



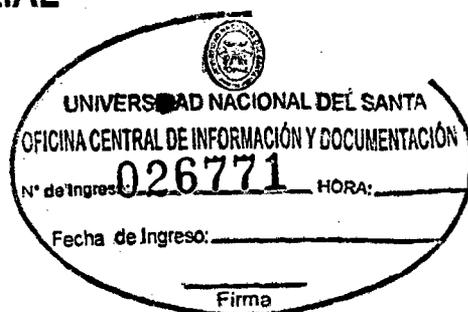
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



**“DENSIDAD DE CARGA Y MÉTODO DE EXTRACCIÓN EN EL
RENDIMIENTO Y CALIDAD DE ACEITE ESENCIAL DE LOS
FLAVEADOS DE DOS VARIEDADES DE NARANJA (CITRUS
SINENSIS)”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

TESISTAS:
Bach. ROBIN OMAR ARROYO GAMEZ
Bach. ROGER ALEXANDER LEON LA ROSA

ASESOR:
Mg. JORGE DOMÍNGUEZ CASTAÑEDA

NUEVO CHIMBOTE - PERÚ - 2014



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL



HOJA DE CONFORMIDAD DE ASESOR

El presente trabajo de tesis titulado: “**DENSIDAD DE CARGA Y METODO DE EXTRACCION EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE ACEITE ESENCIAL DE LOS FLAVEDOS DE DOS VARIETADES DE NARANJA (Citrus Sinensis)**”. Ha contado con el asesoramiento de quien deja constancia de su aprobación. Por tal motivo, firmo el presente trabajo en calidad de Asesor. Designado por RESOLUCION DECANATURAL N° 658 – 2010 – UNS – FI.

Mg. JORGE DOMÍNGUEZ CASTAÑEDA
ASESOR



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL



**TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

*“Densidad de Carga y Método de extracción en el rendimiento y
calidad de aceite esencial de los Flavedos de dos variedades de
Naranja (Citrus Sinensis)”*

TESISTAS

Bach. Robin Omar Arroyo Gamez
Bach. Roger Alexander León la Rosa

Revisado y Aprobado el día 08 de Noviembre de 2013 por el siguiente
Jurado Evaluador, designado mediante Resolución Decanatural N°
202 – 2013 – UNS – CFI:

Dr. Elza Aguirre Vargas
Presidente

Ing. Williams Castillo Martinez
Secretario

Mg. Jorge Dominguez Castañeda
Integrante

AGRADECIMIENTO

- Agradecer a Dios, por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.
- A nuestra Alma Mater la “Universidad Nacional del Santa” en especial a la escuela de Ingeniera Agroindustrial por forjarnos profesionales y poder entregar a la sociedad lo aprendido en este centro de estudios.
- Un agradecimiento especial al Profesor Jorge Domínguez, por la colaboración, paciencia, apoyo y sobre todo por esa gran amistad que me brindó y me brinda, por escucharme y aconsejarme siempre.
- A todos los profesores de la Escuela de Ingeniería Agroindustrial que supieron hacer de nosotros, hoy profesionales.

DEDICATORIA

A Dios por haberme dado salud
para lograr mis objetivos,
además de su infinita bondad y amor.

A mis Padres, Jesús y Beto que han
sabido formarme con buenos sentimientos,
hábitos y valores, lo cual me ha ayudado
a salir adelante buscando siempre el mejor
camino.

Mis hermanos, Vito, Víctor, Miguel y Carmen
por su permanente apoyo espiritual y confianza
hasta lograr nuestra formación profesional

A mi Hijo Fabián que me da fuerza
necesaria para seguir luchando
A mi Abuelo Víctor por brindarme siempre
el apoyo y sus consejos para seguir adelante

ROBIN OMAR ARROYO GAMEZ

DEDICATORIA

A mis Abuelos Alfredo y Luz
Por darme la oportunidad y
ser una gran persona en la vida

A mi Esposa Sherly y mi hijo Aaron por
todo el amor que me brinda en la vida
para lograr todos los objetivos trazados

A mis Padres y mi hermana
Con todo el cariño y gratitud eterna
Para ellos por haberme brindado su
confianza y comprensión durante toda
la vida.

ROGER ALEXANDER LEON LA ROSA

INDICE GENERAL

	Pág.
CONTENIDO	
I. INTRODUCCIÓN.....	01
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	03
2.1 MATERIA PRIMA.....	03
2.1.1. Definición.....	03
2.1.2. Generalidades.....	04
2.1.3. Taxonomía y Morfología.....	04
2.1.4. Origen	05
2.1.5. Naranja en el Perú.....	06
2.1.6. Composición de la Naranja.....	08
2.1.7. Variedades de la Naranja.....	14
2.2. ACEITES ESENCIALES.....	17
2.2.1. Definición	17
2.2.2. Composición Química.....	19
2.2.3. Biogénesis Terpenoides y Fenilpropanoides.....	23
2.2.4. Fuentes y ubicación de los Aceites Esenciales en la planta..	26
2.2.5. Propiedades Fisicoquímicas.....	27
2.2.6. Características Químicas de los Aceites Esenciales.....	28
2.2.6.1. Hidrocarburos Monoterpericos.....	30
2.2.6.2. Alcoholes.....	30

2.2.6.3.	Aldehidos.....	31
2.2.6.4.	Fenoles.....	32
2.2.6.5.	Eteres Fenólicos.....	32
2.2.6.6.	Cetonas.....	32
2.2.6.7.	Eteres.....	33
2.2.6.8.	Esteres.....	34
2.3.	APLICACIONES DE ACEITES ESENCIALES.....	34
2.4.	ACEITE ESENCIAL DE LOS FLAVEDOS DE NARANJA.....	36
2.4.1.	Factores que Afectan en el Rendimiento de Aceites en las Cascaras	36
2.4.2.	Usos del Aceite Esencial de Cáscara de Naranja.....	37
2.4.3.	Limoneno.....	38
2.5.	METODOS DE OBTENCIÓN DE ACEITES ESENCIALES.....	39
2.5.1.	Destilación.....	40
2.5.2.	Hidrodestilación.....	41
2.5.3.	Destilación Agua Vapor.....	41
2.5.4.	Destilación por Arrastre con Vapor.....	42
2.5.5.	Destilación Mixta.....	44
2.5.6.	Hidrodestilación asistida por la radiación de microondas.....	44
2.5.7.	Expresión.....	44

III.	MATERIALES Y METODOS.....	46
3.1	MATERIALES.....	46
3.1.1	Materia Prima.....	46
3.1.2	Reactivos.....	46
3.1.3	Material de Vidrios y Otros	46
3.2	EQUIPOS.....	47
3.3	METODOS.....	47
3.3.1	Muestreo de la Materia Prima.....	47
3.3.2	Composición Física de la Naranja.....	48
3.3.3	Composición Químico Proximal de la Cascara de Naranja.....	49
3.3.4	Del Proceso de extracción de Aceite Esencial.....	50
3.3.5	Análisis Físicoquímico del Aceite Esencial.....	55
3.3.6	Diseño Experimental.....	55
3.3.7	Diseño Estadístico.....	56
3.3.8	Técnicas e Instrumentación, Procesamiento y Análisis de datos...	58
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	59
4.1	MATERIA PRIMA	59
4.1.1	Evolución del Color de la Naranja.....	59
4.1.2	Composición Física de la Naranja.....	60
4.1.3	Composición Químico proximal de los Flavedos de Naranja.....	61

4.2 DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE FLAVEDOS DE NARANJA.....	63
4.2.1 Cálculo de Rendimiento y Eficiencia.....	63
4.2.1.1. Rendimiento.....	63
4.2.1.2. Eficiencia.....	68
4.3 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICA DEL ACEITE ESENCIAL.....	71
4.3.1 Índice de Refracción.....	71
4.3.2 Densidad.....	73
4.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	75
4.4.1 Análisis Estadístico del Rendimiento.....	75
4.4.2. Análisis Estadístico del Índice de Refracción.....	77
4.4.3. Análisis Estadístico de la Densidad.....	78
4.5 PRUEBA DE COMPOSICIÓN DE MEDIAS (Tuckey) PARA EL RENDIMIENTO.....	79
V. CONCLUSIONES.....	84
VI. RECOMENDACIONES.....	85
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	86
ANEXOS.....	90

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
FIG. 01 : Materia Prima.....	03
FIG. 02 : Superficie Nacional de Citricos.....	07
FIG. 03 : Producción Nacional de Naranja.....	08
FIG. 04 : Partes de la Naranja.....	11
FIG. 05 : Naranja Variedad Huando.....	14
FIG. 06 : Naranja Variedad Valencia.....	17
FIG. 07 : Estructura Química de los Terpenoides.....	21
FIG. 08 : Rutas de Biosíntesis de los Metabolitos Secundarios	24
FIG. 09 : Citral.....	31
FIG. 10 : Limoneno.....	39
FIG. 11 : Equipo Básico para extraer Aceite Esencial.....	45
FIG. 12 : Diagrama de Flujo la Extracción de A. E. de Cáscara de Naranja	53
FIG. 13 : Equipo de Extracción de Aceite Esencial para Arrastre de Vapor.....	54
FIG. 14 : Equipo de Extracción de Aceite Esencial por Hidrodestilación.....	54
FIG. 15 : Diseño Experimental para el Estudio de la Extracción de Aceite Esencial de la Cáscara de Naranja.....	55
FIG. 16 : Rendimiento de Aceite Esencial según Densidad de Carga y Método de Extracción en Naranja Variedad Valencia.....	66

FIG. 17 : Rendimiento de Aceite Esencial según Densidad de Carga y Método de Extracción en Naranja Variedad Huando.....	66
FIG. 18 : Comportamiento del Rendimiento Durante la Extracción del Aceite Esencial en la Naranja Variedad Valencia	67
FIG. 19 : Comportamiento del Rendimiento Durante la Extracción del Aceite Esencial en la Naranja Variedad Huando	67
FIG. 20 : Eficiencia de Proceso según Densidad de Carga en Naranja Variedad Valencia.....	70
FIG. 21 : Eficiencia de Proceso según Densidad de Carga en Naranja Variedad Huando.....	70
FIG. 22 : Eficiencia del Proceso según Método de Extracción.....	71
FIG. 23 : Índice de Refracción en el A. E. según Variedad de Naranja.....	73
FIG. 24 : Densidad del Aceite según Variedad de Naranja.....	75

INDICE DE CUADROS

	Pág
CUADRO N° 01 : Composición Química proximal de la Cascara de Naranja	13
CUADRO N° 02 : Grupos Funcionales de los A. E. según Categoría.....	29
CUADRO N° 03 : Aplicaciones de los Aceites Esenciales.....	35
CUADRO N° 04 : Ventajas y Desventajas de las Técnicas de Obtención de los AEs	43
CUADRO N° 05 : Análisis de Variancia para Evaluar el Aceite Esencial de la Cáscara De Naranja.....	57
CUADRO N° 06 : Evaluación del Color de la Cáscara de Naranja según Variedad..	60
CUADRO N° 07 : Composición Física de la Naranja según Variedad.....	61
CUADRO N° 08 : Composición Química proximal de los Flavedos de Naranja Según Variedad por (g/100g bs).....	62
CUADRO N° 09 : Rendimiento (%) en Aceite Esencial de los Flavedos de Naranja Según Densidad de Carga Variedad y Método de Extracción...	65
CUADRO N° 10 : Eficiencia del Proceso de Extracción según Densidad de Carga Variedad y Método de Extracción.....	69

CUADRO N° 11 : Índice de Refracción del Aceite Esencial según Densidad de Carga Variedad y Método de Extracción.....	72
CUADRO N° 12 : Densidad del Aceite Esencial según Densidad de Carga, Variedad y Método de Extracción.....	74
CUADRO N° 13 : Análisis de Varianza para la Evaluación del Rendimiento....	76
CUADRO N° 14 : Análisis de Varianza para la Evaluación del Índice de Refracción	78
CUADRO N° 15 : Análisis de Varianza para la Evaluación de la Densidad.....	79
CUADRO N° 16 : Prueba de Comparación de medias para Rendimientos.....	81
CUADRO N° 17 : Prueba de Comparación de Medias para Rendimiento según Interacciones ABC.....	83

RESUMEN

En este trabajo se presenta un estudio del efecto de la densidad de carga (0.4; 0.6 y 0.8 Kg/l de cascara) y de los métodos de extracción (hidrodestilación y arrastre de vapor) en rendimiento y calidad del aceite esencial extraído a partir de los flavedos de naranja Valencia y Huando, evaluado a través de balance de materia, índice de refracción y densidad. Actualmente, el sector industrial de cítricos a través de diferentes líneas deja como residuos cantidades considerables de cascara, que en muchas veces en estado fresco son arrojados a los votadores, sin ser aprovechados. Como tal una alternativa es destinar estos a la línea de los aceites esenciales que por su uso y alta demanda, es necesario conocer los parámetros que pueden influenciar durante el proceso de extracción. Los resultados demuestran que el rendimiento del aceite esencial obtenido se ve influenciado proporcionalmente por la densidad de carga, naturaleza y por los métodos de extracción de hidrodestilación y arrastre de vapor. El rendimiento en base seca promedio del aceite esencial a partir de la variedad Valencia fue de 2.0% y de la variedad Huando de 0.74%, según el método de hidrodestilación se alcanzó 1.45% y mediante arrastre de vapor 1.29% con densidad de carga de 0.4Kg/L. Por otro lado, los parámetros de calidad de los aceites arrojaron un índice de refracción de 1.47, densidad de 0.84g/ml, estadísticamente no fueron influenciados por la densidad de carga y método de extracción, más si por efecto de la variedad. Concluyéndose que la densidad de carga de 0.6 Kg/l, con el método de hidrodestilación y con la variedad de naranja Valencia se obtuvo el más alto rendimiento de 2.13% y una eficiencia del 90.49%.

ABSTRACT

This paper presents a study of the effect of the charge density (0.4, 0.6 and 0.8 kg / l shell) and extraction methods (hydrodistillation and steam distillation) on yield and quality of essential oil extracted from the Valencia orange flavedos Huando evaluated through mass balance, refractive index and density. Currently, the citrus industry through different lines left as waste considerable amounts of shells, which at many times in the fresh state are thrown to the voters, without being exploited. As such an alternative is to allocate these to the line of essential oils for their use and high demand, it is necessary to know the parameters that can influence over the extraction process. The results demonstrate that the yield of essential oil obtained is proportionally influenced by the charge density, nature and methods of extraction and steam stripping hydrodistillation. The average dry basis yield of essential oil from Valencia range was 2.0% and the range of 0.74% Huando according hidrodestilación method 1.45% was achieved by steam stripping and 1.29% charge density of 0.4 kg / L. Furthermore, the quality parameters of the oil showed a refractive index of 1.47, density 0.84g/ml, statistically were not influenced by the charge density and extraction method, especially if the effect of the variety. Concluding that the charge density of 0.6 Kg / l, with the method and with the variety hidrodestilación Valencia orange was obtained higher yield 2.13% and an efficiency of 90.49%.

I. INTRODUCCIÓN

El sector industrial de cítricos permite dar valor agregado a éstos, obteniendo productos como jugos, concentrados, néctares, purés, pastas, pulpas, mermeladas entre otros, sin embargo, no son aprovechados íntegramente, su elaboración dejan subproductos como cáscaras (albedo y flavedo), semillas, membranas y vesículas del jugo, representando aproximadamente el 50% del peso de la fruta entera original. Estos pueden ser empleados como nutrientes en alimentación animal, comercializados en forma de pellets, pero sus precios no son lo suficientes altos para proporcionar rentabilidad al proceso, de manera que el desarrollo de productos alternativos de mayor valor agregado beneficiaría a los productores de frutos cítricos.

Una de las alternativas son los aceites esenciales (AE) que pueden obtenerse a partir de los residuos cítricos. Los AE sirven como materias primas para la industria de fragancias y sabores, como tal, se ha transformado en una de las áreas de investigación y desarrollo más importantes para muchos países, especialmente en aquellos donde su producción es considerable.

Los aceites esenciales son las fracciones líquidas volátiles, generalmente obtenidos por destilación con arrastre con vapor de agua e hidrodestilación, que contienen las sustancias responsables del aroma de las plantas y que son importantes en la industria cosmética (perfumes y aromatizantes), de alimentos (condimentos y saborizantes), farmacéutica, agricultura (insecticidas) entre otros.

Debido al interés cada vez mayor, de dar valor agregado a nuestras materias primas como a las cáscaras de diversas variedades de naranja, que en la actualidad en nuestro país su disponibilidad se ha incrementado, por el alto consumo de naranja y que muchas veces termina siendo eliminado junto a los basurales, surge la necesidad

de realizar estudios más minuciosos y profundos a fin de aprovechar al máximo las bondades.

Fundamentada la investigación, el objeto del presente estudio fue determinar el efecto de la densidad de carga (0.4; 0.6 y 0.8 Kg/l de cáscara) y de los métodos de extracción (hidrodestilación y arrastre de vapor) en el rendimiento y calidad de aceite esencial de los flavedos de dos variedades de naranja (Valencia y Huando) evaluado mediante balance de materia, índice de refracción, densidad, cuyos objetivos específicos son:

- Determinar el rendimiento del aceite esencial de los flavedos de naranja (*Citrus sinensis*), según las variedades Valencia y Huando, densidad de carga (0.4; 0.6 y 0.8 Kg/l de cáscara) y métodos de extracción (hidrodestilación y arrastre de vapor).

- Evaluar el efecto de la densidad de carga (0.4; 0.6 y 0.8 Kg/l de cáscara) y métodos de extracción (hidrodestilación y arrastre de vapor) en la calidad del aceite esencial extraído a partir de los flavedos de las variedades de naranja Valencia y Huando.

II. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

2.1 Naranja

2.1.1 Definición

La naranja es un fruto cítrico de nombre científico *Citrus sinensis*, que consta de varios carpelos o gajos fáciles de separar, cada una de los cuales contiene una pulpa de color variable entre el anaranjado y rojo, jugosa y succulenta; además posee varias semillas y numerosas células jugosas, cubiertas por un exocarpo coriáceo o cáscara de color anaranjado cuyo interior es blanco, que contiene numerosas glándulas llenas de aceites esenciales. (Sagarpa, 2009).

El naranjo es un árbol perteneciente a la familia de las Rutáceas, de unos 5 metros de altura, bien vestido de hojas de unos hermosos colores verdes, lustrosos, duros y ovalados. Su flor es el azahar y su fruto la naranja que es exuberante y con fuerte olor característico. Además el naranjo es un árbol espinoso originario de la China y de allí se extendió su uso por todo el mundo. Generalmente se utilizan las hojas, las flores, los frutos y la concha de éstos o epicarpo. El fruto contiene vitaminas A, B y C, azúcares y minerales. (Cazabone, C., 2009). (figura 1).



Figura 1. Naranja (*Citrus sinensis*)

2.1.2 Generalidades

La unidad experimental para el estudio son los flavedos de la naranja, especie originaria del Asia. Pertenece al genero Citrus de la familia de la rutáceas, la que comprende alrededor de 1600 especies diferentes; siendo la familia citrus la más importante con aproximadamente 20 especies.

Los frutos, los cuales pertenecen a la categoría de hesperidios, son aquellos que contienen la materia carnosa entre el endocarpio y las semillas; son de amplio uso tanto para el consumo directo, como en la industria, donde se le usa desde la producción de alimentos hasta a nivel cosmético.

Las naranjas dulces se clasifican en cuatro grandes grupos (Infoaghro.com), los cuales son navel, blancas sangre y sucreñas.

2.1.3 Taxonomía y morfología

Familia : Rutáceas

Género : Citrus

Especie : Citrus sinensis

Porte : Reducido (3 – 5 m); ramas poco vigorosas.

Hojas: Limbo grande, alas pequeñas y espinas no muy acusadas.

Flores : Ligeramente aromáticas, solas o agrupadas con o sin hojas. Los brotes con hojas son los que mejores frutos dan.

Frutos : Hesperidio Consta del exocarpio (flavedo; presenta vesículas que contienen aceites esenciales), mesocarpo (albedo, pomposo y de color blanco) y endocarpio (pulpa, presenta tricomas con jugo).

La variedad navel presenta frutos supernumerarios (ombligo), que son pequeños frutos que aparecen dentro del fruto principal por una aberración genética. Tan solo se produce un cuaje del 1%, debido a la escisión natural de las flores, pequeños frutos y botones cerrados. Para mantener un mayor porcentaje de cuajado es conveniente refrescar la copa mediante riego por aspersión, dando lugar a una ralentización del crecimiento, de forma que la carga de frutos sea mayor y de menor tamaño. El fenómeno de la partenocarpia es bastante frecuente (no es necesaria la polinización como estímulo par el desarrollo del fruto). Existen ensayos que indican que la polinización cruzada incrementaría el cuaje, pero el consumidor no desea las naranjas con semillas. Algunos sufren apomixis celular (se produce un embrión sin que haya fecundación).

2.1.4 Origen

Los cítricos se originaron hace unos 20 millones de años, en el sudeste asiático. Desde entonces hasta hoy han sufrido numerosas modificaciones debidas 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,

descubrimientos de América, etc. Mutaciones espontáneas han dado origen a numerosas variedades de naranjas que actualmente conocemos.

De muy lejana fecha, los chinos cultivaron ya 2500 años antes de nuestra era la naranja dulce.

Los árabes por su parte introdujeron a España hacia el siglo X la naranja agria –naranja árabe- con la lima, el limón y el limón dulce. Estos frutos amargos y ácidos en su origen evolucionaron para dar lugar a las especies comestibles actuales: naranja, limón, naranja agria, toronja, mandarina, clementina, kunquat, bergamota y pomelos.

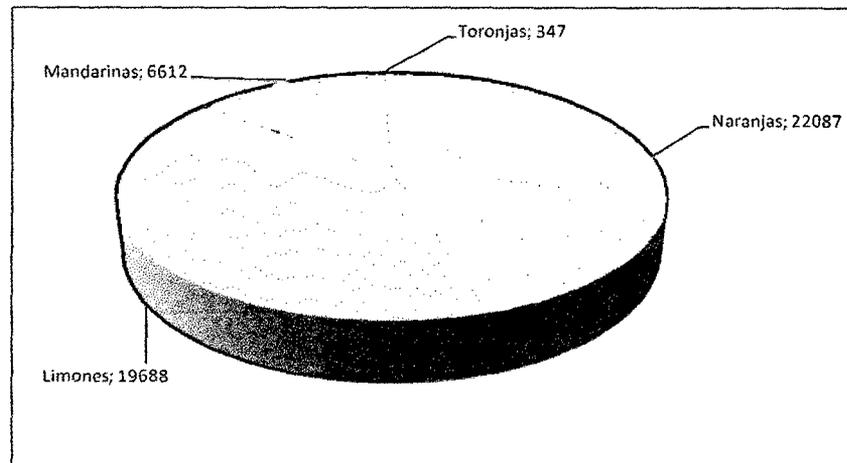
2.1.5 Naranja en el Perú

El Perú produce cítricos especialmente de las siguientes variedades naranjas (Valencia, Washington Navel, New Hall, Navel Late y lane Late); mandarinas (Satsumas, algunos tipos de clementinas, Murcott, Malvasio, Kara, DFancy, King, Pixie y algunos, híbridos como Fortunas y Novas; tangelos (Minneola) y Limas y Limones (Limón sutil y Lima Tahiti).

La producción nacional de cítricos para el año 2008 fue de 48734 hectáreas (MINAG), distribuidos de la siguiente manera (ver figura 2):

- Naranjas 22087 has (43%),
- Mandarinas 6612 has (20%),
- Limas y Limones 19688 (36%),
- Toronjas 347 has (1%)

- La mayor productividad en cítricos las tienen las mandarinas (Satsumas, Clementinas y Tangerinas) con 20.13 TM/ha, seguida de las naranjas con 13.26 TM/ha, las limas y limones con 1.43 TM/ha y las toronjas y pomelos con 10.62 TM/ha.



Fuente: MINAG, FAO (2009).

Figura 2. Superficie nacional de cítricos (Ha)

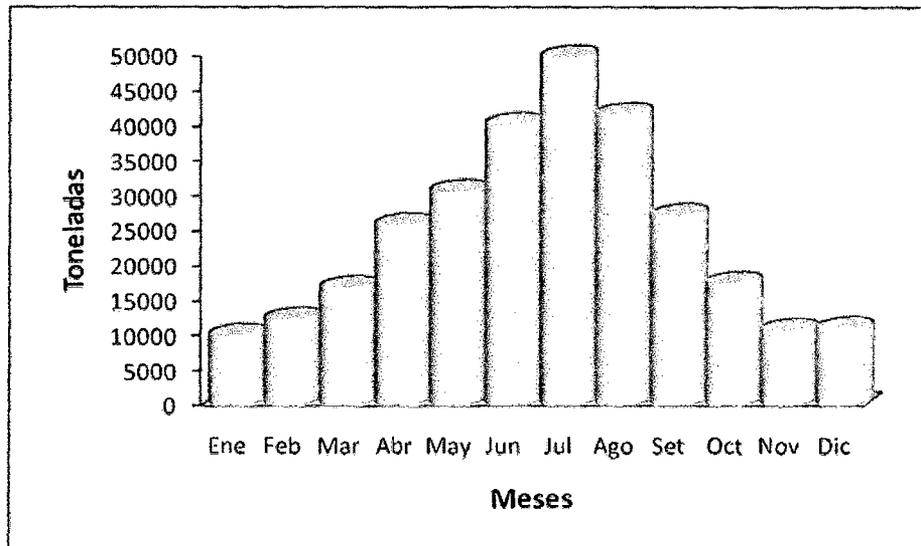
Producción de naranjas

Las principales zonas productoras de naranjas son: Junín, lima, Puno, San Martín, Cuzco, Ica, Huánuco y Cerro de Pasco.

El año 2008 se produjeron 292780 TM de naranjas. Junín y Lima, concentraron el 61.7 de la producción nacional con 8684 has y 1912 has respectivamente, lo que representa el 66.9% de la superficie cultivada.

Los mayores rendimientos registraron los departamentos de Lima con 26.79 TM/ha y Pasco con 19.92 TM/ha, Junín con 14.73 TM/ha e Ica con 13.95 TM/ha.

La producción nacional es estacional, los mayores volúmenes comercializados se da entre los meses de junio y agosto, donde se concentran más de 40000 TM mensuales como lo apreciamos en la figura 3.



Fuente: MINAG (2009).

Figura 3. Producción nacional de naranjas.

2.1.6 Composición de la naranja

La naranja es un hesperidio, que es una variante de la baya. Consta de varios carpelos o gajos fáciles de separar, cada uno de los cuales contiene una pulpa, de color variable entre anaranjado y el rojo, jugosa y succulenta, varias semillas y numerosas células cubiertas o por un exocarpo coriáceo o cáscara de color anaranjado cuyo interior es blanco, que contiene numerosas glándulas llenas de aceites esenciales. Entre las variables más comunes se encuentran las naranjas amargas y dulce y el mandarino.

La naranja forma parte del género Citrus, de la familia de las Rutáceas (Rutaceae). El naranjo dulce es Citrus sinensis; el amargo, Citrus aurantium, y el mandarino, Citrus reticulata (Kimball, 1991).

Proviene originalmente del sureste de china e indochina, la cual fue usada principalmente en un principio para propósitos medicinales y par la elaboración de dulces. Esta puede ser comida fácilmente con la mano, y es usada en ensaladas, jugos frescos y para jugos concentrados.

2.1.6.1 Capa externa (cáscara)

La capa externa de una fruta cítrica está formada por una cáscara o piel, la cual incluye dos capas principales, la interna y la externa, la capa externa incluye el flavedo cuya pigmentación depende del tipo de fruta, el albedo que forma parte de la capa interna y es incolora.

El flavedo consiste en un epicarpio, que consta de hipodermis, de un mesocarpio externo y de glándulas de aceite con una capa protectora multilaminar o cutícula de estructura compleja y junto con esta se encuentra una capa sobre el epicarpio separada por una capa de pectina donde su color depende de la presencia de pigmentos como las clorofilas, carotenoides y xantofilas (Soule y Grierson, 1986).

El saco carpelar consiste de una red de celular parenquitomatosas con numerosos espacios de aire como parte del mesocarpio interno. Las células del albedo son células unidas y el tamaño

celular varía con la madurez del fruto, si se llega a presentar la penetración de algún hongo a través de las células del saco carpelar, se inicia la infección del fruto.

2.1.6.2 Estructura interna

Una serie de segmentos triangulares en forma de luna, se encuentran alrededor del centro de la fruta cítrica, los cuales constituyen los gajos rodeados por una membrana llamada endocarpio, que permite que un gajo se pueda separar de los demás. Internamente cada gajo consta de dos constituyentes principales, el jugo o pulpa, y las semillas (Wardowski et al, 1986).

Las vesículas del jugo son sacos multicelulares con tallo y encierran a las del aceite en el centro. Las vesículas se encuentran unidas por el tallo a un sistema de haces basculares.

La forma y el tamaño de las semillas varían dependiendo de la especie el fruto, y hay unas que no tienen. El eje central de los cítricos está compuesto del mismo tipo de tejido que el albedo y en algunos cítricos, como las mandarinas y sus híbridos, tiene un espacio central (Soule y Grierson, 1986).

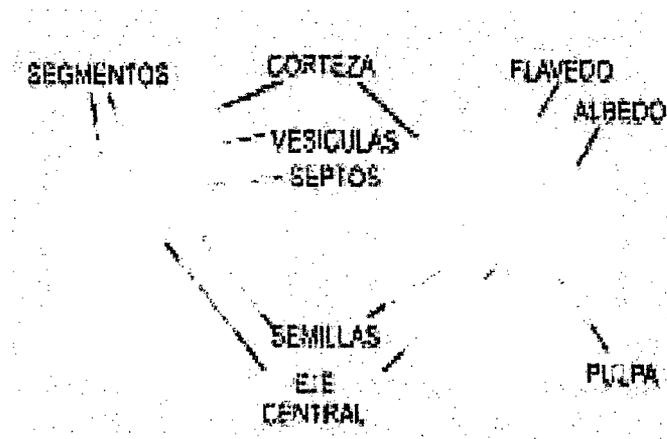


Figura 4. Partes de la naranja

2.1.6.3 Composición nutricional

Las características nutricionales de la naranja ayudan al fortalecimiento de las defensas del organismo, debido a su contenido de vitaminas C, B1, B2, B3, B5, B6 y E; sales minerales, ácidos orgánicos, pectina, componentes que fortalecen la circulación y propiedades anti cancerígenas en el estómago (Espinal, 2005).

Calorías. Contiene un alto nivel de calorías, la mitad de las calorías son provenientes de la sacarosa y oligosacaridos (Kimball, 1991).

Proteínas. El contenido de nitrógeno se ha reportado que puede ser de 60 a 120 mg. Por 100 ml de jugo de naranja (Ting, 1976). En general los productos cítricos se consideran bajo en proteína.

Carbohidratos. Carbohidratos complejos o polisacáridos como la pectina, hemicelulosa y celulosa ocurre en significantes

proporciones en los productos cítricos, en comparación con los carbohidratos mayoritarios como son la sacarosa, los oligosacaridos (Harding y Lewis, 1940).

Vitamina C. Contiene niveles altos de ácido ascórbico, es muy estable en productos como jugos y se degrada con el almacenamiento. Los grandes cambios, especialmente en color, y sabor, que tienen lugar durante el almacenamiento de las frutas y hortalizas corren paralelos con la disminución progresiva del ácido ascórbico que poseen (Braverman, 1998). Por ejemplo, el oscurecimiento de los cítricos durante su almacenamiento, se ha visto que se produce después de que todo el ácido ascórbico ha sido irreversiblemente oxidado.

Para prevenir la oxidación de la vitamina C al manipular los alimentos, deben observarse algunas precauciones. Debe inactivarse la enzima ascorbinasa, lo que es muy importante en la deshidratación de frutas y hortalizas que se suele realizar escaldando. También deberá evitarse el oxígeno tanto como sea posible, y se deberán eliminar vestigios de cobre en el equipo de elaboración del producto final (Braverman, 1967). La vitamina C, contribuye en la elaboración del hierro, actividad antioxidante, crecimiento en el cuerpo humano, curación de heridas, síntesis de polisacáridos y colágeno; formación de cartilago, huesos y dientes. Los humanos no pueden sintetizar esta vitamina, y es necesario obtenerla de fuentes externas (Kimball, 1991).

En el cuadro 1, se observa la composición fisicoquímica de la cascara de naranja, en el cual se observa los componentes principales, como la materia seca, proteína, carbohidratos, fibra y cenizas que se encuentran en mayor proporción y aquellos denominados trazas, como ciertos minerales, vitaminas y aminoácidos en menor proporción.

**Cuadro 1. Composición química proximal (100 gr. de muestra)
de la cáscara de naranja**

Componentes principales (%)	Materia seca	90,00
	Proteína	6,00
	Carbohidratos	62,70
	Grasas	3,40
	Fibra	11,00
	Cenizas	6,90
Minerales (%)	Calcio	2,00
	Magnesio	0,16
	Fosforo	0,10
	Potasio	0,62
	Azufre	0,06
Vitaminas (mg/Kg)	Colina	770,00
	Niacina	22,00
	Ac. Pantoténico	14,96
	Riboflavina	22,20
Aminoácidos (%)	Arginina	0,28
	Cistina	0,11
	Lisina	0,20
	Metionina	0,11
	Triptofano	0,06

Fuente: Demian A. y Solomon N., 1998

2.1.7 Variedades de naranja

- **Huando**

Los árboles de esta variedad no tienen un vigor y tamaño medios, con hábito de crecimiento ligeramente caído y poca adaptabilidad a condiciones climáticas extremas, tales como tiempo seco y caluroso durante la floración.

El fruto es de madurez precoz, grande, redondo o ligeramente ovalado, con un ombligo bien formado, en ocasiones oculto, pero a menudo prominente. La corteza es ligeramente rugosa, de grosor normal, bastante frágil pero fácil de pelar.

Si se cultiva en climas subtropicales mediterráneos, el color de la corteza es naranja intenso, pero en Brasil, donde se cultiva en pequeñas cantidades, las cálidas y húmedas condiciones semitropicales inducen una pobre coloración.

Los gajos se separan con facilidad; la pulpa es firme, tierna y fundente, moderadamente jugosa y dulce, con adecuada acidez. Permanece bien en el árbol excepto cuando se cultiva en condiciones poco favorables o sobre un patrón demasiado vigoroso, ocasionando a veces una granulación que puede seguir desarrollándose tras la recolección.



Figura 5. Naranja variedad Huando

- **Valencia**

Dado su nombre, se cree que la Valencia es de origen español. Sin embargo, se tuvo conocimiento de ella por primera vez en las Azores y es, casi con toda seguridad, de origen portugués.

Ninguna otra variedad tiene una historia tan fascinante como la de la Valencia. En la actualidad es la naranja más importante del mundo. Enviada desde las Azores hacia 1860 a Thomas Rivers, viverista de Sawbridgeworth, Inglaterra, recibió primero el nombre de *Excelsior*. Rivers observó que se trataba de una variedad tardía y pensó que sería apropiada para el cultivo en invernadero en las casas de campo. Rivers envió árboles de *Excelsior* y de otras variedades a S.B. Parsons, de Long Island, EEUU, en 1870, quien a su vez proporcionó a A.B. Chapman, de San Gabriel, California, en 1876, y a F.H. Hart, de Federal Point, Florida, al año siguiente. Chapman le dió el nombre *Rivers Late* y Hart el de *Hart's Tardif* (o Hart Late).

En 1887 la Rivers Late recibió un nuevo nombre, Valencia Late, tras la visita de un experto citrícola español, que observó gran parecido con una naranja tardía de la región de Valencia. Una década más tarde, los expertos declaraban que Hart Late y Valencia Late eran la misma variedad. Pronto se reconocieron sus extraordinarias cualidades, de modo que la Valencia iba a cambiar la producción citrícola a escala mundial, y hoy es la variedad líder de muchos países productores: Argentina, Australia, California, Florida, Marruecos, Sudáfrica, Uruguay. También es importante en Brasil, Israel y otros países. Curiosamente no se ha cultivado mucho en España, pero actualmente está aumentando su cultivo y ha dejado atrás a la Verna,

pasando a ser la variedad tardía más importante, aunque sólo representa el 8% de la producción anual de naranja.

El árbol es vigoroso, con hábito de crecimiento erecto, grande y muy productivo, aunque con tendencia a la vecería. El tamaño del fruto va de medio a grande, es redondo y ligeramente alargado, con una corteza bien coloreada, bastante delgada y lisa, aunque a veces algo rugosa. Es propensa al creasing (clareta) especialmente sobre algunos patrones. No resulta difícil de pelar cuando está totalmente madura. La corteza es delgada y consistente, y la pulpa tiene buen color, con un alto contenido en zumo de atractivo color y sabor, en ocasiones ligeramente ácido. Suele tener de dos a cuatro semillas. Es la variedad de madurez más tardía de todas las variedades de naranjo dulce (con la excepción de la Natal en Brasil) y puede permanecer en el árbol hasta el verano en buenas condiciones comerciales, aunque la corteza tiende a reverdecer.

Es más, cuanto más tarde se recolecta, más pequeña es la siguiente cosecha debido a la influencia que ejerce el fruto en la floración del año. En regiones tropicales la corteza, como en otras variedades, nunca adquiere buen color y es a menudo verdosa, demasiado delgada y adherida, mientras que la pulpa y el zumo presentan un color naranja más pálido que la Valencia que se cultiva en climas mediterráneos de tipo sub tropical. El zumo de la Valencia es muy bueno para la transformación, siendo de color naranja intenso; el fruto soporta el transporte y se conserva muy bien.

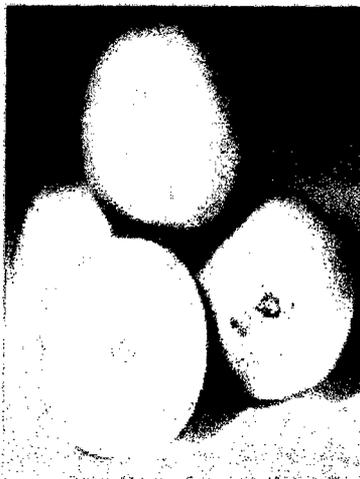


Figura 6. Naranja variedad Valencia

2.2 Aceites esenciales

2.2.1 Definición

Los aceites esenciales son concentrados aceitosos que se extraen de las hojas, flores, semillas, corteza, raíces o frutos de diversas plantas por medio de varios procesos como por ejemplo, el de arrastre por vapor, extracción por solvente o extracción con fluidos supercríticos. Generalmente estos aceites se evaporan al contacto con el aire, por lo que también son conocidos como aceites volátiles. Los aceites esenciales tienen una enorme cantidad de usos y se obtienen tanto de las plantas cultivadas como de plantas silvestres. En 1998, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), estimó que existen alrededor de 3,000 aceites esenciales conocidos a nivel mundial, de los cuales aproximadamente el 10% tienen importancia comercial.

Son mezclas homogéneas de compuestos químicos orgánicos, provenientes de una misma familia química, terpenoides. Tienen la propiedad en común,

de generar diversos aromas agradables y perceptibles al ser humano. A condiciones ambientales, son líquidos menos densos que el agua, pero más viscosos que ella. Poseen un color en la gama del amarillo, hasta ser transparentes en algunos casos (Gunther, 1948).

Los aceites esenciales, son los principales productos aromáticos que existen en diversas partes de las plantas. Debido a que se evaporan por exposición al aire a temperatura ambiente, se denominan: aceites volátiles, aceites etéreos, aceites esenciales o esencias. (Badui, S., 1984).

Los cítricos son las frutas más populares utilizadas en la obtención de bebidas naturales; el sabor de los mismos se encuentra entre los más apetecidos a nivel mundial. La fruta cítrica es bastante compleja.

Está compuesta por una cáscara gruesa que le proporciona protección contra los daños. La superficie exterior se conoce como el pericarpio o flavedo y contiene el aceite y los pigmentos de la cáscara. Seguidamente está la capa blanca esponjosa llamada mesocarpio, que es rica en pectina. El jugo interior que contiene el endocarpio está dividido en varios segmentos donde se encuentran los sacos de jugo individuales y las semillas, si las hay. Por último hay un centro esponjoso o placenta. Cada una de estas partes presenta problemas especiales y oportunidades en el procesamiento. (Murillo G., 2002).

Son inflamables, no son tóxicos, aunque pueden provocar alergias en personas sensibles a determinados terpenoides (Cadby et al. 2002). Son inocuos, mientras la dosis suministrada no supere los límites de toxicidad. Sufren degradación química en presencia de luz solar, del aire, del calor, de

ácidos y álcalis fuertes, generando oligómeros de naturaleza determinada. Son solubles en los disolventes orgánicos comunes. Casi inmiscibles en disolventes polares asociados (agua, amoniac). Tienen propiedades de solvencia para los polímeros con anillos aromáticos presentes en su cadena. Son aceptados como sustancias seguras (GRAS) por la Agencia de drogas y Alimentos de EE.UU (FDA) (Code of Federal Regulations, 2003).

Los terpenoides son una familia de hidrocarburos oxigenados o no, con uno o varios anillos insaturados y con la presencia de 10 carbonos en su estructura. Tienen una bajísima presión de vapor a condiciones ambientales: 200 a 300 Pa (Li et al, 1998; Gunther, 1948); si carecen de átomos de oxígeno, son casi insolubles en agua y en el caso contrario, su solubilidad es mayor, pero aun baja con respecto a otros compuestos análogos (Li et al, 1998); son inestables fotoquímicamente.

2.2.2 Composición química

Los componentes de los aceites esenciales son importantes, ya que la composición, tanto cualitativa como cuantitativa, determina las características de los mismos y su potencial antimicrobiano (Fisher y Phillips, 2008). Numerosas publicaciones han presentado información de la composición de varios aceites esenciales. Empleando cromatografía de gases y espectrometría de masas se obtienen análisis de composición de tallados de ellos, encontrando que pueden poseer más de 60 componentes individuales. Sin embargo, los componentes mayoritarios llegan a constituir más del 85%

del aceite esencial, mientras que los otros componentes están presentes solo en trazas. (Coronel, 2004).

Los aceites esenciales provenientes de frutos cítricos, contienen de 85 a 99% de componentes volátiles y de 1 a 15% de componentes no volátiles. Los primeros son una mezcla de monoterpenos como el limoneno, sesquiterpenos y sus derivados oxigenados, incluyendo aldehídos como el citral, cetonas, ácidos, alcoholes como linalool, y ésteres. (Fisher y Phillips, 2008).

La mayoría de los componentes que hacen parte de los AE, pertenecen a una familia de sustancias químicas llamada “terpenos” o “terpenoides”, limoneno, carvona,

α -humuleno, etc., cuya característica estructural, que los distingue de otros productos naturales, es la unidad isopreno C_5 en el esqueleto hidrocarbonado (Figura 7). Esta observación fue hecha por el químico alemán Otto Wallach en 1887 y se conoce como regla de isopreno (Carey 1999, Sell, 2007). Wallach en 1910, recibió el premio nobel de química, por su contribución al desarrollo de la química orgánica e industrial en el campo de compuestos acíclicos (Carey, 1999).

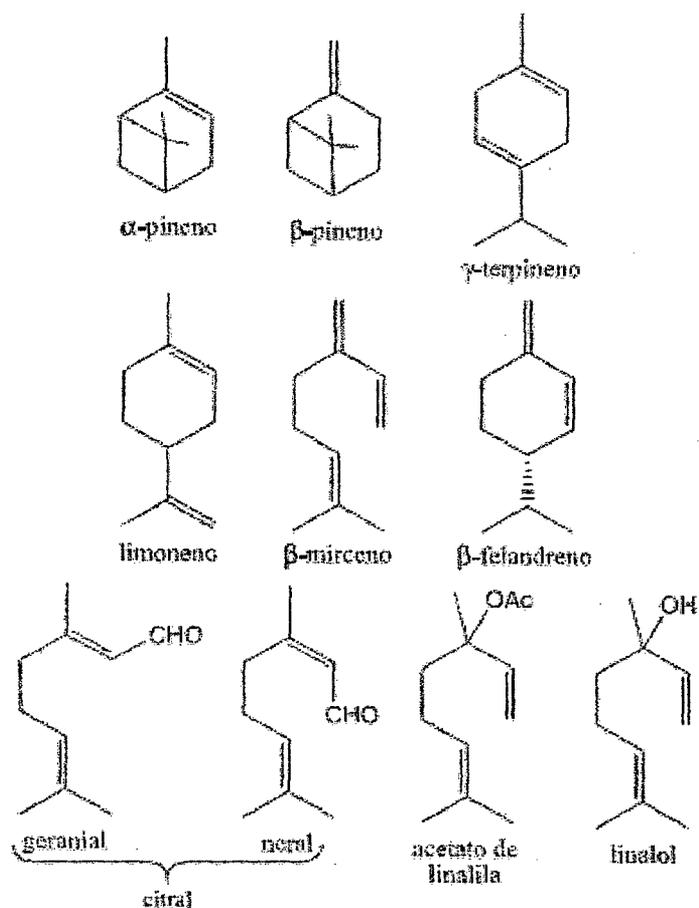


Figura 7. Estructura química de los terpenoides.

El vocablo “terpene”, en español, “terpeno”, fue introducido en 1866 por Kekulé, par expresar el carácter olefinico de los hidrocarburos contenidos en el aceite de trementina (turpentine oil), indicando a través del sufijo “ene” la presencia de enlaces dobles (Sell 2007, Kekulé 1866); por otro lado, los terpenos funcionalmente sustituidos, e.g. linalool, geraniol, farnesol, entre otros, se conocen como terpenoides o isoprenoides. Ocasionalmente, el término “terpeno” se utiliza para referirse a cualquier terpenoide.

Con base en el número de unidades $(C_5)_n$ presentes en el esqueleto hidrocarbonado, los terpenos y sus análogos sustituidos se clasifican como monoterpenoides $(C_5)_2$, sesquiterpenoides $(C_5)_3$, diterpenoides $(C_5)_4$,

sesterpenoides (C₅)₅, triperpeoides (C₅)₆ y tetraterpenoides (C₅)₈; con base en la forma de sus estructuras moleculares también, pueden ser clasificados como terpenoides de cadena abierta o cíclicos de uno, dos o más anillos.

Otra clase de sustancias químicas presentes en los AE son los fenilpropanoides y sus análogos sustituidos, e.g. anetol, metil-eugenol, safrol, et., los cuales se caracterizan por poseer en su estructura un grupo propilénico enlazado a un anillo de benceno.

La variedad de formas de acuerdo como se pueden unir distintas unidades isoprenicas, origina una amplia diversidad de estructuras terpénicas, sin embargo, desde el punto de vista biosintético estas sustancias proceden, principalmente, de la ruta del mevalonato y xilosa fosfato, mientras que, los fenilpropanoides derivan de la ruta del ácido shiquimico (Carey, 1999; Sell, 2007 y Dewick, 2002).

Respecto a la formación y evolución de los aceites esenciales en las plantas es necesario tener en cuenta algunos aspectos externos, que pueden afectar la composición química de las esencias de manera cualitativa y cuantitativa, entre ellos, se pueden destacar los siguientes (Bandoni, 2002; Jirovetz et. Al, 2005).

- Condiciones geobotánicas: clima, altitud, tipo de suelo, pluviosidad.
- Labores culturales: uso de fertilizantes, abonos y pesticidas.
- Parte y estado de desarrollo fenológico de la planta.
- Época de recolección.

- Modo de almacenamiento y manejo del material vegetal: fresco, seco, fermentado, tratamiento postcosecha.
- Modo de obtención del aceite: destilación o expresión.

2.2.3 Biogénesis. Terpenoides y fenilpropanoides.

En contraste con las rutas metabólicas primarias, las cuales sintetizan degradan e interconvierten compuestos comúnmente encontrados en todos los organismos, existen partes del metabolismo concernientes a compuestos, llamados metabolitos secundarios, son encontrados en organismos específicos, o grupos de organismos, y son una expresión de la individualidad de las especies (Dewick, 2002).

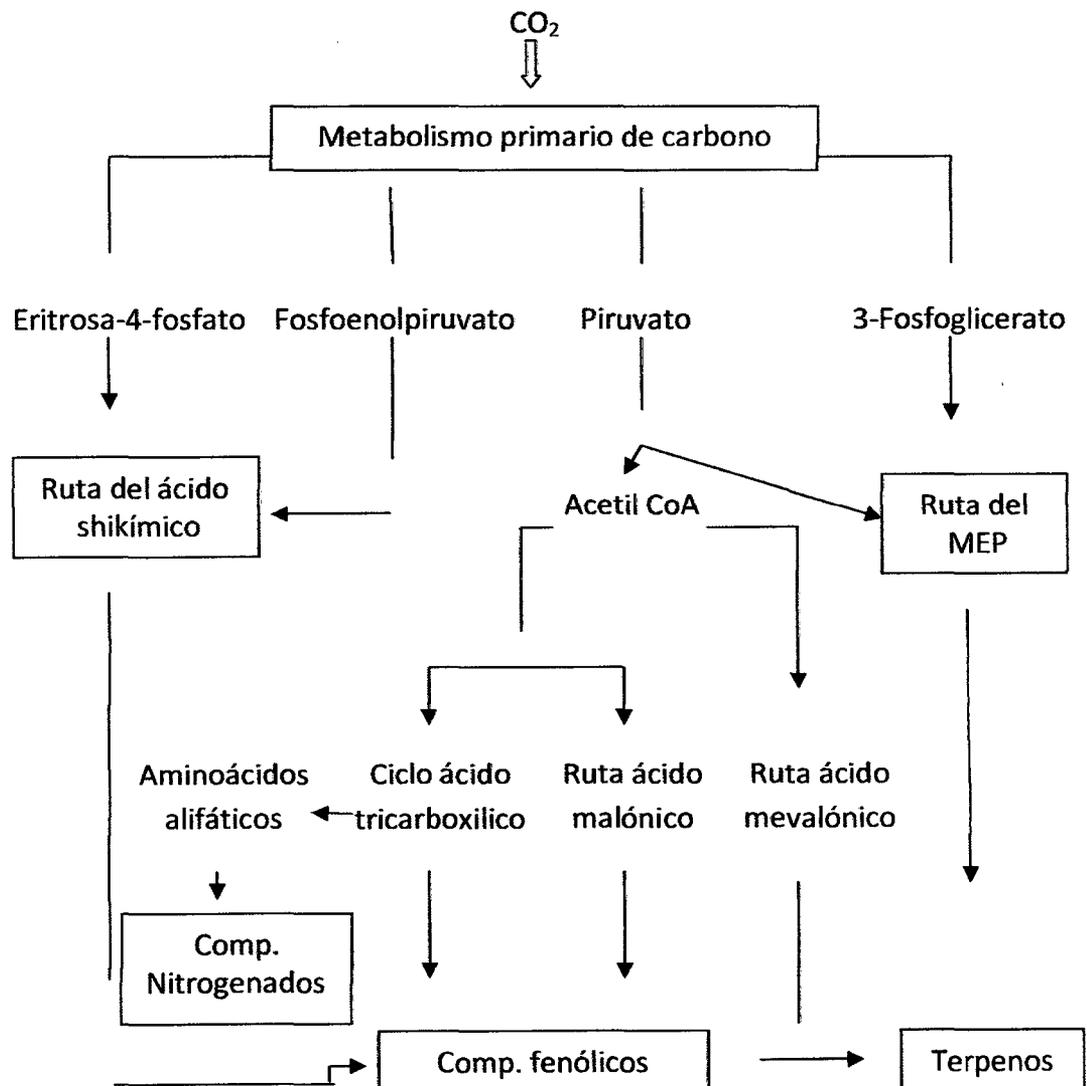
Las plantas producen diversos compuestos orgánicos que aparentemente no parecen tener una función directa en su crecimiento y desarrollo. Estas sustancias se conocen como metabolitos secundarios, productos secundarios o productos naturales. Estos compuestos no se relacionan directamente con el proceso de fotosíntesis, respiración, transporte de solutos, síntesis de proteínas, asimilación de nutrientes, formación de carbohidratos, los cuales hacen parte del metabolismo primario de la planta. El metabolismo primario proporciona las moléculas de partida para las rutas del metabolismo secundario, entre las que se encuentran (Azcon, J., y Talón, M, 2000):

- Ácido shikímico: da origen a muchos componentes aromáticos, *e.g.* aminoácidos aromáticos, ácido cinámico y ciertos polifenoles, y,
- Aminoácidos: precursores de los alcaloides y antibióticos peptídicos, que incluyen las penicilinas y cefalosporinas.

- Los metabolitos secundarios de las plantas pueden dividirse según la estructura química en tres grupos, a saber: terpenos o terpenoides, fenoles y sus derivados, y alcaloides. (Stashenko, E.; Combariza, y Puertas, A, 1998), son producidos mediante biosíntesis conforme se muestra en la

figura 8.

Figura 8. Rutas de biosíntesis de los metabolitos secundarios.



Fuente : Lincoln y Zerger (2006)

Durante varios años se ha considerado que los metabolitos secundarios en las plantas son un material de desecho de las mismas. Sin embargo, se ha demostrado que éstos cumplen importantes funciones ecológicas en las plantas como agentes atrayentes de polinizadores, sustancias de reserva de la planta, regulan los procesos de evaporación de agua, hacen parte del mecanismo de defensa contra depredadores y otros vegetales (alelopatía) (Smid, E.J.; Witte, Y.; y Gorris, L.G.,1995).

La distribución de los metabolitos secundarios dentro de los grupos de las plantas presenta algunas características particulares, entre las que cabe mencionar las siguientes:

- Una planta contiene una mezcla de metabolitos secundarios con cantidades variables en diferentes células, tejidos y órganos;
- En el organismo individual o de tejido, las cantidades y tipos de productos del metabolismo secundario varían con la edad o con las condiciones ambientales de la planta.
- Especies de géneros afines o familias de plantas pueden presentar los mismos metabolitos secundarios.

Los terpenos o isoprenoides constituyen uno de los grupos más grandes de compuestos secundarios ampliamente presentes en el reino vegetal. Entre ellos, se encuentran los componentes de esencias, bálsamos y resinas. En las plantas, los isoprenoides pueden sintetizarse por dos rutas diferentes, a saber: la ruta del ácido mevalónico y/o la ruta de metileritriol fosfato (MEP).

Dependiendo del número de átomos de carbono, los terpenos se pueden clasificar en monoterpenos, C₁₀ (*e.g.* limoneno, mentol, timol, alcanfor), sesquiterpenos, C₁₅ (*e.g.* farnesol), diterpenos, C₂₀, etc, donde cada uno de ellos presenta una función característica, *e.g.* los monoterpenos mencionados anteriormente, que presentan acción antiséptica, o se emplean como expectorantes (Bandoni, A, 2000).

2.2.4 Fuentes y ubicación de los Aceites Esenciales en la planta.

Las plantas aromáticas son la principal fuente de AE, éstas pertenecen generalmente a las familias Anacardiaceae, Apiaceae, Asteraceae, Chenopodiaceae, Cupressaceae, gentianaceae, Lamiaceae, Myrtaceae, Pinaceae, Piperaceae, Poeceae, Rutaceae, verbenaceae y Zingiberaceae (Lahlou, 2004).

Los aceites esenciales se acumulan en estructuras secretoras especializadas ubicadas en diferentes partes de la anatomía de las plantas, *e.g.* hojas, flores, tallos, raíces, corteza, frutos y semillas. De esta manera, en plantas como albahaca, menta y salvia. (*Ocimum basilicum*, *mentha sp.*, y *Salvia officinalis*, fam. Lamiaceae) los AE se acumulan en los vellos glandulares de los tallos y las hojas, en el jazmin (*Jasminum grandiflorum L.*, fam. Oleaceae) y las rosas (*Rosa so.*, fam. Rosaceae) se concentran en las flores; en el cedro (*Cedros deodora L.*, fam. Pinaceae) y el sándalo (*Santalum álbum L.*, fam. Santaleaceae) están presentes en la madera; en el cinamón (*Cinnamomum zeylanicum Nees.*, fam. Lauraceae) está contenido en la corteza y las hojas; en el jengibre (*Zingiber officinale Roscoe*, fam. Zingiberaceae) se localizan

en el rizoma, mientras que en el sasafrás (*Sassafras officinales* Nees et Eberm, fam. Lauraceae) y el vetiver (*Vetiveria zizanoides* Nash, fam. Poaceae) están presentes en las raíces. Por otro lado, en los cítricos como la naranja, la bergamota y el limón (*Citrus aurantium* L. *Citrus bergamia* Risso y *Citrus limón* Burmann fil., fam. Rutaceae), así, como en el anís y el hinojo (*Pimpinella anisum* L., y *Foeniculum vulgare* Mill., fam. Apiaceae), los AE está contenido en el periparpio de los frutos.

2.2.5 Propiedades fisicoquímicas.

Dentro de las propiedades fisicoquímicas mas destacables de los Aes se encuentran la volatilidad, inestabilidad ante la luz y el oxígeno, ante la presencia de agentes oxidantes y reductores, medios con pH extremos, o trazas de metales que pueden catalizar reacciones de descomposición.

Otra propiedad de los constituyentes de una esencia son sus variabilidades estructurales, lo que permite generar por semisíntesis estructuras novedosas. En cuanto a sus solubilidades, tienen la particularidad de que, si bien son solubles en medio no polar, también suelen tener una solubilidad alta de etanol, lo que es ampliamente explotado en la elaboración de fragancias y extractos hidroalcohólicos para las industrias farmacéuticas y cosméticas (Bandoni, 2000, Cpidc, 2004).

También se destaca la propiedad de refractar la luz polarizada, que es aprovechada para su control de pureza, ya que cada aceite presenta un índice de refracción característico. También los Aes presentan un poder rotatorio particular, debido a que algunos de sus compuestos químicos son

ópticamente activos. En cuanto a la densidad, se caracterizan por ser menos densos que el agua, excepto algunas esencias, como la de clavo (Bandoni, 2002).

2.2.6 Características químicas de los aceites esenciales.

Los compuestos de los aceites se clasifican en terpenoides y no terpenoides. **Terpenoides.** Son los más importantes en cuanto a propiedades y comercialmente.

No terpenoides. En este grupo tenemos sustancias alifáticas de cadena corta, sustancias aromáticas, sustancias con azufre y sustancias nitrogenadas. No son tan importantes como los terpenoides en cuanto a sus usos y aplicaciones.

Los terpenos derivan de unidades de isopreno (C₅) unidas en cadena.

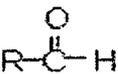
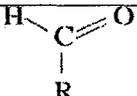
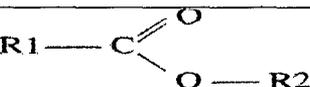
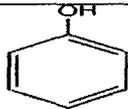
Los terpenos son una clase de sustancia química que se halla en los aceites esenciales, resinas y otras sustancias aromáticas de muchas plantas, como los piñones y muchos cítricos. Principalmente encontramos en los aceites monoterpenos (C₁₀), aunque también son comunes los sesquiterpenos (C₁₅) y los diterpenos (C₂₀). Pueden ser alifáticos, cíclicos o aromáticos.

Según los grupos funcionales que tengan pueden ser (ver cuadro 2):

- Alcoholes (mentol, bisabolol) y fenoles (timol, carvacrol).
- Aldehídos (geranial, citral) y cétonas (alcanfor, thuyona).
- Esteres (acetato de bornilo, acetato de linalilo, salicilato de metilo, compuesto antiinflamatorio parecido a la aspirina).

- Éteres (1,8 – cineol) y peróxidos (ascaridol).
- Hidrocarburos (limoneno, α y β pineno).

Cuadro 2. Grupos funcionales de los aceites esenciales según categoría.

Compuesto	Grupo funcional	Ejemplo	Propiedades
Alcohol	R-OH	Mentol, geraniol	Antimicrobiano, antiséptico, tonificante, espasmolítico.
Aldehído		Citral, citronelal	Espasmolítico, sedante, antiviral
Cetona		Alcanfor, tuyona	Mucolítico, regenerador, celular
Ester		Metil salicilato	Espasmolítico, sedativo, antifúngico
Éteres	-C - O - C -	Cineol, ascaridol	Expectorante, estimulante
Éter fenólico	Anillo - O - C	Safrol, anetol	Diurético, carminativo, estomacal,
Fenol		Timol, eugenol, carvacrol	Antimicrobiano, irritante, estimulante inmunológico
Hidrocarburo	Sólo contiene C y H	Pineno, limoneno	Estimulante, descongestionante, antivirico, antitumoral

Fuente: Bruneton, J. (2001).

2.26.1 Hidrocarburos Monoterpénicos

Son los compuestos más abundantes en los aceites esenciales, y precursores de los más complejos, que son los terpenos oxidados. Se denominan terminando en -eno. Por ejemplo, el limoneno, que se muestra en la figura 10, es el precursor de los principales componentes de la esencia de las mentas (*Mentha* spp., F. Lamiaceae), como carvona y mentol. El limoneno se encuentra también en cítricos y en el eneldo, *Anethum graveolens* (F. Apiaceae).

También los compuestos α y β - pineno se encuentran muy ampliamente distribuidos en la naturaleza, especialmente en la esencia de trementina, del género *Pinus* (F. Pinaceae).

2.26.2 Alcoholes

Los alcoholes llevan el grupo hidroxilo (-OH) unido al esqueleto C₁₀. Se denominan terminados en (-ol). Son muy apreciados por su aroma.

Por ejemplo, el linalol, que tiene dos formas, el R-linalol se encuentra en la rosa y la lavanda y es el componente mayoritario de la menta arvensis. La forma S-linalol en el aceite de lavanda con un contenido > 5% indica adulteración.

El linalol le da el sabor a las hojas de té, el tomillo y el cardamomo. Otro compuesto de este grupo, el mentol, es uno de los responsables del sabor y el olor de la menta, cuya esencia puede tener hasta un 50% de este componente.

También el geraniol, del geranio de olor (*Perlargonium* spp), el citronelol de la rosa (*Rosa gallica*), en borneol del romero y el santalol del sándalo (*Santalum álbum*, F. *Santalaceae*).

2.26.3 Aldehídos

Los aldehídos son compuestos muy reactivos. Se nombran acabados en (-al). Muchos de ellos, por ejemplo los encontrados en los cítricos, se corresponden con su respectivo alcohol, por ejemplo, geraniol – geranial o citronelol – citronelal.

Son abundantes en los cítricos, responsables del olor característicos, principalmente los isómeros geranial (α citral) y neral (β citral) juntos conocidos como citral (figura 9).

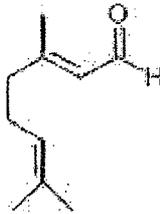


Figura 9. Citral

Este compuesto, además de su aroma característico, tiene propiedades antivirales, antimicrobianas y sedantes. Pero muchos de ellos, incluido el citral, son irritantes para la piel por lo que no se puede hacer uso tópico de ellos.

Otro grupo importante son los aldehídos aromáticos, como el benzaldehído, componente principal del aceite de almendras amargas y responsable de su aroma característico.

2.26.4 Fenoles

Sólo se encuentran en unas pocas especies, pero son muy potentes e irritantes.

Los más importantes son el timol y el carvacrol, que se encuentran en los tomillos (g. *Thymus*) y oréganos (g. *Origanum*), ambos de la F. Labiatae.

Otro fenol muy importante es el cugenol, que se encuentra en muchas especies, por ejemplo en la esencia de clavo. Es un potente bactericida, así como anestésico, y se emplea en odontología.

2.26.5 Éteres fenólicos

Son los componentes principales de especias como el apio y el perejil (apiol), anís (anetol), albahaca (metilchavicol) y estragón (estragol).

El safrol es un componente muy empleado en perfumería que se encuentra en la corteza del árbol del sasafrás (*Sasafras albidum*, F. Lauraceae).

2.26.6 Cetonas

Se producen por la oxidación de alcoholes y son moléculas bastante estables. Terminan en -ona. La carvona está presente en la *Mentha spicata*.

La tuyona (aislada por primera vez en la Tuya, *Thuja occidentalis*, F. Cupressaceae) y pulegona son bastante tóxicas y nunca deben usarse en el embarazo.

La tuyona se encuentra en plantas como el genero *Artemisia* (*Artemisia absinthium*, con la cual se hace el vermouth y la absenta), y en la salvia (*S. officinalis*).

La pulegona se aisló por primera vez en el poleo (*Mentha pulegium*).

2.26.7 Éteres

Los éteres u óxidos monoterpénicos son reactivos e inestables. Un ejemplo es el oxido de bisabolol presente en la manzanilla (*Matricaria chamomilla*).

Otro muy común es el 1,8 – cineol (también llamado eucaliptol), que es el componente principal del aceite de eucalipto. Es el expectorante y mucolítico y el componente principal de medicamentos para la tos.

El aceite de eucalipto varía en aroma según el contenido en 1,8 – cineol. El aceite rico en este componente (*Eucalyptus globulus*, F. Myrtaceae) se emplea más para uso medicinal, mientras que el de contenido más bajo (por ejemplo *E. radiata*) se emplea para aromaterapia.

2.26.8 Esteres

La mayoría de los éteres se forman por reacción de un alcohol terpénico con ácido acético. Su aroma caracteriza a los aceites en los que se encuentran. Por ejemplo, el aceite de lavanda contiene linalol y su ester, acetato de linalilo. La abundancia relativa de estos dos compuestos es un indicador de buena calidad.

El salicilato de metilo, derivado del ácido salicílico y metanol, es un compuesto antiinflamatorio parecido a la aspirina que se encuentra en un tipo de brezo (*Gautheria procumbens*, F. Ericaceae), se emplea tópicamente en linimentos.

2.3 Aplicaciones de los aceites esenciales

Las esencias se han utilizado desde tiempos remotos y tienen referencias en todas las culturas y religiones. En la antigüedad, 40 siglos a.C, los egipcios hacían preparados con aceites esenciales que se utilizaban en medicina, cosmética y para baños. Los egipcios iniciaron el arte de extraer las esencias de las plantas calentándolas en recipientes de arcilla, pero fueron los alquimistas quienes conservando la fragancia y las propiedades curativas, inventaron la destilación para obtener aceites esenciales (Enciclopedia Salvat de las Ciencias, 1972).

Actualmente, el uso de los aceites esenciales sigue vigente, éstos son aprovechados en diferentes industrias, entre ellas, la industria alimenticia, cosmética, farmacéutica, para la elaboración de ambientadores, perfumes, licores, etc.

Cuadro 3. Aplicaciones de los aceites esenciales

Industria	Aplicación
Cosmética	Elaboración de perfumes, pastas dentífricas, cremas, ungüentos.
Alimenticia	Preparación de sabores, salsas, aditivos, confitería, lácteos, condimentos.
Licorera	Para saborizar, e.g. lúpulo en la cerveza y anís en el aguardiente.
Farmacéutica	En veterinaria, como repelentes de insectos, antisépticos, efectos sobre el sistema nerviosos central.
Química fina	Precursores químicos, e.g limoneno, citral y pinenos.
Plásticos	Para enmascarar el mal olor que tienen algunos cauchos y plásticos.
Aseo y limpieza	Para otorgar fragancia a productos de limpieza para el piso, aromatizantes ambientales, limpieza de baños y cocina.

Fuente: Salvat, 1972.

La volatilidad es una de las principales propiedades de las esencias que se aprovecha en el campo de la medicina y aromaterapia, lo que hace de aceites esenciales, mezclas ideales para ser usados en nebulizaciones, baños de inmersión o simplemente inhalados por vía nasal. Además, son productos que se eliminan rápidamente del organismo haciendo que sus efectos fisiológicos sean suaves y temporales (Bandoni, 2002).

2.4 Aceite esencial de los flavedos de naranja

El rendimiento de extracción de aceites esenciales, se le conoce a la relación entre el peso del aceite esencial obtenido por algún método de extracción y el peso de la hoja o parte de la planta que contiene dicho aceite, es decir, es un porcentaje en peso. Muchas veces se confunde con el termino “rendimiento” que comúnmente se utiliza en agronomía.

Pero este se refiere a los kilogramos de aceite esencial obtenidos por hectárea sembrada de la planta que contienen al aceite. Cabe mencionar que “Rendimiento de extracción” tampoco se debe confundir con una relación entre el contenido teórico de aceite esencial en las plantas y el aceite esencial obtenido por extracción.

2.4.1 Factores que afectan el rendimiento de aceite en las cáscaras.

Entre los factores que intervienen directamente en el rendimiento de la producción de aceites esenciales, se puede enumerar los siguientes:

Tipo de materia prima: Se refiere a las características genéticas de la materia prima a utilizar, ya que existe diferencia aún dentro de las diferentes familias; además la materia prima también está influida por el lugar y la época de producción, por la maduración o edad de la fruta, y por la limpieza en el corte, enfermedades, etc.

Tipo de secado: dependiendo de este tiempo desecado, la materia prima tendrá más o menos cantidad de agua por lo que el rendimiento se ve influido.

Tiempo de extracción: se refiere al tiempo del proceso de extracción, en el cual el aceite esencial es extraído gradualmente.,

Método de extracción: se refiere al tipo de método utilizado.

Características del equipo de extracción: tamaño del equipo, material de construcción, etc.

Características de los flujos: se refiere a la cantidad de materia prima utilizada, el volumen y la pureza del solvente utilizado, la cantidad de agua o vapor utilizado, su temperatura y presión.

2.4.2 Usos del aceite esencial de cascara de naranja

El aceite esencial de naranja es un antidepresivo, sedante, antiespasmódico, digestivo, y ayuda en la digestión. Su perfume se percibe como fluido, cálido y tranquilizante al contrario de lo que ocurre con otros cítricos que son frescos y estimulantes. Sus usos principales son los siguientes:

- Se utilizan en cosméticos, baños, masajes, inhalaciones, evaporadores y compresas.
- Crea ambientes tranquilizantes que ayudan a que se desvanezcan las preocupaciones después de un intenso día de trabajo.
- En alimentación ayuda a estimular el apetito y da un excelente aroma a los postres. En cosmética es apreciado por los buenos efectos que ejerce sobre la piel.

- En aromaterapia se utiliza internamente para despertar los sentidos y mejorar la comunicación. Y externamente contra la celulitis porque ayuda a activar la circulación.

2.4.3 Limoneno

El limoneno es una sustancia natural que se extrae del aceite de las cáscaras de los cítricos y que da olor característico a las naranjas y los limones. El limoneno (figura 10) pertenece a una clase de compuestos químicos conocidos como terpenos.

Pertenece al grupo de los terpenos, en concreto a los limonoides, que constituyen una de las más amplias clases de alimentos funcionales y fitonutrientes, funcionando como antioxidantes.

El limoneno puede ser destilado de este aceite por diferentes técnicas y usado en alimentación y como desengrasante natural. Los procesos de extracción y destilación son realizados en todas las regiones productoras de cítricos del mundo o para satisfacer el aumento de demandas.

El limoneno, $C_{10}H_{16}$, es un monoterpeno cíclico que pertenece al grupo de los terpenos, los cuales tienen como unidad básica la del isopreno o 2-metil-1,3-butadieno. El limoneno se encuentra en muchos aceites esenciales, por ejemplo en: limones, naranjas, limas, bergamota y alcaravea. Los terpenos son una familia que se presenta en forma muy variada en muchas plantas. Por ejemplo el geraniol, la mentona, el menteno, el pineno, etc., son aceites esenciales que se encuentran en los geranios, la menta y el árbol de pino respectivamente. El limoneno posee un carbono quiral, por lo que las formas

(+) o (-) se presentan de manera natural. Sin embargo, los árboles de naranja producen sólo uno de dichos enantiómeros. El alcanfor, es un terpeno que puede separarse de la esencia de manzanilla (*Matricaria camonilla*), y puede reducirse para obtener el isoborneol y el borneol, que se utiliza en la esencia de lavanda.

Por otro lado, el terpeno llamado canfeno puede extraerse del romero y su forma levógira se presenta en el citronelal o en la valeriana.

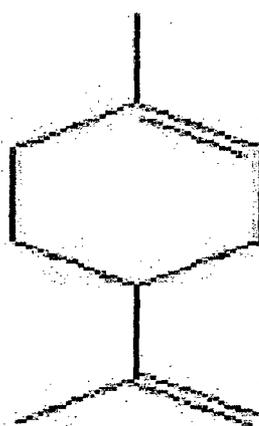


Figura 10. Limoneno

2.5 Métodos de obtención de aceites esenciales

La extracción de los aceites esenciales de las partes vegetales se realiza de diversas formas, en función de la calidad del aceite por extraer y de la estabilidad de sus constituyentes; ya que en la mayoría de los casos éstos tienden a degradarse cuando se someten a altas temperaturas u otro tipo de tratamiento extremo.

2.5.1 Destilación

La destilación es uno de los procedimientos más empleados para la obtención de AE; industrialmente, la destilación se realiza en tres modos, a

saber: destilación con agua o hidrodestilación, destilación con agua y vapor, y destilación con vapor directo. El esquema de un equipo básico para la obtención de aceites esenciales por destilación se observa en la figura 11.

- **Alambique:** es el componente principal del equipo de destilación, puesto que el material vegetal se coloca en este sitio y se lleva a cabo el proceso de destilación. Las condiciones de operación, tales como presión, temperatura, flujo de vapor y altura del lecho de material vegetal, son las variables del proceso más importantes a controlar (Denny, 1989).
- **Cuello de Cisne:** Es la parte más importante del equipo de destilación, porque comunica el alambique con el condensador. Algunos de los factores importantes a considerar durante su construcción son la forma y las dimensiones; ya que, deben reducirse al mínimo las posibilidades de re-condensación de vapores dentro del alambique y permitir su rápida transferencia al condensador del sistema (Bandoni, 2002).
- **Condensador:** Es parte del sistema, donde ocurre el cambio de estado de agregación, de gaseoso a líquido, de la mezcla de vapor de agua y AE. Entre los diferentes tipos condensadores, el condensador de espiras es el más utilizado (Bandoni, 2002)
- **Recipiente recolector o Florentino:** la mezcla, agua y aceite esencial, que eluyen del condensador, se colectan en un recipiente conocido como vaso Florentino, en donde el AE se separa por decantación (Bandoni, 2002). El diseño del vaso Florentino depende de si el AE es más o menos denso que el agua.

2.5.2 Hidrodestilación

En la hidrodestilación (HD), el material vegetal se sumerge en el agua. La HD consiste en llevar a estado de ebullición el agua, que penetra los tejidos de la planta y disuelve una parte del aceite esencial presente en las estructuras contenedoras; esta disolución acuosa, se difunde a través de las membranas de las células y el aceite se vaporiza inmediatamente desde la superficie. Este proceso continua hasta que se remueve todo el aceite contenido en las glándulas de la planta, de tal manera, que los vapores generados puedan ser condensados y colectados (Bandoni, 2002).

Un factor de especial importancia es el calentamiento. Si el alambique se calienta con fuego directo, el agua presente en el alambique debe ser suficiente para llevar a cabo toda la destilación y es necesario evitar el sobrecalentamiento y la carbonización del material vegetal (Bandoni, 2002): esta metodología requiere de tiempos de calentamientos largos y adición de agua en grandes cantidades, lo cual incrementa el costo y el tiempo de la destilación. (Jirovetz et al, 2005).

2.5.3 Destilación agua – vapor

Es un método mejorado, donde la carga (el material vegetal) se coloca sobre una malla que sirve como un fondo falso y no permite el contacto directo con el agua. Una vez iniciado el proceso, el agua dentro del alambique se lleva hasta ebullición y el vapor generado in situ pasa a través del material vegetal. Consecuentemente, se evita que el material vegetal se queme ya que la cámara de agua lo protege del calentamiento directo.

Es importante que el vapor de agua generado pase a través de la carga uniformemente para garantizar la extracción completa de la esencia. (Bandoni, 2002, Jirovetz et al, 2005)

2.5.4 Destilación por arrastre con vapor

Es el método más usado a nivel industrial, permite obtener AE con buenos rendimientos, y, además, se pueden procesar grandes cantidades de material vegetal (Denny, 1989). Este método es una destilación de la mezcla de dos líquidos inmiscibles y consiste en una vaporización a temperaturas inferiores a las de ebullición de cada uno de los componentes volátiles por efecto de una corriente directa de vapor de agua. Los vapores que salen del cuello de Cisne se enfrían en un condensador donde regresan a la fase líquida, los dos productos inmiscibles, agua y AE y, finalmente, se separan en un vaso Florentino. (Bandoni, 2002).

El fundamento detrás de esta técnica de extracción está dado por el rompimiento del tejido vegetal por efecto de la temperatura de vapor (100°C), liberando así el aceite esencial después de un cierto tiempo (Sanchez, 2006).

En el cuadro 4, se relacionan algunas de las ventajas y desventajas más significativas de los tres modos de destilación mencionados.

Cuadro 4. Ventajas y desventajas de las técnicas de obtención de los AEs.

Técnica	Ventajas	Desventajas
Hidrodestilación	<p>Configuración simple y económica.</p> <p>Método ampliamente utilizado.</p>	<p>Calentamiento difícil de controlar.</p> <p>El sobrecalentamiento puede quemar el material vegetal, produciéndose un aceite de baja calidad.</p> <p>Mayor costo desde el punto de vista energético.</p> <p>Periodos de extracción más largos.</p> <p>Parcial solubilización de los compuestos más polares.</p>
Destilación con agua y vapor	<p>La muestra no es calentada directamente;</p> <p>Tiempos de extracción medios;</p> <p>Configuración simple y económica.</p>	<p>Riesgo de la extracción incompleta.</p> <p>El tiempo de extracción está limitado por el volumen de agua utilizado.</p>
Destilación con vapor seco	<p>La muestra no se calienta directamente.</p> <p>Tiempos de extracción más cortos.</p>	<p>Las temperaturas altas pueden causar la hidrólisis de los esteres, y la polimerización y resinificación de los terpenos presentes en el AE.</p> <p>Necesita infraestructura más costosa.</p>

2.5.5 Destilación mixta

Es la combinación de los dos métodos anteriores (destilación agua – vapor y destilación por arrastre con vapor), en el cual se suministra vapor a un recipiente, el cual contiene material vegetal que está sobre una malla que sirve como un fondo falso y al mismo tiempo el agua que está dentro del alambique se lleva hasta ebullición.

2.5.6 Hidrodestilación asistida por la radiación de microondas

La técnica (MWHD) fue patentada por J.Paré et al (Paré, 1991): En esta, el material vegetal se sumerge al agua (aproximadamente una tercera parte del material) en un equipo de destilación tipo Clevenger (Stashenko et al , 2003), y se somete a la acción de la radiación de microondas. El agua se calienta hasta ebullición, se producen vapores que atraviesan las estructuras celulares y permiten la evaporización del AE contenido en ellas. Luego, el AE arrastrado por el vapor de agua, se condensa y se colecta. Los AE se encuentran libres de los productos de combustión y de otros contaminantes, por tal razón, este método favorece especialmente la obtención de las esencias de interés en la perfumería (Jirovetz et al., 2005, Tsarkova, 1997).

2.5.7 Expresión

La expresión es un método simple por medio del cual es posible obtener un AE de características muy cercanas al producto natural, porque no se realizan tratamientos térmicos. Sin embargo, esta técnica extractiva sólo es aplicable a materiales vegetales que contienen la esencia, en gran contenido, en las células superficiales, e.g. el pericarpio de los frutos cítricos.

Este proceso, puede ser efectuado manualmente o por medios mecánicos “cold pressing” e involucra la perforación de las glándulas que contienen el aceite en el pericarpio del fruto, la expresión mecánica y el lavado con agua. La emulsión agua-aceite es impura debido a la presencia de sustancias proteicas y mucilaginosas; entonces, la esencia debe ser separada por centrifugación (Bandoni, 2002, Jirovetz et al , 2005).

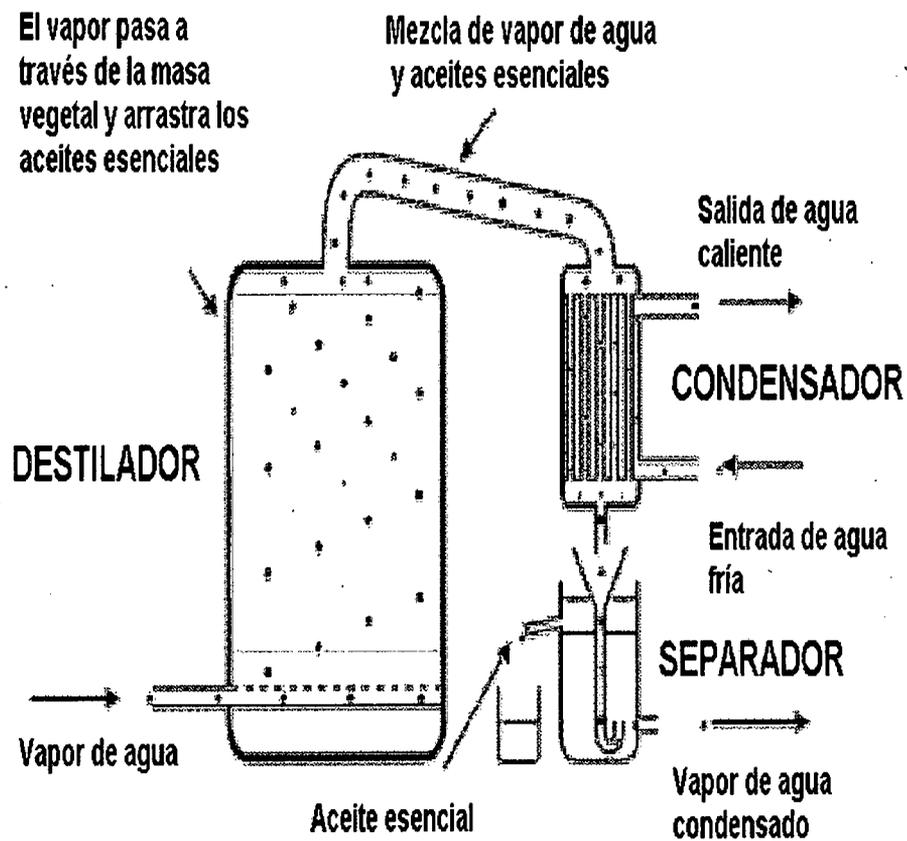


Figura 11. Equipo básico para extraer aceite esencial

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Materiales

3.1.1 Materia prima

El material de estudio correspondió a los flavedos de los frutos de naranja (*Citrus sinensis*) de variedades de Valencia y Huando, procedente del distrito de Mácate del Departamento de Ancash, al estado de madurez de consumo.

3.1.2 Reactivos

- Desinfectante comercial
- Hexano
- Acido sulfúrico concentrado, p.a.
- Sulfato de potasio o sulfato de sodio, p.a.
- Sulfato cúprico, p.a.
- Solución de hidróxido de sodio al 15 % .
- Solución de ácido sulfúrico 0.1 N.
- Na₂CO₃ anhidro p.a.
- Solución de hidróxido de sodio al 30 %. Disolver 300 g de NaOH
- Solución indicadora de rojo de metilo al 1 % en etanol.
- Etanol (95 %).

3.1.3 Material de vidrio y otros

- Pipetas, fioles, tubos de prueba, vasos precipitados, matraces, buretas, mortero, baguetas, probetas, decantador, soporte de tubos de ensayo, pipetas.
- Papel tisue, Papel filtro, Espátulas, cuchillos de acero inoxidable.

3.2 Equipos

Los equipos e instrumentos que se usaron fueron los siguientes:

- Balanza analítica marca Denver Instrument Company, modelo AA-200, USA.
- Estufa marca Blue_M, modelo SW-17TC-1, USA.
- Extractor de aceites esenciales modelo piloto UDCA-2/EV.
- Rota vapor al vacío Type: LIFBASIS Value N° 560.00000.00.0
- Horno mufla con termostato.
- Refractómetro marca Milton Roy Company, modelo portable Japan, de 0 – 32 °Brix.
- Potenciómetro marca Hach, Modelo EC20 portable pH/ISE meter.
- Picnómetro de volumen 50 ml. Estandar ASTM D-854.
- Balanza analítica de marca ADAM. Pw 254 gr.
- Equipo Soxhlet.
- Determinador de proteínas Kjeldahl

3.3 Métodos

3.3.1 Muestreo de la materia prima

Se utilizó un plan de muestreo completamente aleatorizado de frutos cada uno para realizar la caracterización física, química. Para conformar este plan de muestreo, previamente se realizó un proceso de selección a partir de la adquisición de un lote de naranjas por variedad a usar, con la finalidad de obtener una muestra homogénea, basada en el criterio del descarte de frutos con daños por insectos plagas, físicos (roturas, hendiduras, raspaduras, manchados) y con daños por hongos o bacterias (pudriciones).

3.3.2 Composición física de la naranja

- **Peso**

Mediante una balanza analítica gravimétrica calibrada a $\pm 0.001g$., fueron pesados cada muestra de naranja de las variedades en estudio, considerados a este peso como 100%, luego de separado cada una de las fracciones de la naranja como cascara (flavedo y albedo), semillas, membranas y vesículas por tres repeticiones (tres muestras), fueron pesados, el resultado final de cada uno de los componentes fue calculado con el promedio, que por relación de tres simple se determinaron los porcentajes de cada uno de ellos.

- **Cascara**

La cascara fue retirado mediante un cuchillo de acero inoxidable, luego como esta corteza conformada por los flavedos (parte superior), contiene los aceites esenciales fue separado manualmente mediante un raspador doméstico de los albedos (parte inferior) quedando separado y listo para ingresar a la extracción del aceite.

- **Semillas**

Las semillas fueron retiradas luego de un cortado por mitades cada una de las muestras de naranjas previamente descascaradas, siendo componente solo de la naranja de variedad Valencia y no de la variedad Huando.

- **Vesículas**

Las vesículas lo conforman cada unos de los compartimentos que contiene los zumos de naranja de color rojo-anaranjado, estos con motivo de análisis fueron separados manualmente de la membranas mediante un cuchillo de acero inoxidable y medidos mediante probeta graduada de 50 ml.

- **Membranas**

Conformada por la parte blanquecina interna, que son los que conforman los compartimentos donde se encuentran las vesículas, fueron separados mediante cuchillo de acero inoxidable y pesado finalmente.

3.3.3 Composición químico proximal de la cascara de naranja

- **Proteína**

Se determinó empleando método A.O.A.C (1995). Ver anexo 1.

- **Grasas**

Se determinó empleando método A.O.A.C (1995). Ver anexo 2.

- **Cenizas**

Se determinó empleando método A.O.A.C (1995). Ver anexo 3.

- **Humedad**

Se determinó empleando método A.O.A.C (1995). Ver anexo 4.

- **Carbohidratos**

Se determinó empleando método A.O.A.C (1995). Ver anexo 5.

3.3.4 Descripción del proceso de extracción de Aceites Esenciales

- **Materia prima**

Las materia primas utilizadas en la extracción de aceite esencial fueron las cascaras (flavedos) de naranja (*Citrus sinensis*) de las variedades Valencia y Huando, adquiridas del distrito de Macate de la provincia del Santa del departamento de Ancash. Estas con características homogéneas dentro cada una de ellas, fueron trasladadas mediante cajones de madera al laboratorio, donde fueron acondicionadas y quedando listas para la siguiente etapa.

- **Limpieza y lavado**

La limpieza se realiza a la materia prima a nivel de la superficie para eliminar la suciedad del producto como tierras, mohos y bacterias, para evitar la proliferación de microorganismos patógenos y eliminar residuos de pesticidas. Se realizó manualmente con agua potable, haciendo uso de un detergente de procedencia brasileña especial para frutas y verduras en cuya composición contenía cloro residual al 1%.

- **Selección y pelado**

Operación cuya finalidad es eliminar frutos que se encuentran en mal estado, seguida mediante cuchillos de acero inoxidable manualmente fueron pelados, obteniéndose las cascaras (flavedos y albedos) como insumo básico para la extracción del aceite esencial motivo del estudio.

- **Recolección de cascara y acondicionamiento**

Las cascara obtenidas en la etapa de pelado, fueron recolectadas en bolsas de plástico, para luego ser acondicionadas eliminando mediante un cuchillo de acero inoxidable los albedos, parte que se encuentra debajo de los flavedos, a fin de facilitar la salida del aceite esencial durante el proceso de extracción.

- **Pesado**

Esta operación se realiza en una balanza de precisión, el cual permitió conocer los pesos de cada uno de los componentes de la naranja así como medir las densidades de carga (flavedos) de 0.4, 0.6 y 0.8 Kg/l.

- **Extracción**

La extracción de los aceites esenciales (AE) se realizó a través de dos métodos: Hidrodestilación y arrastre de vapor. La hidrodestilación consistió en sumergir las cascara (flavedos) en un recipiente con agua, el cual fue calentado hasta punto de ebullición, donde se logró por evaporación extraer los aceites esenciales. El método de arrastre de vapor, fue realizado a través de una unidad de destilación por corriente de vapor automatizada, abastecido a partir de un caldero con flujo de 4Kg/h a una presión de 4 bar, el cual por contacto directo con los flavedos, extrajo junto con los vapores de agua el aceite esencial, en ambos métodos de extracción, los vapores eran mezcla de agua-aceite que fueron conducidos a la etapa de condensación.

- **Condensación**

Mediante un sistema de refrigeración, debido al agua de enfriamiento en contracorriente a temperatura ambiente, los vapores son enfriados y pasados al estado líquido, formado una mezcla binaria agua-aceite.

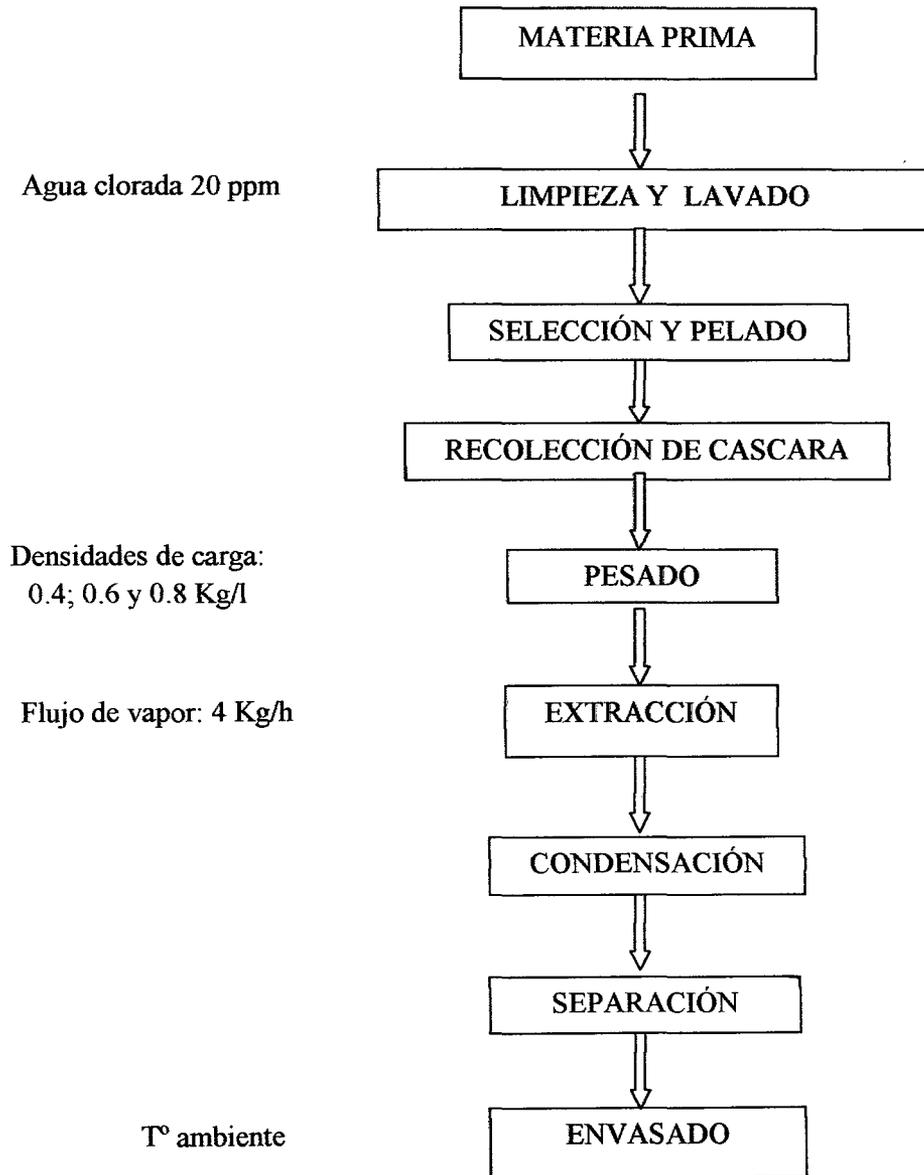
- **Separación**

Luego de la condensación, la mezcla agua-aceite, por diferencia de densidades, son separados mediante una pera de decantación y medidos mediante probetas para calcular rendimientos.

- **Envasado**

Los aceites esenciales obtenidos son envasados en frascos de color ámbar para evitar la degradación del aceite por efecto de la luz que posteriormente fueron sometidos a análisis fisicoquímicos.

Figura 12. Diagrama de flujo para la extracción de aceite esencial de cáscara de naranja.



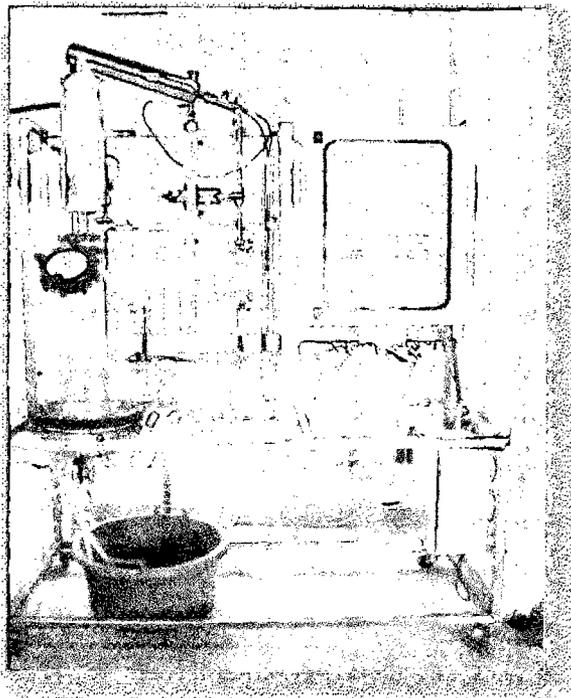


Figura 13. Equipo de extracción de aceite esencial por arrastre de vapor

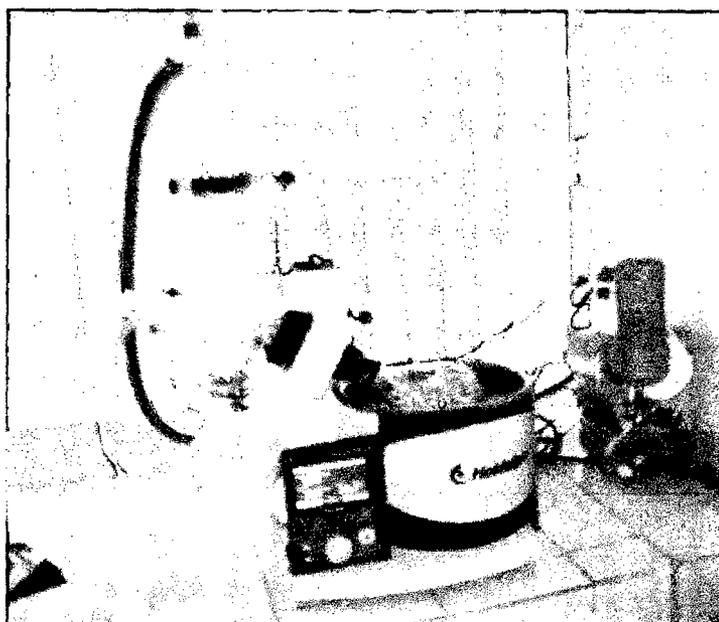


Figura 14. Equipo de extracción de aceite esencial por hidrodestilación.

3.3.5 Análisis fisicoquímico del aceite esencial

- **Rendimiento de aceite esencial**

Se determinó mediante balance materia

- **Índice de refracción.**

Se determinó mediante método de la A.O.A.C (1995)

- **Densidad**

Se determinó mediante método del picnómetro descrito por ASTM (1996).

3.3.6 Diseño Experimental

El presente estudio se realizó empleando el esquema experimental que se muestra en la figura 15; la misma que relacionan e interaccionan las variables de variedad de naranja (Valencia y Huando), Densidad de carga (0.4, 0.6 y 0.8 kg/l) y método de extracción (hidrodestilación y arrastre de vapor). Los aceites obtenidos fueron evaluados mediante análisis fisicoquímicos como índice de refracción, densidad, rendimientos.

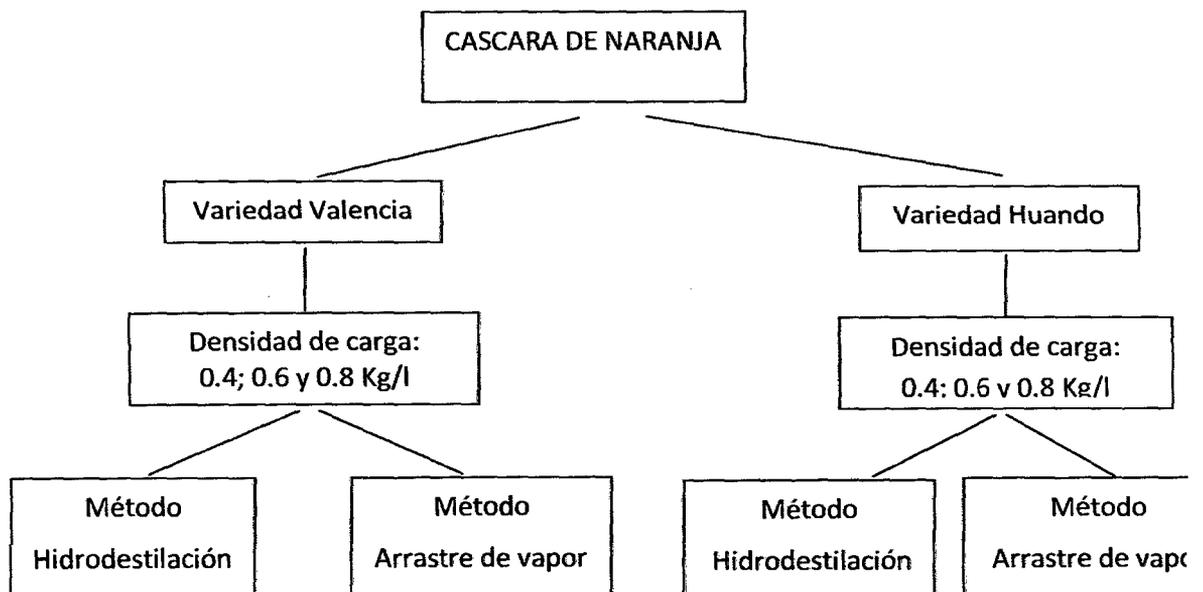


Figura 15. Diseño experimental para el estudio de la extracción de aceite esencial de la cascara de naranja.

Donde:

Variables independientes:

A: Flavedos de variedades de naranja: Valencia y Huando.

B: Densidad de carga : 0.4, 0.6 y 0.8 kg/l.

C: Método de extracción : hidrodestilación y arrastre de vapor.

Variables dependientes:

1. Rendimiento de aceite esencial
2. Índice de refracción.
3. Densidad

3.3.7 Diseño estadístico

La recolección de datos se realizará con tres repeticiones para cada variable dependiente a evaluar. La interrelación de variables obedece a un diseño experimental con arreglo factorial de 2 x 3 x 2 en Diseño Completo al azar, el cual será interpretado conforme al análisis de variancia que se muestra en el cuadro 5, en el mismo, que de acuerdo a la naturaleza del estudio, se empleará estadísticamente un nivel de significancia del 95% de probabilidad de acierto.

Cuadro 5. Análisis de variancia para evaluar el aceite esencial de la cascara de naranja

Fuente de Variabilidad	GL	SC	CM	Fexp	SIG.
Efecto de Variedad (A)	1				
Efecto de Densidad de carga (B)	2				
Efecto de Método de extracción(C)	1				
Efecto interacción (AB)	2				
Efecto interacción (AC)	1				
Efecto interacción (BC)	2				
Efecto de interacción (ABC)	2				
Error experimental	24				
Total	35				

El modelo estadístico a emplear será la siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + B_j + C_k + (AB)_{ij} + (AC)_{ik} + (BC)_{jk} + (ABC)_{ijk} + \delta_i + \epsilon_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} = Variable respuesta

μ = **Media general**

A_i = **Efecto del factor A**

B_j = **Efecto del factor B**

C_k = **Efecto del factor C**

$(AB)_{ij}$ = **Efecto de la interacción AB**

$(AC)_{ik}$ = **Efecto de la interacción AC**

$(BC)_{jk}$ = **Efecto de la interacción BC**

$(ABC)_{ijk}$ = **Efecto de la interacción ABC**

δ_l = **Efecto de bloques (edades)**

ε_{ijkl} = **Efecto del error experimental**

De acuerdo a los resultados del Análisis de Varianza se procederá a las pruebas de comparación de medias de Tukey.

3.3.8 Técnicas e instrumentación de recolección, procesamiento y análisis de datos

Para la recolección de la información se hará uso de:

- Fichas de investigación bibliográfica
- Tabla de datos experimentales
- Páginas Web de internet.

Para el Procesamiento y Análisis de empleará:

- El paquete informático (EXCEL)
- El programa **Software Stat Graphics.**

IV RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Materia prima

Las materias primas empleadas fueron naranjas de la variedades Huando y Valencia respectivamente., las muestras de estas variedades se diferenciaron entre sí, en color, composición física y composición química proximal conforme se observan en los cuadros 6, 7 y 8.

4.1.1 Evaluación del color de la naranja

El color amarillo o anaranjado de las naranjas en la piel, la pulpa y el zumo se debe a la fracción de carotenoides que tienen. Los carotenoides son una subclase de terpenos (pigmentos) que otorgan el color a muchas frutas y verduras amarillas, naranjas y rojas.

En el cuadro 6, se muestran los resultados de la evaluación del color realizado mediante colorímetro empleando el sistema CIE-L*a*b*; en el se observa que el epicarpio de la variedad Huando posee mayor claridad, cromacidad y tonalidad de amarillo azul ($L^*=85$, $a^*=16$ y $b^*=-9$) que la variedad Valencia ($L^*=65$, $a^*=-6$ y $b^*=5$). Esta diferencia entre cromaticidad y claridad se debe a que la variedad Huando tiene un mejor desarrollo y síntesis de pigmentos como los carotenoides y xantofilas, como lo manifiesta Soule y Grierson, 1986 y mientras que en la variedad valencia predomina las clorofilas.

Cuadro 6. Evaluación del color de la cascara de naranja según variedad.

Sistema CIE-Lab	Variedad Huando	Variedad Valencia
Luminosidad (L*)	85	65
Cromaticidad (a*)	16	-6
Amarillo/azul (b*)	9	5

4.1.2 Composición física de la naranja

Las naranjas difieren en composición física según las variedades existentes, conforme se observa en el cuadro 7, donde las cascara o flavedos de la variedad Huando es mayor (22.96%) con respecto a la variedad de Valencia que presentó 18.41%, esta diferencia, se debe a que los albedos en la variedad Huando son más gruesos que los albedos de la variedad Valencia, como tal, existe diferencia en cuanto a los componentes que lo conforman.

Por otro lado, se observa que la variedad Huando no contiene semilla, mientras que la variedad Valencia sus semillas lo representa el 4.07%, esto por la naturaleza de los mismos, siendo la naranja Huando una variedad de procedencia genotípica.

Asimismo, la variedad Huando presenta membranas (13.07%) más pronunciadas que en la variedad Valencia (8.40%), mientras que esta variedad (Valencia) posee mayor zumo que la variedad Huando por el desarrollo pronunciado de sus vesículas (69.13%), que son los contenedores del mismo.

Cuadro 7. Composición física de la naranja según variedad

Componente	Huando		Valencia	
	gr	%	gr	%
Cascara	45.92	22.96	44.18	18.41
Flavedo	30.02	65.38	32.24	72.97
Albedo	15.90	34.62	11.94	27.03
Semilla	0.00	0	9.76	4.07
Membrana	26.14	13.07	20.16	8.40
Vesícula	127.94	63.97	165.90	69.13

4.1.3 Composición quimicoproximal de los flavedos de naranja

Los valores presentados son el promedio en el cuadro 8, son el promedio de tres repeticiones, en el se observa que el contenido de humedad depende de la calidad de la variedad de naranja, los cuales se diferencian por el grosor de la cáscara, sin embargo, la humedad de todas las muestras en estudio fue similar a lo reportado por Demain y Salomon (1986) con valores de 90.0%, siendo ligeramente superior en 0.8% el contenido de humedad en la variedad Valencia.

En cuanto al contenido de cenizas de las cáscaras de naranja (*Citrus sinensis*), la variedad Valencia presenta valor de 5.84 % y la variedad Huando de 6.78%, valores menores y próximos a lo reportado por Demain y Salomon (1986) que fue de 6.9%. Se observó, que el contenido de grasa de la cáscaras

de naranja en ambas variedades, fueron similares (3.36 y 3.4%) al valor reportado por Demain y Salomon (1986) en la cáscara de naranja (3.4%).

El contenido de proteínas entre las cáscaras de naranja, la variedad Valencia contiene 5.47% y la variedad Huando 5.78% muy aproximado a lo reportado por Demain y Salomon (1986, estas proteínas de las cáscaras son las glucoproteínas presentes en la pared celular primaria donde forman una red de microfibrillas con la celulosa.

La diferencia entre los componentes químicos en las variedades de naranja en estudio, puede ser atribuido a la naturaleza del fruto, estado de madurez, variedad, estado de desarrollo del cultivo y estación del año.

Cuadro 8. Composición quimicoproximal de los flavedos de naranja según variedad por (g/100g bs).

Componente	Variedad	Variedad
	Huando (%)	Valencia (%)
Humedad	8.52	9.36
Materia seca	91.48	90.64
Ceniza	5.84	6.78
Proteína	5.78	5.47
Grasa	3.36	3.4
Carbohidratos	60.84	61.87

4.2 Del proceso de extracción de aceite esencial de flavedos de naranja

Se realizó la extracción de aceite esencial a partir de los flavedos de naranja de variedades Valencia y Huando, acondicionadas mediante operaciones como limpieza y lavado, seguido de una selección y pelado a fin de separar la cascara (flavedo y albedo), como siguiente etapa manualmente mediante cuchillos, se retiró el albedo quedando los flavedos libres para el proceso de extracción, de acuerdo a las densidades de carga (0.4, 0.6 y 0.8 Kg/L) se pesaron 2, 3 y 4 Kg de flavedo, para un volumen de 5 litros. Estando dispuesto la materia prima en estudio en los equipos según los métodos de extracción se inicio el proceso de extracción que mediante el método de arrastre de vapor las condiciones fueron un flujo de vapor de 4Kg/h a una presión de 4 bar, mientras que con el método de hidrodestilación la materia prima fue sumergida en agua para luego con transferencia de calor alcance su punto de ebullición aproximada de 100°C, desalojando de ambos sistemas los vapores mezclados con los aceites esenciales, que fueron finalmente separados mediante condensación y decantación para luego ser pesados y calculado sus rendimientos respectivos

4.2.1 Calculo de rendimiento y eficiencia

4.2.1.1 Rendimiento

En el cuadro 9 y figura 16, se muestran los resultados de los rendimientos expresados en base seca, obtenidos durante el proceso de extracción según las densidades de carga, método de extracción y variedad de materia prima; donde se observa en la variedad Valencia, que con respecto a la densidad de carga usando el método de

hidrodestilación, los rendimientos aumentan proporcionalmente de 1.89%, 2.13% hasta 2.33% conforme aumenta la densidad (0.4, 0.6 y 0.8 Kg/L. Mientras que cuando se empleó el método de arrastre de vapor, el comportamiento fue contrario, (ver figura 18) conforme aumentaron las densidades de carga, los rendimientos disminuyeron proporcionalmente de 2.04%, 2.01% hasta 1.61%, comportamientos debido a que por efecto de saturación de materia prima mediante arrastre de vapor, la transferencia de calor no alcanzó al punto medio de la materia prima, quedando parte de los flavedos sin desalojar el aceite, mientras que por hidrodestilación la ventaja es que la transferencia de calor es homogénea y total, esto confirma a lo manifestado por Calderón Gomez E. et. al (1980), El mismo fenómeno se observa con los rendimientos en el proceso de extracción de aceite a partir de los flavedos de naranja de variedad Huando (ver figura 17 y 19), con la diferencia que los rendimientos debido a la naturaleza y composición, fueron menores a los obtenidos con la variedad Valencia, desde 0.59 hasta 0.89%,

Cuadro 9. Rendimiento (%) en aceite esencial de los flavedos de naranja según densidad de carga, variedad y método de extracción.

Densidad de carga (Kg/L)	Variedad Valencia		Variedad Huando	
	Hidrodestilación	Arrastre de vapor	Hidrodestilación	Arrastre de vapor
0,4	1,88170	2,03581	0,69886	0,75610
	1,89450	2,04966	0,72256	0,78379
	1,90563	2,06170	0,69060	0,74716
Promedio	1,89394	2,04906	0,70401	0,76235
0,6	2,15650	2,03768	0,77936	0,75679
	2,12987	2,01251	0,81233	0,74745
	2,11660	1,99998	0,80727	0,74279
Promedio	2,13432	2,01672	0,79965	0,74901
0,8	2,34568	1,61617352	0,87119	0,58409
	2,33869	1,61135741	0,86859	0,59846
	2,33468	1,60859452	0,89045	0,59743
Promedio	2,33968	1,61204	0,87674	0,59333
Rendimiento promedio	2,12265	1,89261	0,79347	0,70156

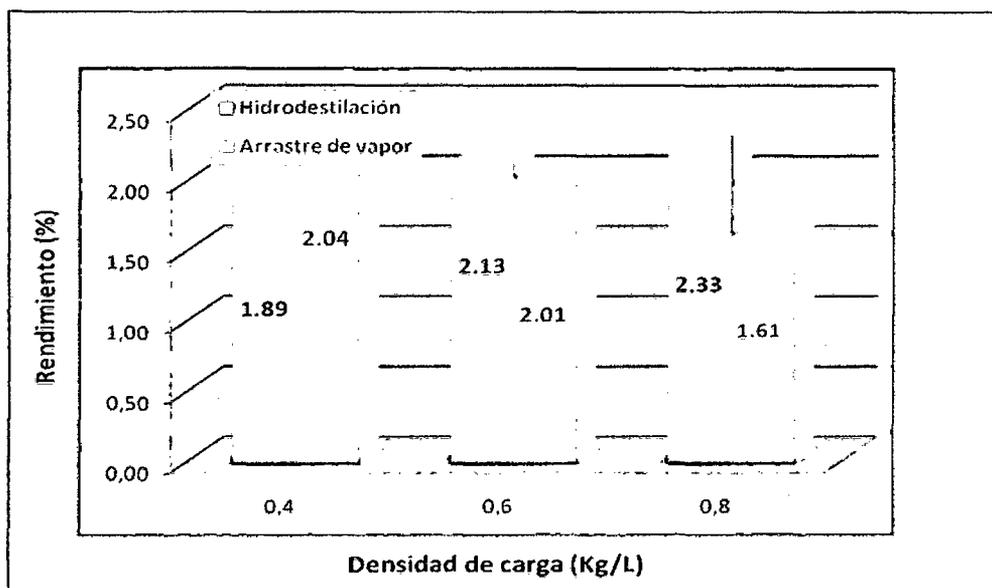


Figura 16. Rendimiento de aceite esencial según densidad de carga y método de extracción en naranja variedad Valencia

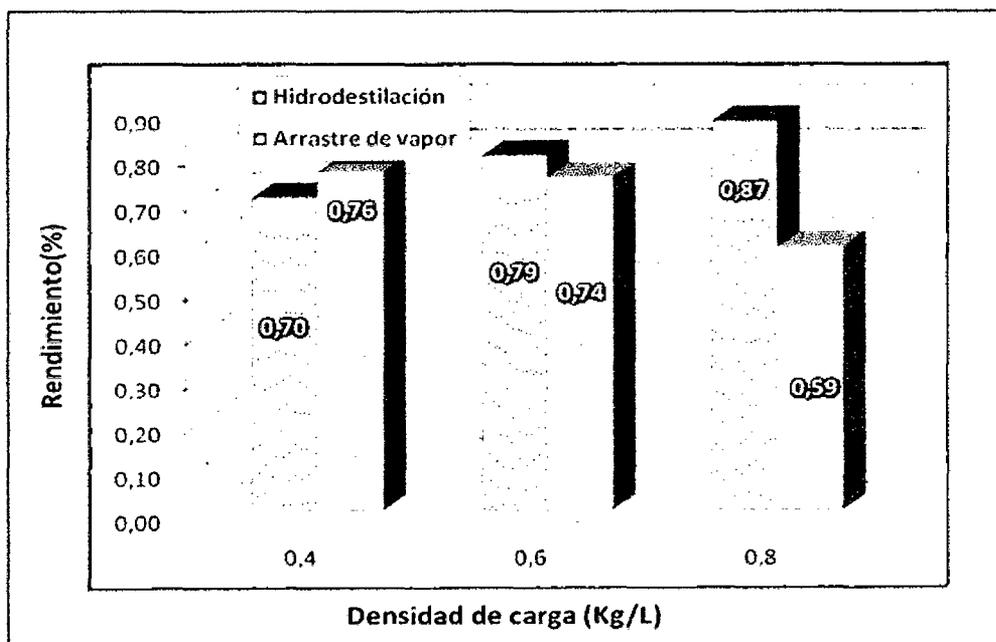


Figura 17. Rendimiento de aceite esencial según densidad de carga y método de extracción en naranja variedad Huando

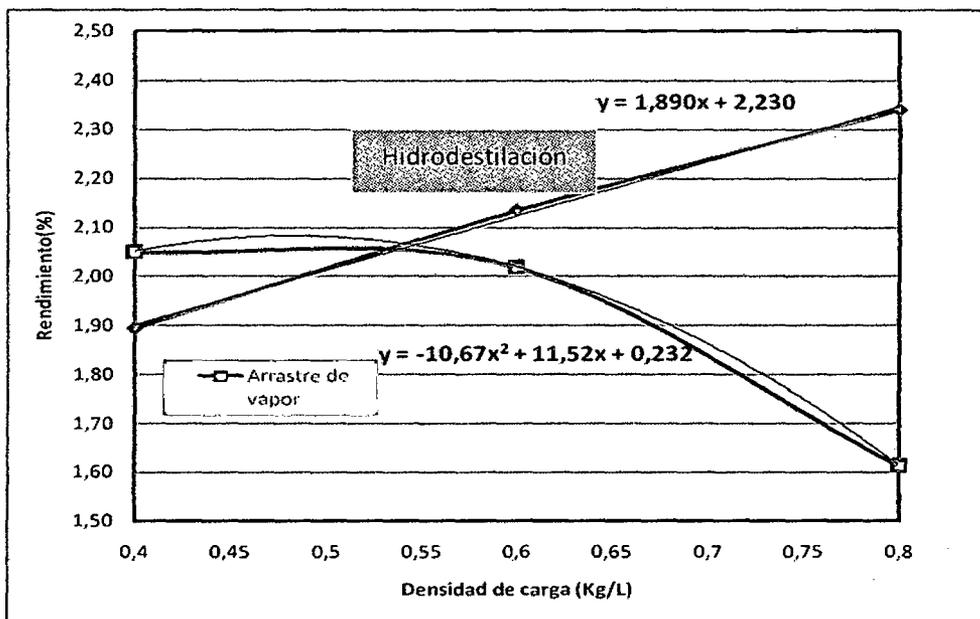


Figura 18. Comportamiento del rendimiento durante la extracción del aceite esencial en la naranja variedad Valencia.

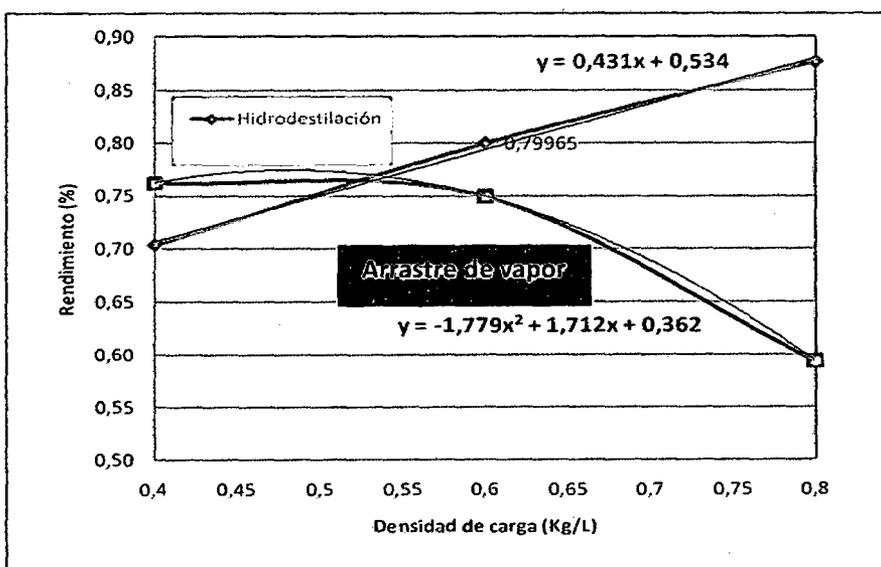


Figura 19. Comportamiento del rendimiento durante la extracción del aceite esencial en la naranja variedad Huando.

4.2.1.2 Eficiencia

En el cuadro 10 y figuras 20 y 21, se muestran los resultados de la eficiencia del proceso de extracción, comparados los rendimientos obtenidos con respecto al contenido total de aceite en los flavedos de naranja. La eficiencia en el caso de la variedad Valencia empleando el método de extracción de hidrodestilación alcanzó hasta 99.20% con una densidad de carga de 0.8Kg/L y mediante arrastre de vapor 86.88% con densidad de carga de 0.4Kg/L, con la variedad Huando mediante hidrodestilación 97.47% con densidad de carga de 0.8Kg/L y con arrastre de vapor de 84.75% a 0.4Kg/L. Por otro lado en la figura 22, se pone en manifiesto que en promedio general la mayor eficiencia se logra empleando el método de extracción de hidrodestilación que llegó al nivel de 98.34% y por arrastre de vapor en promedio extrajo aceite hasta con una eficiencia de 67.16%.

**Cuadro 10. Eficiencia del proceso de extracción según densidad de carga,
variedad y método de extracción.**

Densidad de carga (Kg/L)	Variedad Valencia		Variedad Huando	
	Hidrodestilación	Arrastre de vapor	Hidrodestilación	Arrastre de vapor
0,4	79,78	86,32	77,69	84,06
	80,33	86,91	80,33	87,14
	80,80	87,42	76,78	83,06
Promedio	80,30	86,88	78,27	84,75
0,6	91,44	86,40	86,64	84,13
	90,31	85,33	90,31	83,10
	89,74	84,80	89,75	82,58
Promedio	90,49	85,51	88,90	83,27
0,8	99,46	68,53	96,85	64,93
	99,16	68,32	96,56	66,53
	98,99	68,20	98,99	66,42
Promedio	99,20	68,35	97,47	65,96

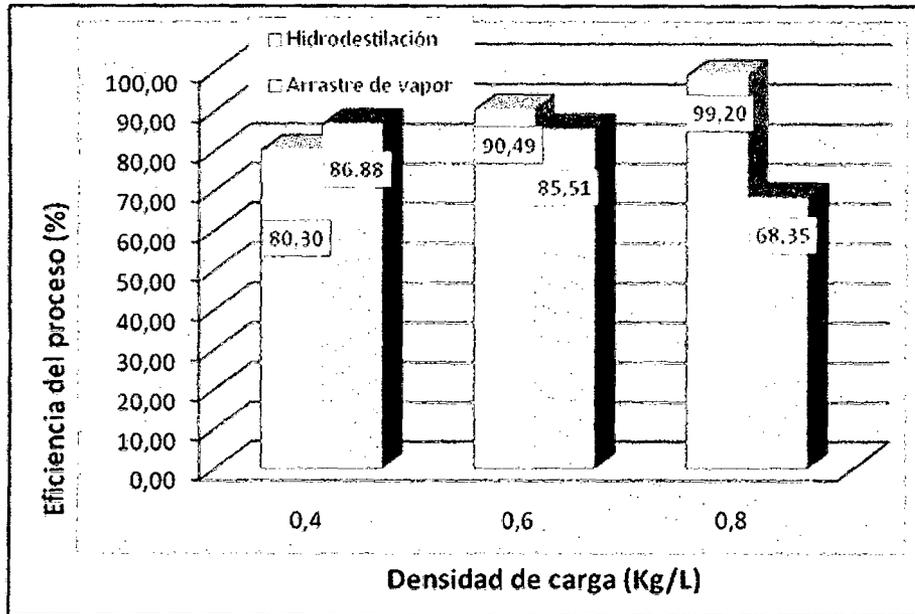


Figura 20. Eficiencia de proceso según densidad de carga en naranja variedad Valencia.

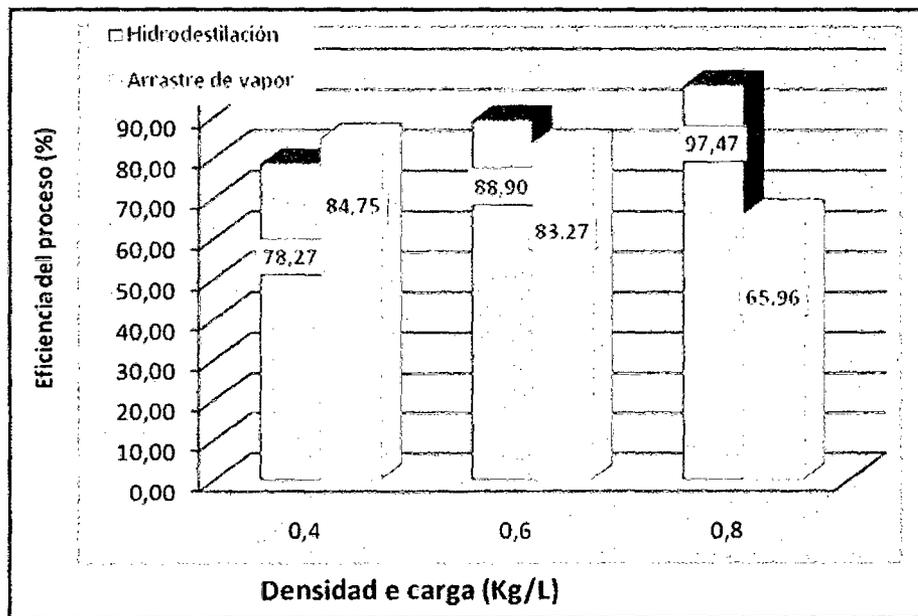


Figura 21. Eficiencia del proceso según densidad de carga en naranja variedad Huando.

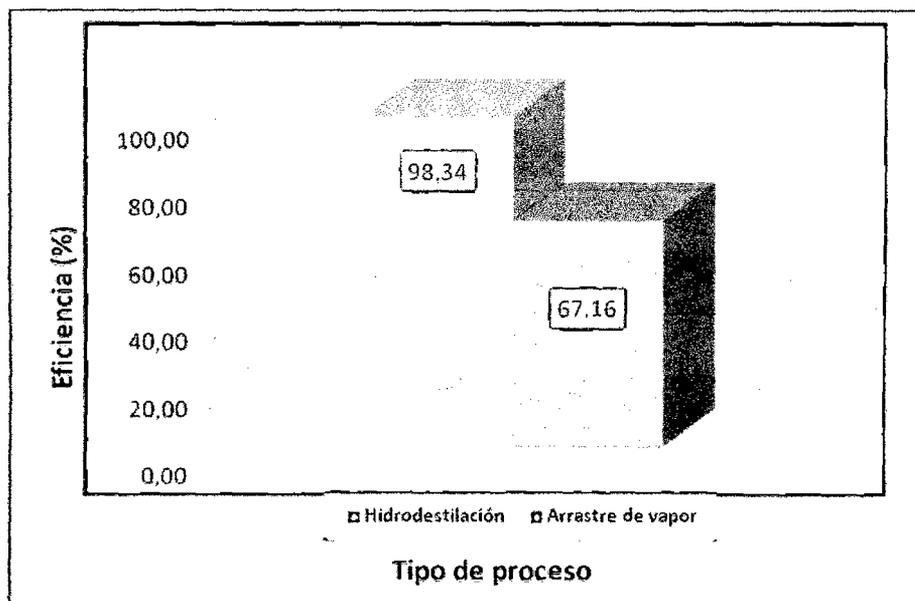


Figura 22. Eficiencia del proceso según método de extracción.

4.3 Análisis fisicoquímica del aceite esencial

4.3.1 Índice de refracción

En el cuadro 11 y figura 23, se presenta los valores de índice de refracción de los aceites esenciales extraídos a partir de los flavedos de naranja de variedades Valencia y Huando, según el método de extracción y la densidad de carga, donde se puede observar que los valores son aproximadamente cercanos a lo reportado (1.472) por Reátegui Díaz, L. (2005) y (1.477) por Yañez, R (2006), teniendo estos valores diferencia a nivel de milésimas, de 1.4733 para la variedad valencia y 1.4774 para la variedad Huando. Los valores son mayores que la unidad, es decir, que tienen alto índice de refracción, debido principalmente a la composición que poseen los aceites que en solución tienen la propiedad de ser ópticamente activos y pueden desviar la luz.

Cuadro 11. Índice de refracción del aceite esencial según densidad de carga, variedad y método de extracción.

Densidad de carga (Kg/L)	Variedad Valencia		Variedad Huando	
	Hidrodestilación	Arrastre de vapor	Hidrodestilación	Arrastre de vapor
0,4	1,4728	1,4718	1,4777	1,4796
	1,4746	1,4763	1,4776	1,4786
	1,4724	1,4715	1,4775	1,4738
Promedio	1,4733	1,4732	1,4776	1,4773
0,6	1,4759	1,4712	1,4776	1,4771
	1,4709	1,4738	1,4759	1,4784
	1,4744	1,4746	1,4774	1,4777
Promedio	1,4735	1,4732	1,4773	1,4775
0,8	1,4726	1,4728	1,4785	1,4759
	1,4729	1,4742	1,4772	1,4777
	1,4731	1,4739	1,4784	1,4738
Promedio	1,4733	1,4733	1,4775	1,4770
Densidad promedio	1,4733		1,4774	

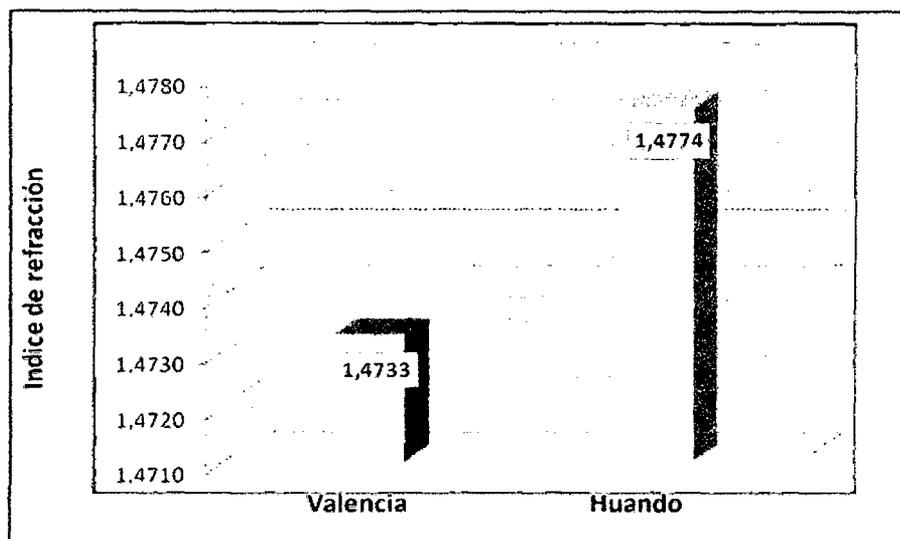


Figura 23. Índice de refracción en el aceite esencial según variedad de naranja

4.3.2 Densidad

Como propiedad química importante se realizaron mediciones de la densidad, mostrándose los resultados en el cuadro 12 y figura 24; como se observa esta propiedad presenta diferencia entre los aceites obtenidos según la variedad más no debido al método de extracción ni tampoco por la densidad de carga. En promedio general la densidad del aceite de los flavedos de naranja de variedad de Valencia fue de 0.8431 g/ml y del aceite de variedad Huando de 0.8474, con diferencia en milésimas entre sí y con respecto a lo reportado (0.8450 g/ml) por Yañez , R. et al, 2006. Debido al contenido de alcoholes, esteres y aldehídos, la densidad de los aceites a temperatura de 20°C es menor a la del agua.

Cuadro 12. Densidad del aceite esencial según densidad de carga, variedad y método de extracción.

Densidad de carga (Kg/L)	Variedad Valencia		Variedad Huando	
	Hidrodestilación	Arrastre de vapor	Hidrodestilación	Arrastre de vapor
0,4	0,842	0,841	0,847	0,849
	0,843	0,844	0,848	0,847
	0,843	0,842	0,847	0,846
Promedio	0,8427	0,8423	0,8473	0,8473
0,6	0,843	0,842	0,848	0,847
	0,845	0,843	0,847	0,847
	0,844	0,843	0,848	0,849
Promedio	0,8440	0,8427	0,8477	0,8477
0,8	0,842	0,842	0,848	0,846
	0,844	0,844	0,847	0,847
	0,844	0,844	0,847	0,848
Promedio	0,8433	0,8433	0,8473	0,8470
Densidad promedio	0,8431		0,8474	

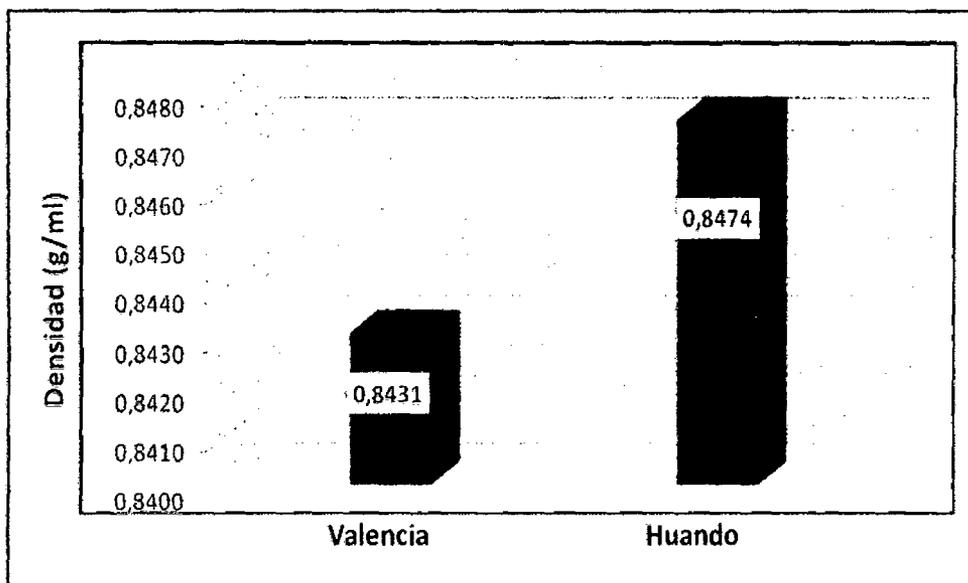


Figura 24. Densidad del aceite según variedad de naranja

4.4 Análisis estadístico

4.4.1 Análisis estadístico del rendimiento

Al realizar la extracción de aceite esencial a partir de los flavedos de naranja mediante los métodos de hidrodestilación y arrastre de vapor, en función a la densidad de carga y a las variedades de naranja como Valencia y Huando, los rendimientos se vieron afectados altamente significativa, conforme se observa en el análisis de varianza que se muestra en el cuadro 13, esta significancia, se presenta en forma independiente, así como, a través de las interacciones entre sí. Este confirma con lo manifestado de Bandoni (2002) quien sustenta que la hidrodestilación obtiene rendimiento relativamente altos debido a los sobrecalentamientos en agua por parte de las cascaras, mientras que Sánchez (2006) manifiesta que mediante arrastre por vapor, se logran romper las células y así se liberan más fácil y en mayor proporción

los aceites esenciales. Es preciso realizar los análisis de comparación de medias, a fin de analizar el grado de diferenciación entre las interacciones.

Cuadro 13. Análisis de varianza para la evaluación del rendimiento

Fuente de Variabilidad	GL	SC	CM	F_{exp}	F_{tab} (5%)	F_{tab} (1%)	SIG
Efecto de Variedad (A)	1	14,29	14,29	72931,32	4,26	7,82	**
Efecto de Densidad de carga (B)	2	0,04	0,02	103,15	3,4	5,61	**
Efecto de Método de extracción(C)	1	0,23	0,23	1190,16	4,26	7,82	**
Efecto interacción (AB)	2	0,007	0,01	19,39	3,4	5,61	**
Efecto interacción (AC)	1	0,58	0,58	3005,16	4,26	7,82	**
Efecto interacción (BC)	2	0,042	0,021	109,55	3,4	5,61	**
Efecto de interacción (ABC)	2	0,11	0,057	294,60	3,4	5,61	**
Error experimental	24	0,005	0,0001				
Total	35	15,32	0,437				

4.4.2 Análisis estadístico del índice de refracción

Con respecto al índice de refracción de los aceites esenciales extraídos, esta influenciado estadísticamente de manera altamente significativa por las variedades de naranja, es decir, que el índice de refracción varía según las características de cada variedad de naranja más no por la densidad de car5ga ni por el método de extracción, es decir, que el índice de refracción del aceite esencial de la variedad Valencia difieres del índice de refracción del aceite esencial de la variedad de Huando, diferencias que se deben muy probable a las características como composición, naturaleza y grado de madurez de las frutas empleadas.

Cuadro 14. Análisis de varianza para la evaluación del índice de refracción

Fuente de Variabilidad	GL	SC	CM	F_{exp}	F_{tab} (5%)	F_{tab} (1%)	SIG
Efecto de Variedad (A)	1	0,0001388	0,0001	48,72	4,26	7,82	**
Efecto de Densidad de carga (B)	2	0,0000007	0,00000036	0,12	3,4	5,61	ns
Efecto de Método de extracción(C)	1	0,0000006	0,00000061	0,21	4,26	7,82	ns
Efecto interacción (AB)	2	0,0000005	0,00000025	0,08	3,4	5,61	ns
Efecto interacción (AC)	1	0,0000011	0,00000112	0,39	4,26	7,82	ns
Efecto interacción (BC)	2	0,0000009	0,00000045	0,15	3,4	5,61	ns
Efecto de interacción (ABC)	2	0,0000071	0,00000357	1,25	3,4	5,61	ns
Error experimental	24	0,0000684	0,00000285				
Total	35	0,0002182	0,00000624				

4.4.3.- Análisis estadístico de la densidad

Como una propiedad química importante complementaria al índice de refracción, se evaluó la densidad de los aceites obtenidos según los factores de estudio, encontrándose según el análisis de varianza mostrado en el cuadro 15, que la densidad de los aceites se ven influenciados por la variedad, más no así por la densidad de carga tampoco de sus interacciones de estos. Como tal, es importante conocer la diferencia del índice de refracción según las variedades, los cuales se muestran en la prueba de comparación de medias (Tuckey), en los siguientes acápite.

Cuadro 15. Análisis de varianza para la evaluación de la densidad

Fuente de Variabilidad	GL	SC	CM	Fexp	Ftab (5%)	Ftab (1%)	SIG
Efecto de Variedad (A)	1	0,0001690	0,00016900	59,304	4,26	7,82	**
Efecto de Densidad de carga (B)	2	0,0000021	0,00000103	0,361	3,4	5,61	ns
Efecto de Método de extracción(C)	1	0,0000010	0,00000100	0,351	4,26	7,82	ns
Efecto interacción (AB)	2	0,0000015	0,00000075	0,263	3,4	5,61	ns
Efecto interacción (AC)	1	0,0000004	0,00000044	0,156	4,26	7,82	ns
Efecto interacción (BC)	2	0,0000005	0,00000025	0,088	3,4	5,61	ns
Efecto de interacción (ABC)	2	0,0000011	0,00000053	0,185	3,4	5,61	ns
Error experimental	24	0,0000247	0,00000103				
Total	35	0,0002002	0,00000572				

4.5 Prueba de comparación de medias (Tuckey) para el rendimiento

Con respecto a la prueba de comparación de medias, se observa en el cuadro 16, que en la variedad Valencia, el rendimiento promedio fue 2.01%, mayor al rendimiento

obtenido con la variedad Huando, que fue de 0.75%, diferencia que se presenta por la composición y naturaleza de cada fruta según variedad.

Por otro lado, con respecto a la densidad de carga, se observa que el mayor rendimiento obtenido de aceite esencial extraído, se presenta con la densidad de carga de 0.6 Kg/L que fue de 1.4249%, seguido con la densidad de carga de 0.8 Kg/L y finalmente con la densidad de carga de 0.4 Kg/L que fueron 1.3554% y 1.3523% respectivamente. Demostrando que con 0.6 Kg/L es el óptimo, más no así con mayor carga, debido a que por ambos métodos empleados, se ven limitados por exceso y baja concentración a la superficie de contacto a los medios de transferencia de calor.

Asimismo, el mayor rendimiento se obtuvo con el método de hidrodestilación por efecto de que al estar sumergido con agua, la materia prima tiene mayor área superficial dispuesta por lo tanto mayor contacto y transferencia de calor, que rompe las células y libera mayor proporción es la extracción de aceite esencial.

Con respecto a la interacción variedad de naranja y densidad de carga, el rendimiento mayor se manifestó cuando se empleó la variedad valencia con la densidad de carga de 0.6 Kg/L con 2.08%, seguido las demás interacciones, donde el menor rendimiento se obtuvo con la variedad Huando y la densidad de carga de 0.4 Kg/L.

De la misma forma, con la interacción de la variedad Valencia y el método de destilación por Hidrodestilación se obtuvo el mejor rendimiento de 2.12% y la más baja con la variedad de Huando y el método de destilación de arrastre de vapor con 0.70%.

Por otra parte, el cuadro 16, muestra que el rendimiento mayor obtenido cuando se evaluó la interacción entre la densidad de carga y método de destilación, fue la densidad de carga de 0.6% y el método e hidrodestilación, que permitió obtener hasta 1.61% y el más bajo cuando se empleó la densidad de carga de 0.8 Kg/L y mediante hidrodestilación, demostrando que a mayor concentración el método de hidrodestilación pierde su efectividad en la extracción.

Cuadro 16. Prueba de comparación de medias para rendimientos

Para los niveles del factor A (variedad)

Orden	Tratamiento	Promedio	Comparación
1	Variedad Valencia	2,01	a
2	Variedad Huando	0,75	b

Para los niveles del factor B (densidad de carga)

Orden	Tratamiento	Promedio	Comparación
1	0,6 Kg/L	1,4249	a
2	0,8 Kg/L	1,3554	b
3	0,4 Kg/L	1,3523	b

Para los niveles del factor C (Método de extracción)

Orden	Tratamiento	Promedio	Comparación
1	Hidrodestilación	1.4580	a
2	Arrastre de vapor	1.2970	b

Para los niveles de la interacción AB

Orden	Tratamiento	Promedio	Comparación
1	aobo	2,08	a
2	aob2	1,98	b

3	aob1	1,97	b
4	alb1	0,77	c
5	alb2	0,74	d
6	albo	0,73	d
Para los niveles de la interacción AC			
Orden	Tratamiento	Promedio	Comparación
1	aoco	2,12	a
2	aocl	1,89	b
3	alco	0,79	c
4	alcl	0,70	d
Para los niveles de la interacción BC			
Orden	Tratamiento	Promedio	Comparación
1	b1co	1,61	a
2	b2co	1,47	b
3	bocl	1,41	c
4	b1cl	1,38	d
5	boco	1,30	e
6	b2c1	1,10	f

Finalmente, en el cuadro 17, se muestra la prueba de comparación de medias realizado a los rendimientos en aceite esencial de parte de los flavedos de naranja, según las interacciones entre las variedades (A), densidades de carga (B) y métodos de extracción (C), donde con la variedad valencia, densidad de carga de 0.6Kg/L y el método de hidrodestilación se obtuvo el mayor rendimiento de 2.34%, valor ligeramente mayor obtenido por diversos autores como Bandoni (2002) y Sánchez (2006), seguido, con

2.13% la variedad Valencia cuando fue sometido a 0.4Kg/L y extraído mediante hidrodestilación, siendo el menor rendimiento de 0.59% cuando los flavedos de la variedad Huando, estuvo dispuesto con una densidad de carga de 0.6 Kg/L y al método de extracción de arrastre de vapor.

Cuadro 17. Prueba de comparación de medias para rendimientos según interacciones ABC.

Orden	Tratamiento	Promedio	Comparación
1	aob2co	2,34	a
2	aob1co	2,13	a
3	aobocl	2,05	b
4	aoblcl	2,02	b
5	aoboco	1,89	c
6	aob2c1	1,61	c
7	alb2co	0,88	d
8	alb1co	0,80	d
9	albocl	0,76	e
10	alblcl	0,75	e
11	alboco	0,70	f
12	alb2c1	0,59	f

V. CONCLUSIONES

- El rendimiento del aceite esencial obtenido, se ve influenciado proporcionalmente por la densidad de carga, (0.4, 0.6 y 0.8 Kg/L), naturaleza y composición de las variedades de naranja (Valencia y Huando) y por los métodos de extracción de hidrodestilación y arrastre de vapor y la calidad es influenciado por la variedad.
- El rendimiento en base seca promedio del aceite esencial obtenido a partir de la variedad Valencia fue de 2.0% y de la variedad Huando fue 0.74 %, según el método de hidrodestilación se alcanzó 1.45% y mediante arrastre de vapor 1.29 %, con 0.4Kg/L de 1.34 %, a 0.6 Kg/L de 1.41 % y 0.8% de 1.35%.
- Los parámetros de calidad de los aceites, como el índice de refracción (1.47) y densidad, (0.84 g/ml) estadísticamente no fueron influenciados por la densidad de carga y método de extracción, más si la composición, por efecto de la variedad.
- De los análisis estadísticos se concluye que con densidad de carga de 0.6 Kg/L, con el método de hidrodestilación y con la variedad de naranja Valencia se obtuvo el más alto rendimiento de 2.13% y una eficiencia del 90.49%.

VI. RECOMENDACIONES

- Conociendo que los flavedos de las naranjas de la variedad Valencia y Huando contienen aceites esenciales importantes para la aplicación en diferentes sectores industriales, es necesario realizar estudios de separación de las fracciones ricas de los compuestos monoterpénicos presentes en dichos aceites.
- Realizar un estudio técnico-económico de la posibilidad de producir y comercializar en la Región Ancash, el aceite esencial de los flavedos de naranja de las variedades Valencia y Huando, ricas en compuestos monoterpénicos.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Acevedo Belén. A. Componentes volátiles del aceite esencia de lima. Universidad Nacional del nordeste. Facultad de Ingeniería Química. Argentina (2006).
2. Azcón, J., y Talón, M. Fundamentos de fisiología vegetal. 1ª Ed. McGraw- Hill Interamericana. Madrid: 261 p. (2000).
3. Badui, S. Química de los Alimentos. Edit. Alhambra. México, D.F. (1984).
4. Bandoni, A. Los recursos vegetales aromáticos en Latinoamérica, su aprovechamiento industrial para la producción de aromas y sabores. Argentina: Red de Editoriales Universitarias. p.p. 29-43, 94-96, 149-171, 197-232. (2000).
5. Belitz, H.; Grosch, W. Química de los Alimentos. Acribia. Zaragoza, España. (1985).
6. Braverman, J. Introducción a la Bioquímica de los alimentos. Edit. Ber, Zeki. México. (1998).
7. Bruneton, J. Farmacognosia. Fitoquímica. Plantas Medicinales. 2ª Ed. Zaragoza: Acribia S. A. (2001).
8. Cadby, P.A. et al. Gragances: are they safe?. Flavour Fragr. J., 17. 472-477. (2002).
9. Calderón Gomez E. et. al Estudios de aceites esenciales. Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional. Colombia. (1980).
10. Carey, F.A. Química Orgánica. Tercera edición. Ed. McGraw-Hill, Inc., Madrid. España. Pp. 945-953. (1999).

11. Code of Federal Regulations. U.S. Government Printing Office. Title 21, Vol. 3, Chapter I, Part. 182, Subpart A, 456-460. April 1.
12. Coronel, C.P. Vapores de extractos de especias y condimentos como agentes antimicrobianos. Tesis de maestría. Universidad de las Américas. Puebla. México. (2004).
13. Costa-Batllo, D. (2003). Antioxidantes naturales en alimentación animal. Conferencia inaugural del curso académico 2003-2004. Real Academia de Ciencias Veterinarias. Citado en Ramirez, M. Extracción por arrastre de vapor y análisis de propiedades antioxidantes del aceite esencial de romero. Tesis de Licenciatura. Universidad de las Américas. Puebla. México. (2008).
14. Denny, E. Hidro-distillation of oils from aromatic herbs. *Perfumer & Flavorist.*, 14, pp. 57. (1989).
15. Dewick, P.M. Medicinal natural products: A biosynthetic approach. Segunda edición., Edit. Wiley & Sons Ltda, Londres, pp. 7-12, 167. (2002).
16. Enciclopedia Salvat de las Ciencias. Industria de las esencias y de los perfumes. Barcelona: Salvat. 16: 315p. (1972).
17. Fisher, K. y Phillips, C. Potential antimicrobial uses oils and foods: is citrus the answer. *Trends in Food Science and Technology.* 19:156. (2008).
18. García, H. Esencias naturales. Madrid. España. (1973).
19. Gunther, E. The Essential Oils. Vol. 1: History and origin in Plants Production Analysis Krieger Publishing: New York, USA. (1948).

20. Jirovetz, L.; Buchbauer, G. Processing, análisis and application of esencial oils. Ed. Har Krishan Bhalla & Sons, Dehradun, India. Pp. 21-23. (2005).
21. Juarez et al. Caracterización del aceite esencial de lima dulce (*Citrus limetta*) en sus diferentes estados de madurez. Departamento de Ingeniería Bioquímica, Instituto Tecnológico de Celaya. (2003).
22. Kekulé, L., Citado en: Mesmin Meken Sonwa, Isolation and structure elucidation of essential oils constituents: Comparative study of the oils of *Cyperus alopecuroides*, *Cyperus papyrus*, and *Cyperus rotundus*. Tesis Doctoral (2000): Facultad de Química. Universidad de Hamburg. 158 p. (1866).
23. Lahlou, M. Methods to study the phytochemistry and bioactivity of essential oils. *Phytotheaphy Resarch*. 18. Pp. 435-448. 194. (2004).
24. Li, J. et al Physicochemical properties of selected monoterpenes. *Environment International*. 24, 3, 353-358. (1998).
25. Lincoln T, Zeiger E "Secondary Metabolites and Plant Defense" (2006)
26. Lopez JB, et al. *J. Essent Oil Res*. 17:1-7. (2005).
27. MINAG, FAO (2009).
28. Paré. J.R.J. The chemistry of essential oils and artificial perfumes, Volumen 2. Scott, Greenwood and Son, Londres, pp 1, 299-309. (1992).
29. Reátegui Díaz, L., Hidroextracción y fraccionamiento del aceite esencial de cáscara de naranja. Lima. Perú. (2005).

30. Rojas, J., Pereda, V., y Stashenko, E. Obtención de aceites esenciales y pectinas a partir de subproductos de jugos cítricos. VITAE., Revista de la Facultad de Química y Farmacéutica. Volumen 16. Nº 1. Pag. 110-115. (2008).
31. SAGARPA, Naranja. Disponible :
<http://www.siap.sagarpa.gob.mx/ventanalM.php?idCat=188&url=w4siap.gob.mx/ApEstado/Monografias/Monografias2/Naranja.html> Adquirido:18/Enero/2010.
32. Sell, C.S. A fragrant introduction to terpenoid chemistry. Primera edición, Royal Society of Chemistry, 2003. 396p. (2003).
33. Stashenko, E.e.; Combariza, y.; Puertas, Aceites esenciales, técnicas de extracción y análisis. laboratorio de fitoquímica. Bucaramanga. Colombia: 30 p. (1998).
34. Smid, E.J.; Witte, Y.; and Gorris, L.G. Secondary plant metabolites as control agents of postharvest *Penicillium* rot on tulip bulbs. *Biol. Technol*, 1995, 6, p.p. 303 (1995).
35. Tsarkova, T. Desarrollo de la técnica de extracción de metabolitos secundarios de plantas aromáticas utilizando la radiación de microondas. Tesis de maestría (Química). Facultad de Ciencias, Universidad industrial de Santander, Bucaramanga. pp. 27-31. (1997).
36. Weiss E.A Essential Oil Crops. Cab. International: New York, USA, pp.417-511. (1997).
37. Yañez X. Monoterpenos y sesquiterpenos del aceite esencial foliar de *Myrcianthes rhopaloides*, obtenido por hidroddestilación asistida por microondas. CLON3(2): 24-30. (2005).

ANEXOS

Anexo 1

Carbohidratos Totales

Este método determina la cantidad de carbohidratos totales, basándose en su contenido de almidones hidrolizables y azúcares solubles.

Reactivos

- Solución de ácido perclórico al 52 %. 279ml de ácido perclorico (grado específico 1.70) en 100 ml de agua destilada; deje enfriar antes de usar.
- Solución de ácido sulfúrico. 760ml de H₂SO₄ (grado específico 1.84) en 330ml de agua destilada; deje enfriar antes de usar.
- Reactivo Anthrone. Prepare suficiente reactivo Anthrone preparando una solución de ácido sulfúrico al 0.1 % con el fin de usarla el mismo día.
- Solución estándar de glucosa. Disuelva 100mg de glucosa en 100ml de agua.
- Solución estándar de glucosa diluida. Diluya 10ml del estándar de glucosa a 100 ml de agua destilada (1ml = 0.1mg de glucosa).

Materiales y Equipo

- Espectrofotómetro.
- Papel filtro Wathman N°. 542 o Schleicher y Schill N°. 150.

Procedimiento

Extracción:

1. Pese con aproximación de 0.001g 1.0g de muestra seca ó 2.5g de muestra húmeda conteniendo aproximadamente de 60 a 300 mg de carbohidratos totales disponibles.
2. Transfiera cuantitativamente a una probeta graduada de 100 ml con tapón.

3. Adicione 10 ml de agua y agite con una varilla de vidrio para dispersar la muestra.
4. Adicione 13 ml de la solución de ácido perclórico. Agite constantemente con la varilla de vidrio durante 20 minutos.
5. Enjuague la varilla con agua destilada y lleve el volumen a 100 ml. Mezcle y filtre a un matraz volumétrico de 250 ml.
6. Enjuague la probeta graduada con agua destilada y adicione al matraz volumétrico. Afore el matraz con agua destilada y agite.

Determinación:

1. Diluya 10 ml del extracto a 100 ml con agua destilada. Con una pipeta pase a un tubo de ensaye 1 ml del filtrado diluido.
2. Tome con la pipeta dos muestras de 1 ml de agua destilada que servirán como blancos por duplicado y coloque cada uno de ellos en un tubo de ensaye.
3. Tome dos blancos duplicados de 1 ml usando la solución de glucosa diluida.
4. Agregue rápidamente a todos los tubos 5ml de reactivo de anthrone recién preparado. Tape los tubos y mezcle vigorosamente. Colóquelos en un baño maría y caliente durante 12 minutos.
5. Enfríe rápidamente a temperatura ambiente. Transfiera la solución a celdas para espectrofotómetro de 1 cm. El color verde es estable sólo por 2 horas.
6. Lea la absorbancia a 630 nm contra el blanco.

Cálculos

Carbohidratos totales disponibles (% de glucosa) = $(25 \times b)/(a \times W)$

Donde

W = Peso en g de la muestra.

a = Absorbancia del estándar diluido¹.

b = Absorbancia de la muestra diluida.

¹ El gráfico es una línea recta en el rango de 0 – 0.15 mg de glucosa (manual) 0.0 – 1.5 mg de glucosa (automático).

ANEXO 2

DETERMINACIÓN DE PROTEINAS

1. OBJETIVO

Determinar la concentración de nitrógeno presente en la muestra para luego ser transformado a través de un factor en proteína.

2. ALCANCE Y CAMPO DE APLICACIÓN

El método es aplicable a alimentos en general.

3. FUNDAMENTO

El método se basa en la destrucción de la materia orgánica con ácido sulfúrico concentrado, formándose sulfato de amonio que en exceso de hidróxido de sodio libera amoníaco, el que se destila recibiendo en:

- a) Acido sulfúrico donde se forma sulfato de amonio y el exceso de ácido es valorado con hidróxido de sodio en presencia de rojo de metilo, o
- b) Acido bórico formándose borato de amonio el que se valora con ácido clorhídrico.

4. REFERENCIAS

A.O.A.C. Official Methods of Analysis 13 th Edition, 1984.

FAO Food and Nutrition Paper 14/7 Roma, 1986

5. MATERIAL Y EQUIPO

5.1.- Balanza analítica, sensibilidad 0.1 mg.

5.2.- Equipo Kjeldahl

- 5.3.- Manto calefactor
- 5.4.- pHmetro
- 5.5.- Material usual de laboratorio.

6. REACTIVOS

- 6.1.- Acido sulfúrico concentrado, p.a.
- 6.2.- Sulfato de potasio o sulfato de sodio, p.a.
- 6.3.- Sulfato cúprico, p.a.
- 6.4.- Solución de hidróxido de sodio al 15 % . Disolver 150 g de NaOH y completar a 1 litro.
- 6.5.- Solución de ácido sulfúrico 0.1 N. Tomar 2.7 mL de H₂SO₄ conc. y completar a 1 litro, luego estandarizar con Na₂CO₃ anhidro p.a.
- 6.6.- Solución de hidróxido de sodio al 30 % . Disolver 300 g de NaOH y completar a 1 litro.
- 6.7.- Solución indicadora de rojo de metilo al 1 % en etanol. Disolver 1 g de rojo de metilo en 100 mL de etanol (95 %).
- 6.8.- Solución de hidróxido de sodio 0.1 N. Tomar 4 g de NaOH y enrasar a 1 litro con agua recientemente hervida y enfriada. Valorar con ácido succínico.
- 6.9.- Acido bórico al 3 % . Disolver 30 g de ácido bórico y completar a 1 litro.
- 6.10.- Indicador de Tashiro: rojo de metilo al 0.1 % y azul de metileno al 0.1 % en relación de 2:1, en alcohol etílico.
- 6.11.- Solución de ácido clorhídrico 0.1 N. Tomar 8.3 mL de HCl conc. y enrasar a 1 litro. Valorar con Na₂CO₃ anhidro.

7. PROCEDIMIENTO

- 7.1.- Realizar la muestra en duplicado.
- 7.2.- Efectuar un ensayo en blanco usando una sustancia orgánica sin nitrógeno (sacarosa) que sea capaz de provocar la reducción de los derivados nítricos y nitrosos eventualmente presentes en los reactivos.
- 7.3.- Pesar al 0.1 mg. alrededor de 1 g de muestra homogeneizada (m) en un matraz de digestión Kjeldahl.
- 7.4.- Agregar 3 perlas de vidrio, 10 g de sulfato de potasio o sulfato de sodio, 0.5 g de sulfato cúprico y 20 mL de ácido sulfúrico conc.
- 7.5.- Conectar el matraz a la trampa de absorción que contiene 250 mL de hidróxido de sodio al 15 %. El disco poroso produce la división de los humos en finas burbujas con el fin de facilitar la absorción y para que tenga una duración prolongada debe ser limpiado con regularidad antes del uso.

Los depósitos de sulfito sódico se eliminan con ácido clorhídrico. Cuando la solución de hidróxido de sodio al 15 % adicionada de fenolftaleína contenida en la trampa de absorción permanece incolora debe ser cambiada (aprox. 3 análisis).
- 7.6.- Calentar en manta calefactora y una vez que la solución esté transparente, dejar en ebullición 15 a 20 min. más. Si la muestra tiende a formar espuma agregar ácido esteárico o gotas de silicona antiespumante y comenzar el calentamiento lentamente.
- 7.7.- Enfriar y agregar 200 mL de agua.
- 7.8.- Conectar el matraz al aparato de destilación, agregar lentamente 100 mL de NaOH al 30 % por el embudo, y cerrar la llave.
- 7.9.- Destilar no menos de 150 mL en un matraz que lleve sumergido el extremo del refrigerante o tubo colector en:

- a) 50 mL de una solución de ácido sulfúrico 0.1 N, 4 a 5 gotas de rojo de metilo y 50 ml de agua destilada. Asegurar un exceso de H₂SO₄ para que se pueda realizar la retrotitulación. Titular el exceso de ácido con NaOH 0.1 N hasta color amarillo o
- b) 50 mL de ácido bórico al 3 %. Titular con ácido clorhídrico 0.1 N hasta pH 4.6 mediante un medidor de pH calibrado con soluciones tampón pH 4 y pH 7, o en presencia del indicador de Tashiro hasta pH 4.6. Cada cierto tiempo es necesario verificar la hermeticidad del equipo de destilación usando 10 mL de una solución de sulfato de amonio 0.1 N (6.6077 g/L), 100 mL de agua destilada y 1 a 2 gotas de hidróxido de sodio al 30 % para liberar el amoníaco, así como también verificar la recuperación destruyendo la materia orgánica de 0.25 g de L(-)-Tirosina

El contenido teórico en nitrógeno de este producto es de 7.73 %. Debe recuperarse un 99.7 %.

8. CALCULO Y EXPRESIÓN DE RESULTADOS

$$8.1.- \quad \% N = \frac{14 \times N \times V \times 100}{m \times 1000}$$

$$8.2.- \quad \% \text{ Proteína} = \frac{14 \times N \times V \times 100 \times \text{factor}}{m \times 1000}$$

Donde:

V : 50 mL H₂SO₄ 0.1 N - gasto NaOH 0.1 N o gasto de HCl 0.1 N

m : masa de la muestra, en gramos

factor: 6.25: para carne, pescado, huevo, leguminosas y proteínas en general

ANEXO 3

DETERMINACIÓN DE GRASA

1. OBJETIVO

Determinar la concentración total de materia grasa.

2. CAMPO DE APLICACIÓN

El método es aplicable a alimentos que han sido sometidos a tratamientos térmicos y para los cuales se desea extraer la totalidad de la grasa.

3. PRINCIPIO

Una cantidad previamente homogeneizada, medida o pesada del alimento se somete a una hidrólisis ácida con HCL concentrado para separar la materia grasa de los hidratos de carbono o proteínas, la que luego es absorbida por la celite. Posteriormente, se realiza la extracción total de la materia grasa por soxhlet.

4. REFERENCIAS

4.1 Official Methods of Analysis A.O.A.C. 15th Edition, U.S.A.(1990)

5. MATERIAL Y EQUIPO

5.1 Matraz erlenmeyer de 250 mL

5.2 Perlas de vidrio

5.3 Sistema refrigerante

5.4 Baño termoregulado

5.5 Sistema de filtración con vacío

5.6 Papel filtro o dedal de celulosa, pipeta

5.7 Sistema extractor Soxhlet

5.8 Manto calefactor o rotavapor

5.9 Estufa de aire a $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$

5.10 Balanza analítica

5.11 Material usual de laboratorio

6. REACTIVOS

6.1 Acido clorhídrico concentrado 37 % p.a

6.2 Celit

6.3 Éter de petróleo P.E. $40-60^{\circ}\text{C}$ p.a

7. PROCEDIMIENTO

a. Preparación de la muestra:

- i. Pesarse en un matraz erlenmeyer de 250 mL entre 2 a 5 gramos de muestra, previamente homogenizada, adicionar 10 mL de agua y 10 mL de ácido clorhídrico más algunas perlas de ebullición.
- ii. Conectar al sistema refrigerante, calentar por 45 minutos, agitando a intervalos de 10 minutos.
- iii. Preparar una suspensión que contenga 3 gramos de acelite en 20 mL de agua.
- iv. Una vez terminado el calentamiento, adicionar 1 gramo de celite y agitar.
- v. Proceder a filtrar al vacío por medio de un embudo Buchner con papel filtro, adicionados de la suspensión de celite preparada previamente.
- vi. Secar el papel filtro con la celite y la grasa adsorbida en estufa a $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 1 hora y extraer la grasa por Soxhlet.

b. Determinación por Soxhlet

- i. Incorporar la muestra hidrolizada y seca a un dedal de celulosa o envolver en papel filtro.
- ii. Colocar el dedal en el tubo de extracción y adicionar el solvente al matraz previamente tarado.
- iii. Extraer la muestra con solvente por 6 a 8 horas a una velocidad de condensación de 3-6 gotas/seg.
- iv. Cuando se completa la extracción eliminar el solvente en rotavapor o evaporando con precaución bajo campana, hasta que se evapore todo el éter.
- v. Secar el matraz en estufa a $103 \pm 2^\circ\text{C}$ por 30 min, enfriar en desecador y pesar.

8. CALCULO Y EXPRESION DE RESULTADOS

$$\% \text{ grasa cruda} = \frac{m_2 - m_1}{m} \times 100$$

Donde :

m : peso de la muestra

m1: tara del matraz solo

m2: peso matraz con grasa.

Los resultados se informan en % de materia grasa.

ANEXO 4

DETERMINACIÓN DE CENIZAS

CENIZAS TOTALES

Se denomina así a la materia inorgánica que forma parte constituyente de los alimentos (sales minerales). Las cenizas permanecen como residuo luego de la calcinación de la materia orgánica del alimento. La calcinación debe efectuarse a una temperatura adecuada, que sea lo suficientemente alta como para que la materia orgánica se destruya totalmente, pero tenemos que observar que la temperatura no sea excesiva para evitar que los compuestos inorgánicos sufran alteración (fusión, descomposición, volatilización o cambio de estructura).

Todos los alimentos contienen elementos minerales formando parte de los compuestos orgánicos e inorgánicos. Es muy difícil determinarlos tal y como se presentan en los alimentos, la incineración pasa a destruir toda la materia orgánica, cambia su naturaleza, las sales metálicas de los ácidos orgánicos se convierten en óxidos o carbonatos, o reaccionan durante la incineración para formar fosfatos, sulfatos o haluros. Algunos elementos como el azufre y los halógenos pueden no ser completamente retenidos en las cenizas, pudiéndose volatilizar.

Los minerales o sales de minerales cumplen en el organismo funciones plásticas y reguladoras. Cumplen la función plástica, el calcio, fósforo y el magnesio, formando parte del esqueleto, cartílagos, dientes, etc., el Fe en la hemoglobina, C, H, O en grasas y glúcidos, el N en las proteínas. Pequeñísimas cantidades de Cu, Mn, Co y otros minerales también cumplen funciones plásticas.

La función reguladora que cumplen los minerales se expresa en la regulación de la presión osmótica a través de las membranas celulares, mantienen la reacción alcalina, neutra o ácida de los tejidos, activan los procesos enzimáticos de la absorción y metabolismo, intervienen en la función del sistema nervioso regulando la excitabilidad y contractibilidad muscular.

El calcio tiene como primera función la coagulación sanguínea, luego la osificación de los huesos y dientes, el 98 % de los huesos está formado por el calcio bajo la forma de compuestos insolubles, el 2 % se encuentra en los tejidos blandos y fluidos. En el desarrollo y crecimiento tiene que ver con la longevidad, aumenta con la energía de las contracciones del corazón, modela la excitabilidad muscular. Si ingresa en cantidades grandes se guarda en los huesos y si es menor su ingreso se movilizan las reservas para contrarrestar su deficiencia.

El fósforo se absorbe fácilmente orgánica e inorgánicamente, las 3/4 partes se encuentran en esqueletos y dientes, la otra parte en las nucleoproteínas, fosfolípidos y humores. En forma de fosfato tricálcico insoluble y trifosfato de Mg en huesos y dientes, como fosfato ácido de sodio y fosfato básico de sodio cumplen una acción importante en el equilibrio ácido-base. Favorece la formación de glúcidos y grasas.

Una regla general: alimentos pobres en proteínas, pero ricos en glúcidos contienen más calcio que fósforo; los alimentos grasos contienen igual calcio y fósforo, los alimentos proteicos contienen menos calcio y más fósforo.

El magnesio se moviliza unido a las proteínas en la sangre, es un alimento que disminuye con la edad, su función más importante es la de activar las enzimas, estimula

el crecimiento y tiene acción descalcificante. Una deficiencia de magnesio afecta el metabolismo del calcio, sodio y potasio.

EQUIPOS Y MATERIALES EMPLEADOS

- 1.- Mufla.
- 2.- crisoles de porcelana.
- 3.- Balanza analítica.
- 4.- Disgregador y pinzas.

DETALLES EXPERIMENTALES

- 1.- Pese 2 gr de muestra en un crisol previamente tarado y deshumedecido.
- 2.- El crisol y su contenido se calcinan, primero sobre una llama baja, evitando en lo posible la formación excesiva de hollín, hasta que se carbonice y luego en un horno de mufla a 650° C. Trabaje con el extractor en funcionamiento.
- 3.- Calcine en la mufla durante 3-4 horas. El método más seguro es calcinar hasta peso constante, asegurándose que la ceniza sea blanca o parda. Previamente, al cumplirse los primeros 30 minutos de calcinación, sacar el crisol y dejar enfriar, con el disgregador romper las partículas incineradas en forma uniforme y cuidadosamente, introducir nuevamente el crisol en la mufla y completar la calcinación durante el tiempo antes mencionado. Cerciórese de vez en cuando, que la temperatura se mantenga constante en la mufla.

4.- Transcurrido el tiempo requerido, sacar el crisol y dejar enfriar a temperatura ambiente, colocar en un desecador y luego pesar.

CALCULOS

$$\% \text{ CENIZAS} = \frac{CC - C}{W} \times 100$$

Dónde:

CC = Peso del crisol más la ceniza.

C = Peso del crisol vacío.

W = Peso de la muestra.

ANEXO 5

DETERMINACIÓN DE HUMEDAD

I. INTRODUCCIÓN.

El componente más abundante y el único que casi esta presente en los alimentos es el agua. La determinación del contenido de humedad de los alimentos es una de las más importantes y ampliamente usadas en el proceso y control de los alimentos ya que indica la cantidad de agua involucrada en la composición de los mismos. El contenido de humedad se expresa generalmente como porcentaje, las cifras varían entre 60-95% en los alimentos naturales.

La determinación de humedad se realiza en la mayoría de los alimentos por la determinación de la perdida de masa que sufre un alimento cuando se somete a una combinación tiempo – temperatura adecuada. El residuo que se obtiene se conoce como sólidos totales o materia seca.

II. OBJETIVOS:

- Determinar el porcentaje de humedad en los alimentos mediante la evaporación del contenido de agua por el método de estufa al aire.
- Realizar los cálculos característicos y referirlos a la cantidad de muestra utilizada.

III. MATERIALES Y REACTIVOS

Materiales: Balanza analítica, plancha de calentamiento, estufa, cápsulas de petri, vidrios de reloj, cuchillo, pinzas de madera y metálicas, muestras de alimentos.

IV. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

4.1 Determinación De Humedad

Tome una muestra del alimento que se le indique, córtelo o trítúrelo finamente hasta homogeneizarlo y pese entre 5 y 7 gramos en una capsula de petri previamente tarada. Reporte la pesada con cuatro cifras significativas.

Si el alimento es líquido coloque la cápsula en la plancha de calentamiento hasta secar completamente, **SIN QUEMARLO**. Luego lleve la cápsula a la estufa por un tiempo de 1 hrs, a una temperatura de 98-100 °C. Transcurrido el tiempo indicado retire la cápsula de la estufa, deje enfriar y pese de nuevo. Realice pesadas sucesivas hasta que el peso sea constante en tres ocasiones.

Reporte sus resultados en la siguiente tabla:

Tabla 1. Valores experimentales en la determinación de humedad

Muestra	Tiempo	Peso de capsula vacía (g) P1	Peso de muestra + capsula antes de secarlo (g) P2	Peso de muestra + capsula después de secarlo (g) P3	% Humedad
1					
2					

Cálculos:

$$\%H = \frac{\text{g H}_2\text{O evaporada}}{\text{Masa de muestra (g)}} \times 100$$

Donde:

$$\text{g. de H}_2\text{O evaporada} = P2 - P3$$

$$\text{Masa de muestra} = P2 - P1$$

$$\%H = \frac{P2 - P3}{P2 - P1} \times 100$$

ANEXO 6

CALCULOS ESTADÍSTICO PARA EL ANAVA DEL RENDIMIENTO

Densidad de carga (Kg/L)	Variedad Valencia		Variedad Huando		Total	ScuadB	Promedio
	Hidrodestilación	Arrastre de vapor	Hidrodestilación	Arrastre de vapor			
0.4	1.88170	2.03581	0.69886	0.75610	5.37247		1.3523
	1.89450	2.04966	0.72256	0.78379	5.45051		
	1.90563	2.06170	0.69060	0.74716	5.40508		
Total	5.68183	6.14717	2.11202	2.28705	16.22807	263.35	
0.6	2.15650	2.03768	0.77936	0.75679	5.73033		1.4249
	2.12987	2.01251	0.81233	0.74745	5.70216		
	2.11660	1.99998	0.80727	0.74279	5.66664		
Total	6.40297	6.05017	2.39896	2.24703	17.09913	292.38	
0.8	2.34568	1.61617352	0.87119	0.58409	5.41712		1.3554
	2.33869	1.61135741	0.86859	0.59846	5.41710		
	2.33468	1.60859452	0.89045	0.59743	5.43115		
Total	7.01905	4.83613	2.63022	1.77998	16.26537	264.56	
Total	19.10385	17.03346	7.14121	6.31406	49.59257	820.29	

Suma de Cuadrados

SCC=	26.24506
TC=	68.31730954
SCA=	14.29097101
SCB=	0.04042
SCC=	0.233214919
SCAB=	0.007602367
SCBC=	0.58886455
SCAC=	0.042934148
SCABC	0.11545
SCTOTAL	15.32417

**CALCULOS ESTADÍSTICO PARA EL ANAVA DEL INDICE DE
REFRACCIÓN**

Densidad de carga (Kg/L)	Variedad Valencia		Variedad Huando		Total	ScuadB
	Hidrodestilación	Arrastre de vapor	Hidrodestilación	Arrastre de vapor		
0.4	1.4728	1.4718	1.4777	1.4796	5.90190	
	1.4746	1.4763	1.4776	1.4786	5.90710	
	1.4724	1.4715	1.4775	1.4738	5.89520	
Total	4.41980	4.41960	4.43280	4.43200	17.70420	313.44
0.6	1.4759	1.4712	1.4776	1.4771	5.90180	
	1.4709	1.4738	1.4759	1.4784	5.89900	
	1.4744	1.4746	1.4774	1.4777	5.90410	
Total	4.42120	4.41960	4.43090	4.43320	17.70490	313.46
0.8	1.4726	1.4728	1.4785	1.4759	5.89980	
	1.4729	1.4742	1.4772	1.4777	5.90200	
	1.4731	1.4739	1.4784	1.4738	5.89920	
Total	4.41860	4.42090	4.43410	4.42740	17.70100	313.33
Total	13.25960	13.26010	13.29780	13.29260	53.11010	940.23

Suma de cuadrados

SCC=	26.55740
TC=	78.35229783
SCA=	0.000138847
SCB=	0.00000072
SCC=	6.13611E-07
SCAB=	4.90556E-07
SCBC=	1.12389E-06
SCAC=	9.02500E-07
SCABC	0.00001
SCTOTAL	0.00022

CALCULOS ESTADÍSTICOS PARA EL ANAVA DE LA DENSIDAD

Densidad de carga (Kg/L)	Variedad Valencia		Variedad Huando		Total	ScuadB
	Hidrodestilación	Arrastre de vapor	Hidrodestilación	Arrastre de vapor		
0.4	0.842	0.841	0.847	0.849	3.37900	
	0.843	0.844	0.848	0.847	3.38200	
	0.843	0.842	0.847	0.846	3.37800	
Total	2.52800	2.52700	2.54200	2.54200	10.13900	102.80
0.6	0.843	0.842	0.848	0.847	3.38000	
	0.845	0.843	0.847	0.847	3.38200	
	0.844	0.843	0.848	0.849	3.38400	
Total	2.53200	2.52800	2.54300	2.54300	10.14600	102.94
0.8	0.842	0.842	0.848	0.846	3.37800	
	0.844	0.844	0.847	0.847	3.38200	
	0.844	0.844	0.847	0.848	3.38300	
Total	2.53000	2.53000	2.54200	2.54100	10.14300	102.88
Total	7.59000	7.58500	7.62700	7.62600	30.42800	308.62

Suma de cuadrados

SCC=	15.21700
TC=	25.71842178
SCA=	0.0001690
SCB=	0.0000021
SCC=	0.0000010
SCAB=	0.0000015
SCBC=	0.0000005
SCAC=	0.0000004
SCABC	0.0000011
SCTOTAL	0.0002002

ANEXO 07

BALANCE MATERIA Y ENERGIA

BALANCE MATERIA

CAMARA EXTRACTORA:

DATOS GENERALES	<i>Materia Prima</i>	Cascara de Naranja
	X_1	0.992123.
	<i>Masa de agua condensada</i>	5.6 Lt. ~ 5.6 gr.
	<i>Masa de aceite</i>	0.0456537 gr.
	F_1	5.6 + 0.0456537
	<i>Tiempo de extracción</i>	1.45 h
	<i>Flujo de vapor (F)</i>	4 Kg/h ~4000 gr/h

Balance de Agua:

$$\text{Entra} - \text{Sale} + \text{Genera} = \text{Acumula}$$

$$F - (X_1 * F_1) = \frac{d_m}{d_t}$$

$$4000 \frac{\text{gr}}{\text{h}} - (0.992123 * 3893.554276 \frac{\text{gr}}{\text{h}}) = \frac{d_m}{d_t}$$

$$137.115251 \frac{\text{gr}}{\text{h}} * \int_0^{1.45} dt = \int_0^{m_{H_2O}} dm_{H_2O}$$

$$m_{H_2O} = 198.8171 \text{ gr.}$$

Donde:

F: Flujo másico de vapor que entra al extractor = 4000 g/h

F1: Flujo másico de salida de vapor más aceite = 3893.554g/h

X1: Composición del agua en la corriente de salida del extractor = 0,9921

T: Tiempo de extracción = 91 minutos.

m_{H_2O} : Masa de agua acumulada

Balance de Aceite:

$$\begin{array}{c} \nearrow \qquad \nearrow \\ \text{Entra} - \text{Sale} + \text{Genera} = \text{Acumula} \end{array}$$

$$-(1 - X) \cdot F_1 = \frac{dM}{dt}$$

$$-(0.007877) \cdot 3893.554276 \frac{gr}{h} = \frac{dM}{dt}$$

$$-30.67 \int_0^{1.45} dt = \int_0^M dM$$

$$-(M - 4000) = 44.4715$$

$$M = 3955.5285 \text{ gr}$$

$$m_{aceite} = 44.4715 \text{ gr.}$$

Donde:

F1: Flujo másico de salida de vapor más aceite.

(1-X): Composición másica del aceite en la corriente de salida del extractor =

0,007877.

M: Masa de materia prima sin aceite.

dM/dt: Variación de la masa de materia prima sin aceite con respecto al tiempo.

m_{aceite} : Masa de aceite esencial acumulado en un tiempo de 91 min.

BALANCE ENERGIA

1. CALCULO DE LA ENERGIA REAL Y DE LA EFICIENCIA TERMICA DEL SISTEMA GENERADOR DE VAPOR:

- Se puede decir que la energía producida por el sistema generador de vapor es distribuido de la siguiente manera:

$$Q_{\text{sistema generador de vapor}} = Q_{\text{vapor}} + Q_{\text{perdido}} \dots (1)$$

$$Q_{\text{sistema generador de vapor}} = \text{Potencia del sistema generador de vapor} \dots (2)$$

- El calor absorbido por el vapor se halla con la ecuación:

$$Q_{\text{vapor}} = W_w(H_w - h_w) \dots (3)$$

Donde:

W_w = Flujo de vapor saturado

H_w = Entalpia de vapor saturado (T° de vapor dentro del sistema generador de vapor)

h_w = Entalpia de liquido subenfriado (T° ambiente)

$$\%E = \frac{Q_{\text{vapor}}}{\text{Potencia del sistema generador de vapor}} * 100 \dots (4)$$

Calculo de la energía real de del sistema generador de vapor:

PARAMETROS DE OPERACIÓN	
Presión de la cámara de evaporación (Abs)	5,0133 bar
T° de vapor (a P _{Asb})	152°C
Potencia de la resistencia	15 KW
Productibilidad máxima de vapor	10Kg de vapor vivo/h

Calculo del vapor absorbido por el vapor vivo, de la ecuación (3), hallando las entalpias en la tabla de vapor saturado:

Pabs = 5,0133bar	2748,81KJ/Kg
T° =25 Cp=4,186KJ/Kg°C	104,65KJ/Kg

$$Q_{vapor} = 10 \frac{Kg}{h} \left(2748,81 \frac{KJ}{Kg} - 104,65 \frac{KJ}{Kg} \right)$$

$$Q_{vapor} = 26441,59 \frac{KJ}{h}$$

Calculo de la eficiencia térmica del sistema generador de vapor:

De la ecuación (4), tenemos:

$$\%E = \frac{Q_{vapor}}{\text{Potencia del sistema generador de vapor}} * 100 \dots (4)$$

Donde:

Potencia de la resistencia = 15KW

Potencia del sistema generador de vapor = 54000KJ/h

$$\%E = \frac{26441,59 \frac{KJ}{h}}{54000 \frac{KJ}{h}} * 100$$

$$\%E = 48,97\%$$

De la ecuación (1) tenemos:

$$Q_{perdido} = Q_{sistema\ generador\ de\ vapor} - Q_{vapor}$$

$$Q_{perdido} = 54000 \frac{KJ}{h} - 26441,59 \frac{KJ}{h}$$

$$Q_{perdido} = 27558,41 \frac{KJ}{h}$$

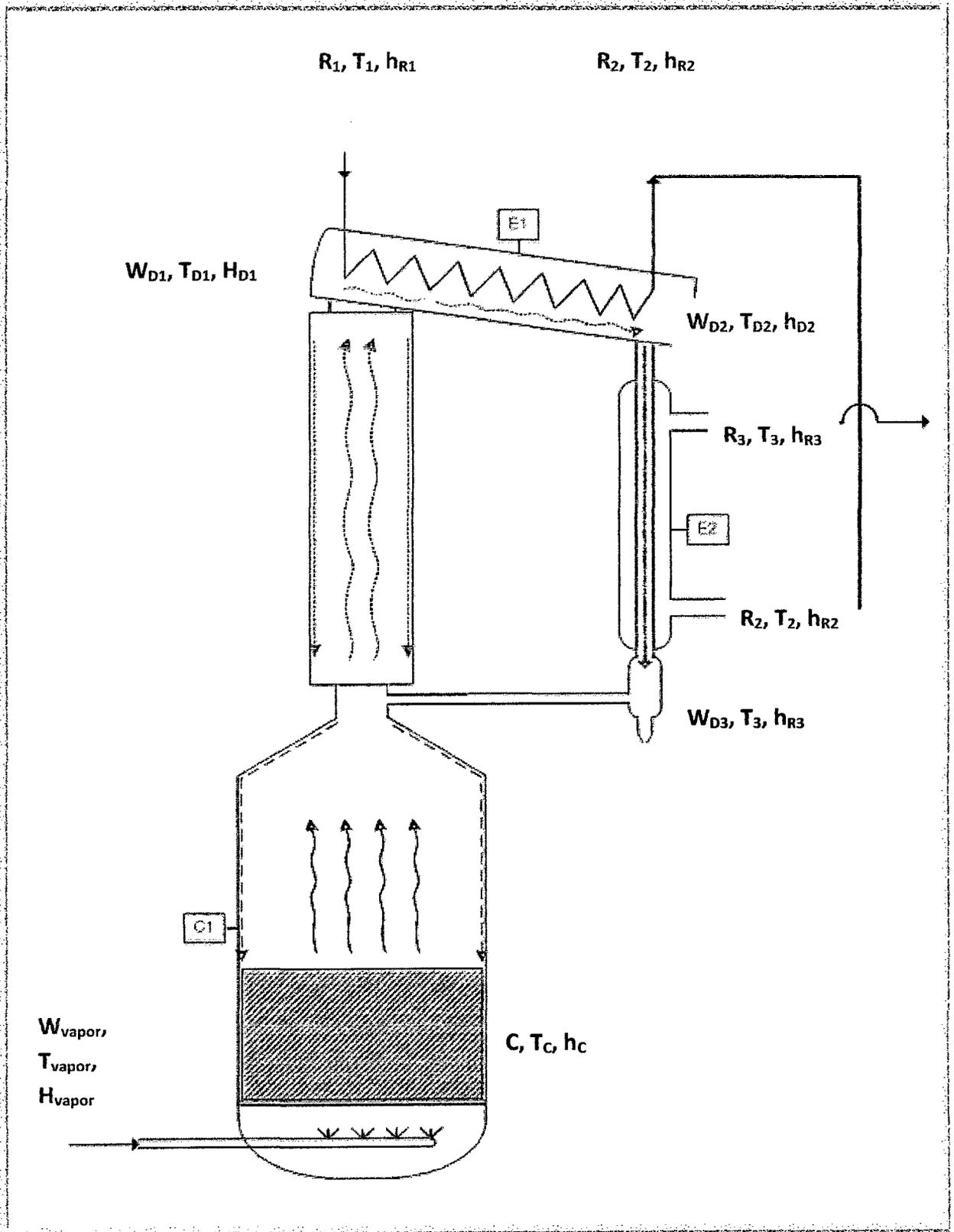
- Por lo tanto como se pierde 27558.41 KJ/h entonces el sistema generador de vapor entrega en realidad:

$$Q'_{entregado\ por\ el\ sistema\ de\ vapor} = 54000 \frac{KJ}{h} - 27558,41 \frac{KJ}{h}$$

$$Q'_{entregado\ por\ el\ sistema\ de\ vapor} = 26441,59 \frac{KJ}{h} \times \frac{1h}{3600\ seg.}$$

$$Q'_{entregado\ por\ el\ sistema\ de\ vapor} = 7.3449KW$$

2. BALANCE DE ENERGIA EN EL DESTILADOR DISCONTUINO DE EXTRACCION DE ACEITES ESENCIALES:



2.1 Balance de energía del proceso de extracción de aceite esencial de cascara de naranja.

2.1.1 Balance de energía del proceso de extracción de aceite esencial de cascara de naranja empleando un caudal de vapor de 4Kg vapor/h:

DATOS OBTENIDOS EXPERIMENTALMENTE DEL PROCESO DE EXTRACCION DE ACEITE ESENCIAL CASCARA DE NARANJA EMPLEANDO 4Kg de vapor/hr:

DATOS GENERALES DE LA MATERIA PRIMA	<i>Materia Prima</i>	Cascara de Naranja	
	<i>Procedencia</i>	Macate	
	<i>Estado</i>	Maduro	
	<i>Condición</i>	Cortadas en tiras	
	<i>Peso</i>	4	Kg

CONDICIONES DE OPERACIÓN DURANTE LA EXTRACCION	<i>Caudal de vapor</i>	4	Kg/h
	<i>Caudal de agua hacia el condensador E1</i>	138,62069	Lt/h
	<i>Caudal de agua hacia el condensador E1 (según pilot)</i>	132	Lt/h
	<i>TI-6 (temperatura del hidrolado que sale del condensador E2)</i>	28.1	°C

	<i>T5 (temperatura del agua que sale de E2)</i>	33.4	°C
	<i>Tc (temperatura de la materia prima al inicio del proceso)</i>	25	°C

DATOS DESPUES DE TERMINADO EL PROCESO	<i>Volumen de agua residual</i>	5.6	Lt
	<i>Peso final de la carga</i>	4.245	Kg
	<i>Volumen de agua de refrigeración</i>	201	Lt
	<i>Tiempo de operación total</i>	91	Min

DATOS OBTENIDOS POR EL REGISTRO DE CONTROL DE LA UNIDAD DE EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL mod. UDCA-2/EV, DEL PROCESO DE EXTRACCION DE ACEITE ESENCIAL CASCARA DE NARANJA EMPLEANDO 4Kg de vapor/hr:

Simbología	Significado	Datos registrados	Unidades
FIC1	Caudal de agua registrado por el caudalimetro electrónico de área variable (escala 100 - 1000Lt/h) a la entrada del condensador E1.	132	Lt/h

TI1	Temperatura registrada por la termoresistencia el en el interior del calderin C1.	99.45	°C
TI2	Temperatura del agua registrada por la termoresistencia en la entrada al condensador E1.	23	°C
TI3	Temperatura registrada del agua por la termoresistencia en la salida del condensador E1.	33.4	°C
TI4	Temperatura de la mezcla hidrolado + aceite esencial registrada por la termoresistencia en la salida del condensador E1.	28.1	°C

A. BALANCE DE ENERGIA EN C1:

$$(W * H_W)dt + (C_{(C)} * h_C)dt = (W_{D1(C)} * H_{W_{D1}})dt + (C_1 * h_{C1})dt + [(V)_{C(C)} * \lambda_{V_C}]dt + q_{pC}$$

Integrando:

$$(W * H_W * t) + (C * h_C) = (W_{D1(C)} * H_{W_{D1}}) + (C_1 * h_{C1}) + [(V)_{C(C)} * \lambda_{V_C}] + q_{pC}$$

De donde:

$$q_{pC1} = [(W * H_W * t) + (C * h_C)] - [(W_{D1} * H_{W_{D1}}) + (C_1 * h_{C1}) + [(V)_{C(C)} * \lambda_{V_C}]]$$

Determinación de datos:

Simbología	Valores
W	$W = 4 \frac{Kg}{h}$
H_W	$H_W = ?$
t	$t = 91 \text{ min}$
$P_{abs} \text{ (bar)}$	$P_{abs} \text{ (bar)} = 4 \text{ bar}$
C	$C = 4Kg$
h_C	$h_C = ?$
$T^{\circ}C$	$T^{\circ}C = 25^{\circ}C$
W_{D_1}	$W_{D_1} = 5.75 Kg$
$H_{W_{D_1}}$	$H_{W_{D_1}} = ?$
$T_{W_{D_1}} = T_{I1}$	$T_{W_{D_1}} = 99.45^{\circ}C$
C_1	$C_1 = 4.245Kg$
h_{C_1}	$h_{C_1} = ?$
$T_{C_1} = T_{I1}$	$T_{C_1} = 99.45^{\circ}C$
V_C''	$V_C'' = ?$
λ_{V_C}'	$\lambda_{V_C}' = ?$

A.1 Cálculo de V'_c :

Simbología	Significado	Datos	Unidades
C	Masa inicial del lecho	4	Kg
C_1	Masa final del lecho	4.245	Kg
V_a	Masa de aceite evaporado	0.0456537	Kg
W	Caudal de vapor	4	Kg/h
$W_{D1} = W_{D2}$	Masa de <i>aceite + hidrolado que sale de C1</i>	5.75	Kg
W_{D3}	Masa de <i>aceite + hidrolado eliminado</i>	0.1956537	Kg
t	Tiempo de operación del proceso	91	min
V'_c	Masa de agua condensada en la parte inferior de C1	?	Kg

Datos obtenidos de los cuadros anteriores

*suponiendo que $W_{D1} = W_{D2} = W_{D3}$

Determinando V_c :

Si la carga final en el lecho es:

$$C_1 = C + V_c - V_a$$

De donde:

$$V_c = C_1 - C + V_a$$

$$V_c = (4.245 - 4 + 0.0456537)Kg$$

$$V_c = 0.2906537Kg$$

Determinando V'_c :

$$V'_c = (W * t) - W_{D3} + V_a$$

$$V'_c = \left(4 \frac{Kg}{h} * 91min * \frac{1h}{60min}\right) - 5.75Kg + 0.0456537Kg$$

$$V'_c = 0.3623Kg$$

Determinando V''_c :

$$V''_c = V'_c - V_c$$

$$V''_c = 0.3623 - 0.2906537Kg$$

$$V''_c = 0.0717Kg$$

CALCULO DE LAS ENTALPIAS:

A.2 Entalpia de W:

A presión de 4bar, en tabla de vapor saturado:

$$H_W = 2734.5 \frac{KJ}{Kg}$$

A.3 Entalpia de W_{D1}

$$H_{W_{D1}} = (X_{agua} * H_W) + (X_{aceite} * Cp_{aceite} * T_{W_{D1}})$$

- Cálculos de las fracciones de agua y aceite en la mezcla Hidrolado-Aceite:

Si:

$$T_{W_{D1}} = 99.45^{\circ}\text{C}$$

$$X_{\text{agua}} = \frac{5.75 \text{ gr}}{(5.75 + 0.0456537) \text{ gr}} = 0.992123$$

$$X_{\text{aceite}} = 1 - X_{\text{agua}} = 0.007877$$

- Calculo de los calores específicos:

AGUA:

$$Cp_{\text{agua}} = 4.186 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}^{\circ}\text{C}}$$

Entalpia de vapor saturado a 99.45°C:

$$H_w = 2672.6124 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$$

ACEITE:

$$Cp_{\text{aceite}} = Cp_{\text{grasa}} = \frac{Cp_{\text{grasa a } T=25^{\circ}\text{C}} + Cp_{\text{grasa a } T=99.45^{\circ}\text{C}}}{2}$$

$$Cp_{\text{grasa a } T=25^{\circ}\text{C}} = 1.9842 + (1.4733 \cdot 10^{-3} \cdot 25) - (4.8008 \cdot 10^{-6} \cdot 25^2)$$

$$Cp_{\text{grasa a } T=25^{\circ}\text{C}} = 2.018032 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}^{\circ}\text{C}}$$

$$Cp_{\text{grasa a } T=99.45^{\circ}\text{C}} = 1.9842 + (1.4733 \cdot 10^{-3} \cdot 99.45) - (4.8008 \cdot 10^{-6} \cdot 99.45^2)$$

$$Cp_{grasa \text{ a } T=25^{\circ}C} = 2.08324 \frac{KJ}{Kg^{\circ}C}$$

$$Cp_{aceite} = \frac{2.018032 + 2.08324}{2}$$

$$Cp_{aceite} = 2.0506 \frac{KJ}{Kg^{\circ}C}$$

Reemplazando en:

$$H_{W_{D1}} = (X_{agua} * H_W) + (X_{aceite} * Cp_{aceite} * T_{W_{D1}})$$

$$H_{D1} = \left(0.992123 * 2672.6124 \frac{KJ}{Kg} \right) + \left(0.007877 * 2.0506 \frac{KJ}{Kg^{\circ}C} * 99.45^{\circ}C \right)$$

$$H_{W_{D1}} = 2653.16606 \frac{KJ}{Kg}$$

A.4 Entalpia de la carga inicial de cascara de naranja "h_c":

$$h_c = (X_{carbohidrato} Cp_{carbohidrato} + X_{agua} Cp_{agua} + X_{ceniza} Cp_{ceniza} + X_{grasa} Cp_{grasa} + X_{fibra} Cp_{fibra} + X_{proteinas} Cp_{proteinas}) *$$

Donde:

$$T^{\circ}C = 25^{\circ}C$$

COMPOSICION FISICO-QUIMICA DE LA CASCARA DE NARANJA

Componentes principales (%)	Materia seca	90.00	
	Proteínas	6.00	$X_{prote} = 0.06$
	Carbohidratos	62.70	$X_{carb} = 0.627$
	Grasas	3.40	$X_{grasa} = 0.034$
	Fibra	11.00	$X_{fibra} = 0.11$
	Cenizas	6.90	$X_{ceniza} = 0.069$

FUENTE: Demain A. Y Solomon N., 1998

Propiedad térmica	Componente	Ecuación en función de la temperatura
$C_p \left(\frac{KJ}{Kg \cdot C} \right)$	Carbohidrato	$C_p = 1.5488 + (1.9625 * 10^{-3} * T) - (5.9399 * 10^{-6} * T^2)$
	Ceniza	$C_p = 1.0926 + (1.8896 * 10^{-3} * T) - (3.6817 * 10^{-6} * T^2)$
	Fibra	$C_p = 1.8459 + (1.8306 * 10^{-3} * T) - (4.6509 * 10^{-6} * T^2)$
	Grasa	$C_p = 1.9842 + (1.4733 * 10^{-3} * T) - (4.8008 * 10^{-6} * T^2)$
	Proteína	$C_p = 2.0082 + (1.2089 * 10^{-3} * T) - (1.3129 * 10^{-6} * T^2)$

FUENTE: A. Ibarz, 2005

Calculo de los calores específicos de los componentes de la cascara de naranja a 25°C.

Componente	Ecuación en función de la temperatura de 25°C	$C_p \left(\frac{KJ}{Kg^{\circ}C} \right)$
Carbohidrato	$C_p = 1.5488 + (1.9625 * 10^{-8} * 25) - (5.9399 * 10^{-6} * 25^2)$	1.59415 KJ/Kg
Ceniza	$C_p = 1.0926 + (1.8896 * 10^{-8} * 25) - (3.6817 * 10^{-6} * 25^2)$	1.13754 KJ/Kg
Fibra	$C_p = 1.8459 + (1.8306 * 10^{-8} * 25) - (4.6509 * 10^{-6} * 25^2)$	1.88876 KJ/Kg
Grasa	$C_p = 1.9842 + (1.4733 * 10^{-8} * 25) - (4.8008 * 10^{-6} * 25^2)$	2.01803 KJ/Kg
Proteína	$C_p = 2.0082 + (1.2089 * 10^{-8} * 25) - (1.3129 * 10^{-6} * 25^2)$	2.0376 KJ/Kg

Calculo de los Ce de los componentes de la cáscara de naranja a 99.45°C.

Componente	Ecuación en función de la temperatura de 99.45°C	$C_p \left(\frac{KJ}{Kg^{\circ}C} \right)$
Carbohidratos	$C_p = 1.5488 + (1.9625 * 10^{-8} * 99.45) - (5.9399 * 10^{-6} * 99.45^2)$	1.68522 KJ/Kg
Ceniza	$C_p = 1.0926 + (1.8896 * 10^{-8} * 99.45) - (3.6817 * 10^{-6} * 99.45^2)$	1.24410 KJ/Kg
Fibra	$C_p = 1.8459 + (1.8306 * 10^{-8} * 99.45) - (4.6509 * 10^{-6} * 99.45^2)$	1.98195 KJ/Kg
Grasa	$C_p = 1.9842 + (1.4733 * 10^{-8} * 99.45) - (4.8008 * 10^{-6} * 99.45^2)$	2.08324 KJ/Kg
Proteína	$C_p = 2.0082 + (1.2089 * 10^{-8} * 99.45) - (1.3129 * 10^{-6} * 99.45^2)$	2.11544 KJ/Kg

Calculo de los Cp promedios de cada componente de la cascara de naranja:

Propiedad térmica	$Cp_{comp, prom} = \frac{Cp_{comp, T=25} + Cp_{comp, T=99.45}}{2}$	
$Cp_{carbohidratos}$	$Cp_{carbohidratos} = \frac{1.59415 + 1.68522}{2}$	$1.6397 \frac{KJ}{Kg^{\circ}C}$
Cp_{ceniza}	$Cp_{ceniza} = \frac{1.137539 + 1.244108}{2}$	$1.1908 \frac{KJ}{Kg^{\circ}C}$
Cp_{fibra}	$Cp_{fibra} = \frac{1.88876 + 1.981954}{2}$	$1.9354 \frac{KJ}{Kg^{\circ}C}$
Cp_{grasa}	$Cp_{grasa} = \frac{2.018032 + 2.08324}{2}$	$2.0506 \frac{KJ}{Kg^{\circ}C}$
$Cp_{proteina}$	$Cp_{proteina} = \frac{2.0376 + 2.11544}{2}$	$2.0765 \frac{KJ}{Kg^{\circ}C}$

Reemplazando datos en:

$$h_c = (X_{carbohidrato} Cp_{carbohidrato} + X_{agua} Cp_{agua} + X_{ceniza} Cp_{ceniza} + X_{grasa} Cp_{grasa} + X_{fibra} Cp_{fibra} + X_{proteinas} Cp_{proteinas})$$

$$h_c = \left[\left(0.627 \cdot 1.6397 \frac{KJ}{Kg^{\circ}C} \right) + \left(0.1 \cdot 4.186 \frac{KJ}{Kg^{\circ}C} \right) + \left(0.069 \cdot 1.1908 \frac{KJ}{Kg^{\circ}C} \right) + \left(0.034 \cdot 2.0506 \frac{KJ}{Kg^{\circ}C} \right) + \left(0.11 \cdot 1.9354 \frac{KJ}{Kg^{\circ}C} \right) + \left(0.06 \cdot 2.0765 \frac{KJ}{Kg^{\circ}C} \right) \right]$$

$$h_c = 48.4013 \frac{KJ}{Kg^{\circ}C}$$

A.5 Entalpia de la carga de cascara de naranja después del proceso "h_{c1}":

$$h_{C_1} = \left(\sum_{i=1}^{n=6} X_i C_{p_i} \right) * \Delta T$$

Donde la fracción másica de cada componente está dada por:

$$X_{\text{agua}}^{C_1} = \frac{(X_{\text{agua;inicial}} * m_{T_{\text{inicial del lecho}}}) + (m_{\text{agua}}^{\text{condensado}})}{m_i + m_{\text{agua}}^{\text{condensado}} + m_{\text{aceite}}}$$

Donde:

$$V_c = m_{\text{agua}}^{\text{condensado}}$$

$$V_a = m_{\text{aceite}}$$

$$C_1 = m_{\text{Total del lecho}} = m_i + m_{\text{agua}}^{\text{condensado}} + m_{\text{aceite}}$$

Fracciones másicas	
$X_{\text{agua}}^{C_1} = \frac{((0.1)(4Kg)) + 0.29065Kg}{4Kg + 0.29065Kg + 0.045654Kg}$	$X_{\text{agua}}^{C_1} = 0.1593$
$X_{\text{aceite} \times \text{grasa}}^{C_1} = \frac{(m_{\text{aceite} \times \text{grasa inicial}} - V_a)}{m_T = C_1} = \frac{(0.034 * 4Kg) - 0.04565Kg}{4.245Kg}$	$X_{\text{aceite} \times \text{grasa}}^{C_1} = 0.0213$
$X_{\text{fibra}}^{C_1} = \frac{(0.11)(4Kg)}{4.245Kg}$	$X_{\text{fibra}}^{C_1} = 0.1037$
$X_{\text{proteina}}^{C_1} = \frac{(0.06)(4Kg)}{4.245Kg}$	$X_{\text{proteina}}^{C_1} = 0.0565$
$X_{\text{ceniza}}^{C_1} = \frac{(0.069)(4Kg)}{4.245Kg}$	$X_{\text{ceniza}}^{C_1} = 0.0650$
$X_{\text{carbo}}^{C_1} = \frac{(0.627)(4Kg)}{4.245Kg}$	$X_{\text{carbo}}^{C_1} = 0.5908$

Propiedad térmica	$C_{p,comp,prom} = \frac{C_{p,comp,T^0=25} + C_{p,comp,T^0=99.45}}{2}$	
$C_{p,carbohidratos}$	$C_{p,carbohidratos} = \frac{1.59415 + 1.68522}{2}$	$1.6397 \frac{KJ}{Kg^{\circ}C}$
$C_{p,ceniza}$	$C_{p,ceniza} = \frac{1.137539 + 1.244108}{2}$	$1.1908 \frac{KJ}{Kg^{\circ}C}$
$C_{p,fibra}$	$C_{p,fibra} = \frac{1.88876 + 1.981954}{2}$	$1.9354 \frac{KJ}{Kg^{\circ}C}$
$C_{p,grasa}$	$C_{p,grasa} = \frac{2.018032 + 2.08324}{2}$	$2.0506 \frac{KJ}{Kg^{\circ}C}$
$C_{p,proteina}$	$C_{p,proteina} = \frac{2.0376 + 2.11544}{2}$	$2.0765 \frac{KJ}{Kg^{\circ}C}$

Reemplazando en:

$$h_{C_1} = \left(\sum_{i=1}^{n=6} X_i C_{p_i} \right) \cdot \Delta T$$

$$h_{C_1} = \left(0.1593 \cdot 4.186 \frac{KJ}{Kg^{\circ}C} \right) + \left(0.0213 \cdot 2.0506 \frac{KJ}{Kg^{\circ}C} \right) + \left(0.1037 \cdot 1.9354 \frac{KJ}{Kg^{\circ}C} \right) + \left(0.0565 \cdot 2.0765 \frac{KJ}{Kg^{\circ}C} \right) + \left(0.0650 \cdot 1.1908 \frac{KJ}{Kg^{\circ}C} \right) + \left(0.3908 \cdot \right.$$

$$h_{C_1} = 206.31227 \frac{KJ}{Kg}$$

A.6 Calor latente de V_C'' a $T^\circ = 99.45^\circ\text{C}$: " $\lambda_{V_C''}$ ":

Suponiendo que la temperatura es uniforme en C1:

$$\lambda_{V_C''} = H_{V_C''}^{\text{vapor saturado}} - h_{V_C''}^{\text{liquido saturado}}$$

$$\lambda_{V_C''} = 2672.6124 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} - 416.3236 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$$

$$\lambda_{V_C''} = 2256.2888 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$$

Reemplazando en:

$$q'_{p_{C1}} = [(W \cdot H_W \cdot t) + (C \cdot h_C)] - [(W_{D1} \cdot H_{W_{D1}}) + (C_1 \cdot h_{C1}) + (V_C'' \cdot \lambda_{V_C''})]$$

$$q'_{p_{C1}} = \left[\left(4 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} \cdot 2734.5 \cdot 91 \text{min} \cdot \frac{1 \text{h}}{60 \text{min}} \right) + \left(4 \text{Kg} \cdot 48.4013 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} \right) \right] - \left[\left(5.75 \text{Kg} \cdot 2653.16606 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} \right) + \left(4.245 \text{Kg} \cdot 206.31227 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} \right) + \left(0.0717 \text{Kg} \cdot 2256.2888 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} \right) \right]$$

$$q'_{p_{C1}} = 15226.31 \text{KJ}$$

La pérdida de energía en C1, es de 2694.10KJ en 91 min de proceso, además la pérdida de energía es continua.

Por lo tanto:

$$q'_{p_{C1}} = \frac{15226.31 \text{KJ}}{91 \text{min}} \cdot \frac{1 \text{min}}{60 \text{seg}}$$

$$q'_{p_{C1}} = 2.7887 \text{KW}$$

Por lo tanto de todo el proceso se pierde **2.7887 KW** al medio ambiente.

B. BALANCE DE ENERGIA EN E1:

Ecuación de balance de energía en el condensador E1:

$$q_1(p_1E1)^{\dot{}} = [W_{D1} (H_1(W_{D1}) - h_1(W_{D2}))] - [R_1 (h_1(R_2) - h_1(R_1))] = t]$$

Datos obtenidos:

Simbología	Datos
W_{D1}	$W_{D1} = 5.75 \text{ Kg}$
$X_{\text{aceite}} = 1 - X_{\text{agua}}$	$X_{\text{aceite}} = 0.007877$
$H_{W_{D1}}$	$H_{W_{D1}} = 2653.16606 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$
$h_{W_{D2}}$	$h_{W_{D2}} = ?$
$T^{\circ}W_{D1}$: T° de W_{D1} que entra a E1	$T^{\circ}W_{D1} = ?$
$T^{\circ}14 = T^{\circ}$ de aceite + hidrolado que sale de E1	$T^{\circ}14 = 28.2^{\circ}\text{C}$
R_1	$R_1 = 138.62 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}$
$X_{\text{agua}} = \frac{7189 \text{ gr}}{7210.4 \text{ gr}}$	$X_{\text{agua}} = 0.992123$
Cp_{agua}	$Cp_{\text{agua}} = 4.186 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}^{\circ}\text{C}}$
h_{R_2}	$h_{R_2} = ?$
h_{R_1}	$h_{R_1} = ?$

$T^{°I2}: T^{°}$ del flujo de agua que entra a E 1	$T^{°I2} = 23^{°C}$
$T^{°I3}: T^{°}$ del agua que sale del condensador E1	$T^{°I3} = 33,5^{°C}$
t.	t = 91min

B.1 Entalpia de $W_{D2}: h_{W_{D2}}$:

$$h_{W_{D2}} = [X_{aceite} * C_{p, promedio, aceite} * T^{°}_{aceite}] + [X_{agua} * C_{p, agua} * T^{°}_{agua}]$$

Calculo del Cp promedio del aceite esencial que sale del condensador E1:

Componente	Ecuación en función de la temperatura de 25°C	$C_p \left(\frac{KJ}{Kg^{°C}} \right)$
Grasa	$C_p = 1.9842 + (1.4733 * 10^{-3} * 25) - (4.8008 * 10^{-6} * 25^2)$	2.01803 KJ/Kg°C
Componente	Ecuación en función de la temperatura de 28.2°C	$C_p \left(\frac{KJ}{Kg^{°C}} \right)$
Grasa	$C_p = 1.9842 + (1.4733 * 10^{-3} * 28.2) - (4.8008 * 10^{-6} * 28.2^2)$	2.021929 KJ/Kg°C
Propiedad térmica	$C_{p, comp, prom} = \frac{C_{p, aceite, T^{°}=25} + C_{p, aceite, T^{°}=49.1}}{2}$	$C_{p, prom} \left(\frac{KJ}{Kg^{°C}} \right)$
aceite	$C_{p, grasa} = \frac{2.018032 \frac{KJ}{Kg^{°C}} + 2.021929 \frac{KJ}{Kg^{°C}}}{2}$	2.019981 KJ/Kg°C

Reemplazando en:

$$\dot{h}_{W_{D2}} = [X_{aceite} * C_{p_{promedio, aceite}} * T^{2\text{ aceite}}] + [X_{agua} * C_{p_{agua}} * T^{2\text{ agua}}]$$

$$\dot{h}_{W_{D2}} = \left[0.00788 * 2.019981 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}^{\circ}\text{C}} * 28.2^{\circ}\text{C} \right] + \left[0.9921 * 4.186 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}^{\circ}\text{C}} * 28.2^{\circ}\text{C} \right]$$

$$\dot{h}_{W_{D2}} = 117.564045 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$$

B.2 Entalpia de R₁: h_{R_1} :

$$\dot{h}_{R_1} = C_{p_{agua}} * T^{2\text{ I2}}$$

Donde:

$T^{2\text{ I2}}$ = temperatura del agua que entra a E1 registrada por el equipo.

$$\dot{h}_{R_1} = 4.186 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}^{\circ}\text{C}} * 23.0^{\circ}\text{C}$$

$$\dot{h}_{R_1} = 96.2780 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$$

B.3 Entalpia de R₂: h_{R_2} :

$$\dot{h}_{R_2} = C_{p_{agua}} * T^{2\text{ I3}}$$

Donde:

$T^{2\text{ I3}}$ = temperatura del agua que sale de E1 registrada por el equipo

$$\dot{h}_{R_2} = 4.186 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}^{\circ}\text{C}} * 33.50^{\circ}\text{C}$$

$$h_{R_2} = 140.2310 \frac{KJ}{Kg}$$

Reemplazando en:

$$q_{(p,E1)}' = [W_1 D_1 (H_1(W_1 D_1) - h_1(W_1 D_2))] - [R_1 + (h_1(R_2) - h_1(R_1)) * t]$$

$$q_{pE1}' = \left[5.750 Kg \left(2653.166 \frac{KJ}{Kg} - 117.564045 \frac{KJ}{Kg} \right) \right] - \left[138.62 \frac{Kg}{h} \left(140.2310 \frac{KJ}{Kg} - 96.2780 \frac{KJ}{Kg} \right) \right] * \left(91 \text{ min} * \frac{1h}{60 \text{ min}} \right)$$

$$q_{pE1}' = 5339.01824 KJ$$

De donde:

La pérdida de energía en E1, es de 5339.01824 KJ en 91 min de proceso, además la pérdida de energía es continua.

Por lo tanto:

$$q_{pE1}' = \frac{5339.01824 KJ}{91 \text{ min}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}}$$

$$q_{pE1}' = 0.97784 KW$$

Por lo tanto de todo el proceso se pierde 0.97784 KW al medio ambiente.

C. BALANCE DE ENERGIA EN E2:

Ecuación de balance de energía en el condensador E2:

$$Q_1(p_1 E2)^{tr} = [W_1 D3 (h_1(W_1 D2) - h_1(W_1 D3)) - [R_1 3 (h_1(R_1 2) - h_1(R_1 3)) * t]$$

Datos obtenidos:

Datos	
$W_{D1} = W_{D2}$	$W_{D2} = 5.75 Kg$
$X_{aceite} = 1 - X_{agua}$	$X_{aceite} = 0.007877$
$h_{W_{D2}}$	$h_{W_{D2}} = 117.564045 \frac{KJ}{Kg}$
$h_{W_{D3}}$	$h_{W_{D3}} = ?$
$T^{\circ}14: T^{\circ}$ del aceite + hidrolado que entra a E2	$T^{\circ}14 = T^{\circ}_{aceite} = 28.2^{\circ}C$
$T^{\circ}16: T^{\circ}$ del aceite + hidrolado que sale de E2	$T^{\circ}16 = 33.05^{\circ}C$
$R_2 = R_3$	$R_2 = 138.62 \frac{Kg}{h}$
$X_{agua} = \frac{7189 gr}{7210.4 gr}$	$X_{agua} = 0.99703$
Cp_{agua}	$Cp_{agua} = 4.186 \frac{KJ}{Kg^{\circ}C}$
h_{R_2}	$h_{R_2} = ?$
h_{R_3}	$h_{R_3} = 140.2310 \frac{KJ}{Kg}$

$T_{13}: T^{\circ}$ del agua que entra al $\frac{\text{condensador}}{\text{separador}}$ E2	$T_{13} = 33.50^{\circ}\text{C}$
$T^{\circ}_5: T^{\circ}$ del agua que sale del $\frac{\text{condensador}}{\text{separador}}$ E2	$T^{\circ}_5 = 33.10^{\circ}\text{C}$
t	$t = 91\text{min}$

C.1 Entalpia de $W_{D3}: h_{W_{D3}}$:

$$h_{W_{D3}} = [X_{\text{aceite}} * C_{p_{\text{promedio, aceite}}} * T^{\circ}_{\text{aceite}}] + [X_{\text{agua}} * C_{p_{\text{agua}}} * T^{\circ}_{\text{agua}}]$$

Calculo del Cp promedio del aceite que sale del condensador E2:

Componente	Ecuación en función de la temperatura de 25°C	$C_p \left(\frac{\text{KJ}}{\text{Kg}^{\circ}\text{C}} \right)$
Grasa	$C_p = 1.9842 + (1.4733 * 10^{-3} * 25) - (4.8008 * 10^{-6} * 25^2)$	2.01803 KJ/Kg°C
Componente	Ecuación en función de la temperatura de 33.05°C	$C_p \left(\frac{\text{KJ}}{\text{Kg}^{\circ}\text{C}} \right)$
Grasa	$C_p = 1.9842 + (1.4733 * 10^{-3} * 33.05) - (4.8008 * 10^{-6} * 33.05)$	2.0276 KJ/Kg°C
Propiedad térmica	$C_{p_{\text{comp, prom}}} = \frac{C_{p_{\text{aceite}, T^{\circ}=25}} + C_{p_{\text{aceite}, T^{\circ}=33.05}}}{2}$	$C_{p_{\text{prom}}} \left(\frac{\text{KJ}}{\text{Kg}^{\circ}\text{C}} \right)$
aceite	$C_{p_{\text{prom}, \text{grasa}}} = \frac{2.018032 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}^{\circ}\text{C}} + 2.0276 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}^{\circ}\text{C}}}{2}$	2.0228 KJ/Kg°C

Reemplazando en:

$$h_{W_{D2}} = [X_{aceite} * C_{p_{promedio, aceite}} * T^{\circ}_{aceite}] + [X_{agua} * C_{p_{agua}} * T^{\circ}_{agua}]$$

$$h_{W_{D2}} = \left[0.007877 * 2.0228 \frac{KJ}{Kg^{\circ}C} * 33.05^{\circ}C \right] + \left[0.99212 * 4.186 \frac{KJ}{Kg^{\circ}C} * 33.05^{\circ}C \right]$$

$$h_{W_{D2}} = 137.787841 \frac{KJ}{Kg}$$

C.2 Entalpia de R₂: h_{R₂} :

$$h_{R_2} = C_{p_{agua}} * T_{I3}$$

Donde:

T_{I3} = temperatura de entrada del agua a E2 (registrada por el equipo) = 33.50°C

$$h_{R_2} = 4.186 \frac{KJ}{Kg^{\circ}C} * 33.50^{\circ}C$$

$$h_{R_2} = 140.2310 \frac{KJ}{Kg}$$

C.3 Entalpia de R₃: h_{R₃} :

$$h_{R_3} = C_{p_{agua}} * T^{\circ}_s$$

Donde:

$$T^{\circ}_5: T^{\circ} \text{ del agua que sale del } \frac{\text{condensador}}{\text{separador}} E2 = 33.10^{\circ}$$

$$h_{R_2} = 4.186 \frac{KJ}{Kg^{\circ}C} * 33.10^{\circ}C$$

$$h_{R_3} = 138.56 \frac{KJ}{Kg}$$

Reemplazando en:

$$q_1(p_1 E2)^{\dot{}} = [W_1 D3 (h_1(W_1 D2) - h_1(W_1 D3))] - [R_1 3 (h_1(R_1 2) - h_1(R_1 3)) * t]$$

$$q_{pE2}^{\dot{}} = 348.0703 KJ$$

Si nos podemos dar cuenta por las temperaturas de entrada y salida en el condensador/separador E2, se observa que E2 no cumple la función de enfriar la mezcla de Hidrolado + aceite esencial, por lo que esta es enfriada por el medio ambiente.

La pérdida de energía en E2, es de 348.0703KJ en 91 min de proceso, además la pérdida de energía es continua.

Por lo tanto:

$$q_{pE2}^{\dot{}} = \frac{348.0703 KJ}{91 \text{ min}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}}$$

$$q_{pE2}^{\dot{}} = 0.0537 KW$$

Por lo tanto de todo el proceso se pierde 0.0537KW al medio ambiente.

SUMA DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA:

$$q_{p_{total}}^{\dot{}} = q_{p_{C1}}^{\dot{}} + q_{p_{E1}}^{\dot{}} + q_{p_{E2}}^{\dot{}}$$

$$Q_{\text{Total}} = 2.7887 \text{ KW} + 0.97784 \text{ KW} + 0.0537 \text{ KW}$$

$$Q_{\text{Total}} = 3.82026 \text{ KW}$$

Si:

$$Q_{\text{entregado por el sistema de vapor}} = 7.3449 \text{ KW}$$

En conclusión se pierde el 52% de la energía proporcionada por el sistema generador de vapor, empleando un caudal de vapor de 4Kg de vapor/h para todo el proceso de extracción de aceite esencial de cascara de naranja.

NOMENCLATURA:

NOMENCLATURA	SIGNIFICADO	UNIDADES
W_{vapor}	Caudal de vapor que ingresa a C1	Kg/h
T°_{vapor}	Temperatura de vapor saturado	°C
H_{vapor}	Entalpia de vapor saturado	KJ/Kg
h_{liq}	Entalpia de liquido subenfriado (T° ambiente)	KJ/Kg
E	Eficiencia del caldero	%
C	Carga de la materia prima.	Kg
T°_C	Temperatura inicial de la materia prima.	°C
h_C	Entalpia de la materia prima	KJ/Kg
$C1$	Masa final de la carga	Kg
V_C	Masa del vapor condensado presente en	Kg

	el lecho	
V'_C	Total de condensado retenido en la cara + el condensado en el inferior de C1.	Kg
V'_C	Masa de agua condensada en la parte inferior de C1	Kg
$\lambda_{V'_C}$	Calor latente de masa condensada en la parte inferior de C1	KJ/Kg
V_a	Masa de aceite esencial evaporado	Kg
$W_{D1} = W_{D2}$	Masa de <i>aceite + hidrolado que sale de C1</i>	Kg
W_{D3}	Masa de <i>aceite + hidrolado eliminado</i>	Kg
$T^{s}_{W_{D1}}$	Temperatura de la masa <i>aceite + hidrolado que sale de C1 e ingresa a E1</i>	°C
t	Tiempo de operación de todo el proceso	min
$H_{W_{D1}}$	Entalpia de la mezcla de (<i>aceite + vapor de agua condensado (hidrolado)</i>)	KJ/Kg
q'_{PC1}	Perdida de energía en el calderin C1	KW
W_{D2}	Corriente de <i>vapor condensado (hidrolado) + aceite esencial que sale del condensador E1</i>	Kg/h
$T^{s}_{W_{D2}} = T^{s}/4$	Temperatura del <i>vapor condensado (hidrolado) + aceite esencial que sale de</i>	°C

	<i>E1</i>	
$h_{IV_{E2}}$	Entalpia de del <i>vapor condensado (hidrolado) + aceite esencial que sale de E1</i>	KJ/Kg
R_1	Caudal de agua de refrigeración que entra al condensador E1.	Lt/h
T°_{R1}	Temperatura del agua de refrigeración que entra al condensador E1.	°C
h_{R1}	Entalpia del agua de refrigeración que entra al condensador E1.	KJ/Kg
$T^{\circ}I2$	Temperatura del flujo de agua refrigerante que ingresa al condensador E1	°C
$T^{\circ}I3$	Temperatura del flujo de agua refrigerante que sale del condensador E1	°C
q'_{PE1}	Perdida de energía en el condensador E1	KW
R_2	Caudal de agua refrigerante que sale del condensador E1 y entra al condensador E2.	Lt/h
$T^{\circ}_{R2} = T^{\circ}I3$	Temperatura del flujo de agua refrigerante que ingresa al condensador/separador E2.	°C

\dot{h}_{R2}	Entalpia del flujo de agua refrigerante que entra al condensador E2	KJ/Kg
$R_3 = R_2$	Caudal de agua refrigerante que sale del condensador E2.	Lt/h
T°_3	Temperatura del flujo de agua refrigerante que sale del condensador/separador E2.	$^{\circ}\text{C}$
\dot{h}_{R3}	Entalpia del agua refrigerante que sale del condensador E2.	KJ/Kg
W_{D3}	Masa de aceite esencial de aceite + hidrolado, que sale de del condensador/separador E2.	Kg
$T_{W_{D3}} = T^{\circ}16$	Temperatura del caudal de aceite esencial + hidrolado que sales del condensador/separador E2.	$^{\circ}\text{C}$
$\dot{h}_{W_{D3}}$	Entalpia de la mezcla de aceite esencial + hidrolado, a la salida del condensador/separador E2.	KJ/Kg
\dot{Q}_{PE2}	Perdida de energía en el condensador/separador E2	KW

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA ACADEMICA PROFESIONAL DE INGENIERIA
AGROINDUSTRIAL**

I.- DATOS GENERALES (PREGRADO)

UNIVERSIDAD: UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

ESCUELA O CARRERA PROFESIONAL: INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

**TITULO DEL TRABAJO: “DENSIDAD DE CARGA Y MÉTODO DE
EXTRACCIÓN EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE ACEITE ESENCIAL
DE LOS FLAVEDOS DE DOS VARIETADES DE NARANJA (CITRUS
SINENSIS)”**

AREA DE INVESTIGACION: Experimental

AUTORES:

DNI: 40439748 ROBIN OMAR ARROYO GAMEZ

DNI: 41401710 ROGER ALEXANDER LEON LA ROSA

**TITULO PROFESIONAL AL QUE CONDUCE: INGENIERO
AGROINDUSTRIAL**

AÑO DE APROBACION DE LA SUSTENTACION 2013

II.- CONTENIDO DEL RESUMEN

PLANTEAMIENTO DE ESTUDIO

Objetivo de la Investigación

La naranja es un fruto con alto valor nutricional, que en su cascara contiene aceite esencial de múltiples aplicaciones domésticas e industriales, que requiere ser estudiado para un mejor aprovechamiento y valor agregado de estos residuos.

En el presente trabajo se evaluará el efecto de la densidad de carga y los métodos de extracción en el rendimiento y calidad de aceite esencial de los flavedos de dos variedades de naranja.

Formulación del Problema

¿Cuál es el efecto de la densidad de carga (0.4; 0.6 y 0.8 Kg/l de cáscara) y de los métodos de extracción (hidrodestilación y arrastre de vapor) en el rendimiento y calidad de aceite esencial de los flavedos de dos variedades de naranja (Valencia y Washington) evaluado mediante balance de materia, índice de refracción, densidad y contenido de limoneno?

OBJETIVOS:

Objetivos Generales:

- Determinar el efecto de la densidad de carga (0.4; 0.6 y 0.8 Kg/l de cáscara) y de los métodos de extracción (hidrodestilación y arrastre de vapor) en el rendimiento y calidad de aceite esencial de los flavedos de dos variedades de naranja (Valencia y Washington) evaluado mediante balance de materia, índice de refracción, densidad y contenido de limoneno.

Objetivos Específicos:

- Determinar el rendimiento del aceite esencial de los flavedos de naranja (*Citrus sinensis*), según las variedades Valencia y

Washington, densidad de carga (0.4; 0.6 y 0.8 Kg/l de cáscara) y métodos de extracción (hidrodestilación y arrastre de vapor).

- Evaluar el efecto de la densidad de carga (0.4; 0.6 y 0.8 Kg/l de cáscara) y métodos de extracción (hidrodestilación y arrastre de vapor) en la calidad del aceite esencial extraído a partir de los flavedos de las variedades de naranja Valencia y Washington.

HIPÓTESIS:

- Las densidades de carga de 0.4; 0.6 y 0.8 Kg/l de cáscara de naranja de las variedades Valencia y Washington y la extracción por hidrodestilación y arrastre de vapor, influyen significativamente en el rendimiento y calidad del aceite esencial extraído; a mayor densidad de carga y por arrastre de vapor, el rendimiento de aceite esencial se incrementa en un 20% con respecto a la extracción mediante hidrodestilación con mejores características fisicoquímicas.

MARCO TEORICO

En este trabajo se presenta un estudio del efecto de la densidad de carga (0.4; 0.6 y 0.8 Kg/l de cáscara) y de los métodos de extracción (hidrodestilación y arrastre de vapor) en rendimiento y calidad del aceite esencial extraído a partir de los flavedos de naranja Valencia y Huando, evaluado a través de balance de materia, índice de refracción y densidad.

Actualmente, el sector industrial de cítricos a través de diferentes líneas deja como residuos cantidades considerables de cáscaras, que en muchas veces en estado fresco son arrojados a los votadores, sin ser aprovechados. Como tal una alternativa es destinar

estos a la línea de los aceites esenciales que por su uso y alta demanda, es necesario conocer los parámetros que pueden influenciar durante el proceso de extracción. Los resultados demuestran que el rendimiento del aceite esencial obtenido se ve influenciado proporcionalmente por la densidad de carga, naturaleza y por los métodos de extracción de hidrodestilación y arrastre de vapor. El rendimiento en base seca promedio del aceite esencial a partir de la variedad Valencia fue de 2.0% y de la variedad Huando de 0.74%, según el método de hidrodestilación se alcanzó 1.45% y mediante arrastre de vapor 1.29% con densidad de carga de 0.4Kg/L. Por otro lado, los parámetros de calidad de los aceites arrojaron un índice de refracción de 1.47, densidad de 0.84g/ml, estadísticamente no fueron influenciados por la densidad de carga y método de extracción, más si por efecto de la variedad. Concluyéndose que la densidad de carga de 0.6 Kg/l, con el método de hidrodestilación y con la variedad de naranja Valencia se obtuvo el más alto rendimiento de 2.13% y una eficiencia del 90.49%.

CONCLUSIONES

- El rendimiento del aceite esencial obtenido, se ve influenciado proporcionalmente por la densidad de carga, (0.4, 0.6 y 0.8 Kg/L), naturaleza y composición de las variedades de naranja (Valencia y Huando) y por los métodos de extracción de hidrodestilación y arrastre de vapor y la calidad es influenciado por la variedad.
- El rendimiento en base seca promedio del aceite esencial obtenido a partir de la variedad Valencia fue de 2.0% y de la variedad Huando fue 0.74 %, según el método de hidrodestilación se alcanzó 1.45% y mediante arrastre de vapor 1.29 %, con 0.4Kg/L de 1.34 %, a 0.6 Kg/L de 1.41 % y 0.8% de 1.35%.

- Los parámetros de calidad de los aceites, como el índice de refracción (1.47) y densidad, (0.84 g/ml) estadísticamente no fueron influenciados por la densidad de carga y método de extracción, más si la composición, por efecto de la variedad.
- De los análisis estadísticos se concluye que con densidad de carga de 0.6 Kg/L, con el método de hidrodestilación y con la variedad de naranja Valencia se obtuvo el más alto rendimiento de 2.13% y una eficiencia del 90.49%.

RECOMENDACIONES

- Conociendo que los flavedos de las naranjas de la variedad Valencia y Huando contienen aceites esenciales importantes para la aplicación en diferentes sectores industriales, es necesario realizar estudios de separación de las fracciones ricas de los compuestos monoterpénicos presentes en dichos aceites.
- Realizar un estudio técnico-económico de la posibilidad de producir y comercializar en la Región Ancash, el aceite esencial de los flavedos de naranja de las variedades Valencia y Huando, ricas en compuestos monoterpénicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Murillo G. O (2002). Dirección de Mercadeo y Agroindustria Área Desarrollo de Producto. Colombia.
- Bandoni A. (2002). Los recursos vegetales en Latinoamérica, su aprovechamiento industrial para la producción de aromas y sabores. Universidad Nacional de la Plata.
- Cazabone, C. (2009). FreshPlaza: Noticias del sector de frutas y verduras. Colombia. Revista N°.06. Vol1.
- Diaz J. A (2002). Análisis del mercado internacional de aceites esenciales y aceites vegetales. Instituto Alexander Von Humboldt-Biocomercio Sostenible. Bogotá. Colombia.
- Gutierrez S. K. (2008). Producción de naranjas. Lima. Perú.
- Gunther, E. (1948). The essential Oils. Vol. 1. History and origin in Plants Production Analysis. Krieger Publishing New York. USA.
- Fellows, 1996. Tecnología del procesado de Alimentos. Edit. Acribia. Zaragoza. España.
- Puente, 1996. Tecnología de Conservas de frutas y Hortalizas. Edit. Acribia. Zaragoza. España.
- *Reategui Diaz, Limber. (2010). Hidroextracción y fraccionamiento del aceite esencial de cáscara de naranja. Tesis. UNMSM. Lima. Perú.*
- Weiss E.A (1997). Essential Oil Crops. Cab. International. EE.UU.
- Yañez Rueda, X. et al (2006). Estudio del aceite esencial de la cascara de naranja dulce (Citrus sinensis variedad valenciana)". Universidad de Pamplona. Bucaramanga. Colombia.
- Pagina de internet: www.infoagro.com/citricos/naranja