestos en esta investigación, con los parámetros e indicaciones sugeridas por los autores citados con el que se desarrolle un sistema de destilación para obtener a los aceites esenciales, y posteriormente el R-Limoneno.
- c) Realizar un estudio más profundo sobre la temática, obteniendo el R-Limoneno y caracterizarlo con cromatografía de masas, para valorar los puntos referencia de los autores y los obtenidos experimentalmente.

5.3. Bibliografía

Alvarado, T., & Hernandez, A. (s.f.). *Revistas.sena.edu.co*. Obtenido de Revision de alternativas sostenibles para el aprovechamiento del orujo de naranja: <http://revistas.sena.edu.co/index.php/recia/article/view/1393/1903>

America economica. (1 de Febrero de 2012). Obtenido de Naranja Mecanica: <https://www.americaeconomia.com/negocios-industrias/naranja-mecanica>

Bernal, R., Diaz, A., Henestroza, V., & Trindades, G. &. (s.f.). *studocu.com*. Obtenido de EXTRACCIÓN Y PURIFICACIÓN DE LIMONENO: <https://www.studocu.com/es-ar/document/universidad-nacional-de-quilmes/quimica-organica-i/extraccion-y-purificacion-del-limoneno/5428450>

Brito, M. (17 de Agosto de 2015). *zdocs.tips*. Obtenido de ELABORACION DE DESANGRAZANTE UTILIZANDO RESIDUOS DE CASCARA DE NARANJA: <https://zdocs.tips/doc/naran-ja-36oek05djdpf>

Ceron, i. &. (1 de Octubre de 2010). *publicaciones.eafit.edu.co*. Obtenido de Evaluacion del proceso integral para la obtencion de aceite esencial y pectina a partir de cascara de naranja: <https://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/ingciencia>

Cerutti, M. &. (Junio de 2004). *Dialnet*. Obtenido de INTRODUCCIÓN A LA OBTENCIÓN DE: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3331453.pdf>

Fernandez, G. (10 de Septiembre de 2009). *quimicaorganica.net*. Obtenido de Enantiometros: <https://www.quimicaorganica.net/enantiomeros.html>

Garcia, I., Guzman, M., Brunschot, S., & Brugnatelli, V. &. (s.f.). *Fundacion Canna*. Obtenido de Los terpenos: <https://www.fundacion-canna.es/los-terpenos>

Gutierrez, V. (Mayo de 2017). *formaciontecnicabolivia.org*. Obtenido de Cosecha, post cosecha y transformacion de la naranja: https://formaciontecnicabolivia.org/sites/default/files/publicaciones/guia_cosecha_postcosecha_y_transformacion_de_la_naranja.pdf

Jimenez, M. (2019). *core.ac.uk*. Obtenido de Fraccionamiento al vacío de aceites esenciales: separacion de limoneno: <https://core.ac.uk/download/pdf/323342815.pdf>

KhanAcademyEspañol (Dirección). (2014). *Sistema de nomenclatura R,S (Cahn-Ingold-Prelog) ejemplo 2* [Película].

Lacayo, L. (11 de Junio de 2013). *El Nuevo Diario.com.ni*. Obtenido de Citricos Amenazados: <https://www.elnuevodiario.com.ni/economia/288686-citricos-amenazados/>

MIFIC. (s.f.). *mific.gob.ni*. Obtenido de Oferta Exportable Actual y potencial de Nicaragua 2014: <https://www.mific.gob.ni/Portals/0/Documentos/FomentoExportacion/Ofer taExportableNicaragua2014.pdf?ver=2019-07-26-141328-067>

Morcillo, J. (s.f.). <http://ocw.innova.uned.es/>. Obtenido de Quimica del Carbono: <http://ocw.innova.uned.es/quimicas/pdf/qo/qo05.pdf>

Perez, J. (2019). *expeditiorepositorio.utadeo.edu.co*. Obtenido de Obtencion de aceite esencial y pectinas de la cascara de naranja y diseño de la unidad de extraccion: <https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/7858/Trabajo%20de%20grado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Química Orgánica con Énfasis Biológico. (29 de Octubre de 2020). Obtenido de 3.5: Determinando la configuración estereoquímica — El sistema Cahn-Ingold-Prelog:

[https://espanol.libretexts.org/Quimica/Libro%3A_Quimica_Organica_con_énfasis_Biológico_\(Soderberg\)/03%3A_Conformaciones_y_estereoquímica/3.05%3A_Determinando_la_configuraci%C3%B3n_estereoqu%C3%ADmica_%E2%80%94_El_sistema_Cahn-Ingold-Prelog#:~:text=El%20si](https://espanol.libretexts.org/Quimica/Libro%3A_Quimica_Organica_con_énfasis_Biológico_(Soderberg)/03%3A_Conformaciones_y_estereoquímica/3.05%3A_Determinando_la_configuraci%C3%B3n_estereoqu%C3%ADmica_%E2%80%94_El_sistema_Cahn-Ingold-Prelog#:~:text=El%20si)

Quiroz, A. (2009). *Repositorio.uisek.edu.ec*. Obtenido de Utilización de residuos de cascara de naranja para la preparación de un desengrasante doméstico e industrial:

<https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/407/1/Utilizaci%C3%B3n%20de%20residuos%20de%20c%C3%A1scara%20de%20naranja%20para%20la%20preparaci%C3%B3n%20de%20un%20desengrasante%20dom%C3%A9stico%20e%20industrial>

Rangel, J. (15 de Agosto de 2013). *Congreso Nacional de Ciencia y tecnología Agropecuaria. Somecta*. Obtenido de ARTICULOS in extenso:

https://www.researchgate.net/profile/Hiran-Moran/publication/273448784_Los_maices_criollos_y_su_conservacion_desde_la_perspectiva_de_los_productores/links/5501cf050cf231de076c3baf/Los-maices-criollos-y-su-conservacion-desde-la-perspectiva-de-los-productor

ROTH. (2021). D-(+)-Limoneno ROTICHROM® GC. *carlroth.com*, 1.

Solis, V., Cabrera, V., & Dottori, N. &. (Enero de 2011). *researchgate.net*. Obtenido de Desarrollo de fruto y semilla en *Solanum argentinum* (Solanaceae): https://www.researchgate.net/figure/Anatomia-del-fruto-maduro-A-corte-transversal-por-exocarpo-y-parte-del-mesocarpo-B_fig2_274006341

Telenchana, M. (Abril de 2017). *repositorio.uta.edu.ec*. Obtenido de Desarrollo de un desengrasante de manos en espuma a partir de aceite esencial de cortezas de naranja (*Citrus spp.*) para el Laboratorio Génesis LABGENESIS Cía. Ltda.: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25301/1/BQ%20116.pdf>

todo, Q. e. (Dirección). (2020). *¿QUÉ ES EL LIMONENO? | ESTRUCTURA Y PROPIEDADES. Nivel medio-superior*. [Película].

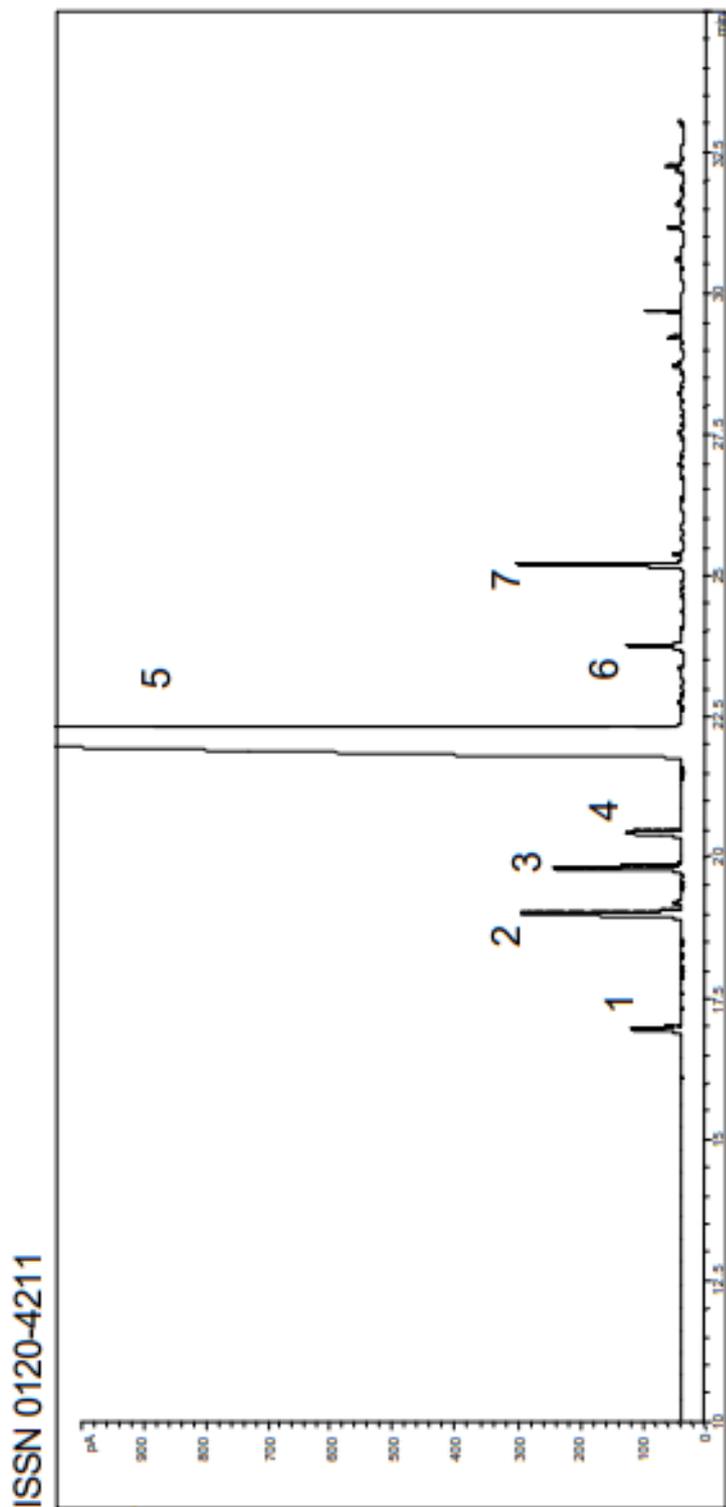
Unknown. (26 de Febrero de 2014). <http://operacionesbasicaslqo.blogspot.com/>. Obtenido de Laboratorio de Química Organica 1: <http://operacionesbasicaslqo.blogspot.com/2014/02/practica-2-arrastre-de-vapor.html>

Virreira, J. &. (2014). *repositorio.unapiquitos.edu.pe*. Obtenido de Caracterización Físicoquímica de las Cascaras de Naranja (*Citrus Sinensis L*) y Pomelo (*Citrus Grandis*) para obtener Bioetanol - Iquitos: https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/4258/Julio_Tesis_T%c3%adtulo_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y

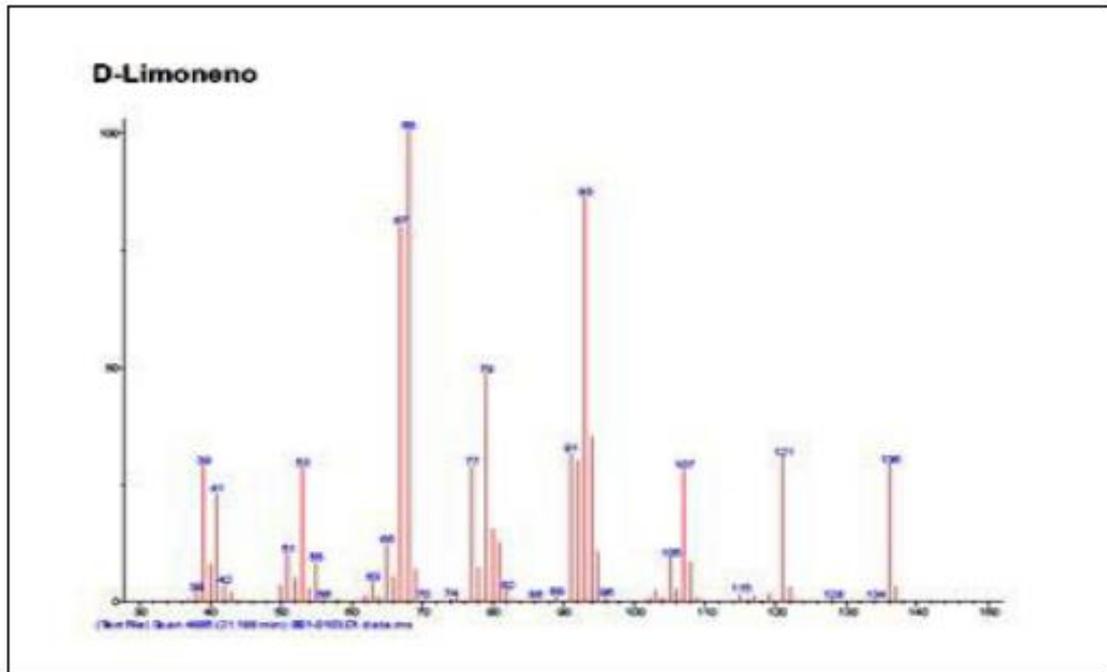
Zambrano, A. (8 de Octubre de 2017). *naturaleza.paradais-sphynx.com*. Obtenido de Naranja, características, variedades, propiedades y beneficios. Naranja árbol: <https://naturaleza.paradais-sphynx.com/plantas/tipos-de-frutas/naranja-tipos-beneficios-naranja-arbol.htm>

Zambrano, R. (2014). *Core.ac.uk*. Obtenido de CONSERVACION DE ZUMO DE NARANJA (*CITRUS SINENSIS*) UTILIZANDO DOSIS DE MIEL DE ABEJA Y CANELA COMO CONSERVANTE NATURAL.: <https://core.ac.uk/download/pdf/157800119.pdf>

5.4. Anexos

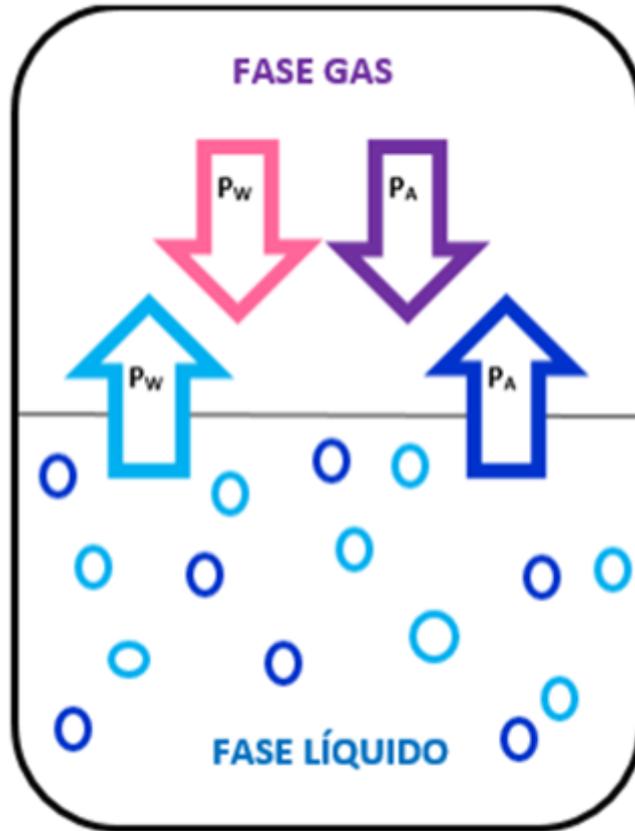


Perfil Cromatográfico del Aceite Esencial de Cáscara de Naranja Dulce *Citrus sinensis*, variedad Valenciana, cultivada en Labateca (Colombia).

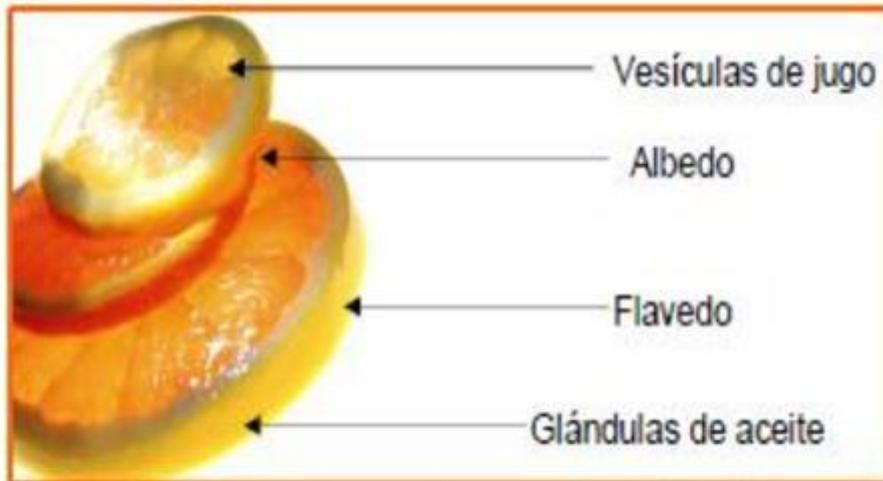


Espectro de masa del componente D-Limoneno. Ref.: proporcionado por Laboratorio de Investigación y Desarrollo UPCH, marzo 2017.

Anexo 2: Espectro de masa del componente R-Limoneno



Anexo 3: Equilibrio Gas - Líquido



Anexo 4: Partes de la naranja