

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK**

**Facultad de Ciencias Ambientales**

**Trabajo de fin de carrera previo a la obtención del Título de Ingeniera  
Ambiental**

**UTILIZACIÓN DE RESIDUOS DE CÁSCARA DE NARANJA PARA  
LA PREPARACIÓN DE UN DESENGRASANTE DOMÉSTICO E  
INDUSTRIAL**

**Autor:**

**Andrea Emilia Quiroz Valle**

**Director:**

**Dr. Carlos Ordoñez**

**Quito – Ecuador**

**2009**

## **DEDICATORIA**

A mi familia, por todo lo que hemos compartido y vamos aprendiendo juntos.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres, Héctor y Nancy, un agradecimiento especial por estar siempre a mi lado guiando y apoyando mis decisiones, alentándome a superar cualquier dificultad y por ser mí ejemplo de esfuerzo, perseverancia y amor.

A mi hermana, Alejandra, por su amistad y confianza, por estar siempre dispuesta a ayudarme, haciendo que los problemas sean más fáciles.

A Esteban, por su amor, paciencia y sobre todo por su ayuda incondicional durante la realización de este proyecto.

Al Dr. Carlos Ordoñez y a los profesores de la universidad por su dedicación, sus valiosas enseñanzas y orientación.

Al Consorcio Ciudad-Ecogestión por la información y facilidades brindadas.

## CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN .....	13
2	MARCO TEÓRICO .....	15
2.1	Aspectos generales de la naranja .....	15
2.1.1	Origen .....	15
2.1.2	Características generales.....	15
2.1.3	Variedades .....	17
2.1.4	Partes del fruto.....	18
2.1.4.1	Flavedo o Epicarpio .....	18
2.1.4.2	Albedo o Mesocarpio .....	19
2.1.4.3	Endocarpio .....	19
2.1.4.4	Semillas y cortezas.....	20
2.1.5	Procesamiento industrial .....	21
2.1.6	La naranja en el Ecuador .....	22
2.2	Compuestos activos de la cáscara de naranja .....	22
2.2.1	Aceites esenciales .....	22
2.2.1.1	Terpenos.....	24
2.2.1.1	Limoneno .....	26
2.2.2	Esencia de la naranja .....	28
2.3	Conceptos básicos .....	28

2.3.1	Métodos de extracción de aceites esenciales .....	28
2.3.1.1	Destilación .....	29
2.3.1.2	Extracción .....	31
2.3.2	Métodos para determinar los componentes del aceite esencial .....	37
2.3.2.1	Determinación del índice de refracción (Refractometría) .....	38
2.3.2.2	Cromatografía de capa fina .....	41
2.3.2.3	Cromatografía de gas-líquido .....	41
2.3.2.4	Espectroscopía Infrarroja .....	42
2.3.2.5	Espectroscopía de resonancia magnética nuclear .....	43
2.3.2.6	Espectrometría de masas .....	45
2.3.2.7	Combinación de cromatografía de gases y espectrometría de masas ...	46
2.4	Productos de limpieza .....	47
2.4.1	Definición de limpieza .....	47
2.4.2	Historia de la limpieza .....	47
2.4.3	Mecanismos de actuación de los productos de limpieza .....	48
2.4.4	Tipos de productos de limpieza .....	52
2.4.5	Diseño y manufactura de productos de limpieza .....	56
2.5	Desengrasantes .....	57
2.5.1	Definición, funcionamiento y formulación .....	57
3	METODOLOGÍA .....	60
3.1	Materiales y equipos utilizados .....	60
3.1.1	Materiales .....	60
3.1.2	Equipo de destilación por arrastre con vapor .....	60

3.1.3	Equipo de extracción continua en Soxhlet .....	61
3.1.4	Equipo de extracción directa a reflujo.....	61
3.2	Etapas del proceso .....	62
3.2.1	Recolección .....	62
3.2.2	Remoción del mesocarpio .....	62
3.2.3	Picado de la cáscara de naranja .....	63
3.2.4	Secado de la cáscara de naranja.....	63
3.2.5	Extracción del aceite esencial.....	63
3.2.5.1	Determinación de la humedad de la cáscara de naranja .....	64
3.2.5.2	Destilación por arrastre con vapor .....	64
3.2.5.3	Extracción directa a reflujo.....	65
3.2.5.4	Extracción continua en Soxhlet .....	66
3.2.6	Determinación del pH de las muestras de aceite esencial .....	67
3.2.7	Método cualitativo para determinar la presencia de limoneno.....	67
3.2.8	Determinación del índice de refracción (Refractometría) .....	68
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	69
4.1	Extracción del aceite esencial .....	69
4.1.1	Contenido de humedad en las cáscaras de naranja .....	69
4.1.2	Volumen del aceite esencial obtenido en cada método de extracción.....	70
4.1.3	Determinación del pH de las muestras de aceite esencial .....	72
4.1.4	Determinación de la presencia de limoneno usando permanganato de potasio .....	74
4.1.5	Determinación del índice de refracción (Refractometría) .....	74

4.2	Pruebas de desengrase.....	75
4.2.1	Evaluación de las pruebas de los extractos como desengrasante para manos .....	76
4.2.2	Evaluación de las pruebas de los extractos como desengrasante para vajillas .....	77
4.2.3	Evaluación de las pruebas de los extractos más aditivos, como desengrasante para manos .....	78
4.2.4	Evaluación de las pruebas de los extractos más aditivos más aditivos, como desengrasante para vajillas .....	78
4.3	Discusión .....	79
4.4	Elaboración del desengrasante en pequeña escala .....	81
4.4.1	Capacidad de la planta.....	81
4.4.2	Cálculo de la cantidad de extracto que se puede obtener .....	82
4.4.3	Formulación del desengrasante .....	83
4.4.4	Descripción del proceso.....	83
4.4.4.1	Recepción y selección de la materia prima.....	83
4.4.4.2	Remoción de mesocarpio.....	84
4.4.4.3	Picado de la cáscara de naranja.....	84
4.4.4.4	Secado .....	84
4.4.4.5	Extracción de los principios activos de la cáscara de naranja .....	84
4.4.4.6	Incorporación de aditivos.....	85
4.4.5	Diagrama de flujo del proceso para la elaboración del desengrasante y pérdida del material por etapa .....	86
4.4.6	Evaluación de costos para la elaboración del desengrasante.....	87
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	89

6	BIBLIOGRAFÍA.....	92
7	ANEXOS.....	95

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Contenido de energía y macronutrientes de la naranja (composición por 100g)	16
Tabla 2. Contenido de vitaminas de la naranja.....	16
Tabla 3. Contenido en minerales de la naranja (composición por 100 g).....	16
Tabla 4. Características de los aceites esenciales.....	24
Tabla 5. Clasificación de terpenos.....	26
Tabla 6. Propiedades físicas y químicas del limoneno.....	26
Tabla 7. Índices de refracción de algunas sustancias de uso común.....	40
Tabla 8. Escala de pH.....	51
Tabla 9. Clases de productos de limpieza en relación a su pH.....	55
Tabla 10. Formulación para detergentes tipo crema lavavajilla.....	58
Tabla 11. Formulación para detergentes líquidos, que pueden aplicarse tanto como desengrasantes de manos como lavavajillas.....	59
Tabla 12. Humedad de la cáscara de naranja fresca.....	69
Tabla 13. Humedad de la cáscara de naranja después de un tiempo de secado de tres días.....	70
Tabla 14. Volumen del aceite esencial obtenido por extracción directa a reflujo en agua .....	70
Tabla 15. Volumen del aceite esencial obtenido por extracción directa a reflujo en alcohol.....	71
Tabla 16. Volumen del aceite esencial obtenido por destilación por arrastre con vapor	72
Tabla 17. Determinación del pH en las muestras del aceite esencial obtenido sin aditivos .....	73
Tabla 18. Determinación del pH en las muestras del aceite esencial obtenido más aditivos.....	73

Tabla 19. Determinación del índice de refracción en las muestras del aceite esencial obtenido .....	75
Tabla 20. Evaluación de las pruebas del extracto, obtenido de la cáscara seca, como desengrasante para manos .....	76
Tabla 21. Evaluación de las pruebas del extracto, obtenido de la cáscara fresca, como desengrasante para manos .....	76
Tabla 22. Evaluación de las pruebas del extracto, obtenido de la cáscara seca, como desengrasante para vajillas .....	77
Tabla 23. Evaluación de las pruebas del extracto, obtenido de la cáscara fresca, como desengrasante para vajillas .....	77
Tabla 24. Evaluación de las pruebas de los extractos más aditivos, como desengrasante para manos .....	78
Tabla 25. Evaluación de las pruebas de los extractos más aditivos, como desengrasante para vajillas .....	78
Tabla 26. Volumen de producción del desengrasante .....	82
Tabla 27. Rangos de formulación del desengrasante .....	83
Tabla 28. Costos de la materia prima para la elaboración de 64, 67L de desengrasante .....	87
Tabla 29. Costos de mano de obra para la elaboración del desengrasante .....	87
Tabla 30. Otros costos indirectos para la elaboración del desengrasante .....	88
Tabla 31. Costo de la producción del desengrasante por litro .....	88
Tabla 32. Costos de los equipos para la elaboración del desengrasante .....	88

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Partes del fruto .....	20
Figura 2. Formación de mirceno a partir de dos unidades de isopreno .....	25
Figura 3. Estructura química de los enantiómeros del limoneno .....	27
Figura 4. Esquema de la destilación por arrastre con vapor .....	31
Figura 5. Esquema de la extracción continua en Soxhlet .....	33
Figura 6. Esquema de la extracción directa a reflujo .....	34
Figura 7. Esquema de la extracción con fluidos supercríticos .....	35

Figura 8. Esquema del equipo utilizado en la extracción por prensado en frío.....	37
Figura 9. Índice de refracción igual a la razón de los senos de los ángulos de incidencia y refracción (Ley de Snell) .....	39
Figura 10. Esquema de un cromatógrafo de gases .....	42
Figura 11. Diagrama de un espectrómetro de resonancia magnética nuclear .....	45
Figura 12. Moléculas de jabón o detergente emulsifican las gotas de aceite o grasa.....	50
Figura 13. Círculo de Sinner .....	52
Figura 14. Extracción por arrastre con vapor en el laboratorio .....	64
Figura 15. Extracción directa a reflujo con agua y alcohol potable en el laboratorio ....	65
Figura 16. Cáscaras con alcohol potable y agua.....	66
Figura 17. Esquema de la extracción continua en Soxhlet en el laboratorio.....	67
Figura 18. Muestras obtenidas por extracción directa a reflujo en agua .....	71
Figura 19. Muestras obtenidas por extracción directa a reflujo en alcohol.....	71
Figura 20. Muestras obtenidas por destilación por arrastre con vapor .....	72

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Resultados fotográficos de la presencia de limoneno en los extractos obtenidos, mediante permanganato de potasio .....	95
Anexo B. Resultados fotográficos de las pruebas de los extractos como desengrasante para manos.....	97
Anexo C. Resultados fotográficos de las pruebas de los extractos como desengrasante para vajillas.....	103
Anexo D. Resultados fotográficos de las pruebas de los extractos más aditivos como desengrasante para manos .....	109
Anexo E. Resultados fotográficos de las pruebas de los extractos más aditivos como desengrasante para vajillas .....	112

## RESUMEN

Se ha desarrollado un gran interés por la utilización de productos naturales, como sustitutos de compuestos químicos tóxicos. Principalmente se ha hecho uso, de estos productos naturales, en la industria farmacéutica y alimenticia. Sin embargo recientemente se ha intensificado su empleo como disolventes y agentes de limpieza.

En el presente trabajo se llevó a cabo la elaboración de un desengrasante, a partir de los principios activos de las cáscaras de naranja, que constituyen uno de los principales residuos sólidos orgánicos, generados por las actividades comerciales que se desarrollan en el Parque Metropolitano Guanguiltagua (PMG).

La obtención de los principios activos se realizó en el laboratorio, mediante la aplicación de métodos simples de extracción y diferentes solventes (extracción a reflujo en agua/ alcohol y destilación por arrastre con vapor), en todos los casos se estandarizó los parámetros de operación utilizando 500ml de solvente, 100g de cáscara y una hora de tiempo de extracción.

Una vez obtenidos los extractos se determinó, mediante pruebas cualitativas, cuál es el removedor de grasa más eficiente. Se concluyó que es necesaria la incorporación de aditivos para que exista un buen funcionamiento del producto como desengrasante.

Como resultado se obtuvo que el extracto que funciona de manera más eficaz como desengrasante, es el obtenido por arrastre con vapor, debiéndose incorporar como aditivos glicerina, que ayuda a reducir la tensión superficial, permitiendo que el producto penetre mejor en la suciedad. Y betaína, como agente espumante y tensoactivo, para atrapar las partículas de grasa y distribuir las en el agua.

Finalmente, con los datos obtenidos en el laboratorio, se evaluó los costos diarios de producción por litro del desengrasante, tomando en cuenta los costos de la materia prima, mano de obra, costos indirectos y equipos necesarios para producir en pequeña escala el desengrasante, a través de la gestión interna del parque.

**Descriptores:** Cáscaras de Naranja, Desengrasante, Destilación por arrastre con vapor, Extracción directa a reflujo, Parque Metropolitano Guanguiltagua (PMG), Residuos Sólidos Orgánicos, Principios activos

## SUMARY

A great interest has developed in the utilization of natural products, as substitutes for chemical toxic compounds. Mainly these products have been use in pharmaceutical and food industry. However, recently its employment as solvents and cleaning agents has intensified

The development of a grease remover agent, from the active substances of orange peel, was carried out in the current investigation. The orange peel is one of the major solid organic wastes, which are generated by the commercial activities that take place in the “Parque Metropolitano Guanguiltagua”

The active substances from the orange peel were obtained in the laboratory. The extraction was done using simple methods of extraction and different solvents (direct extraction under reflux in water/alcohol and distillation by drag with steam) in all the cases the parameters of operation were standardized, using 500ml of solvent, 100g of orange peel and extraction time of one hour.

Once the extracts were obtained it was necessary to determine by qualitative tests which worked better as a grease remover. Tests showed that the incorporation of additives were necessary in order to achieve a succesful product.

The result achived showed that the extract that works in a more effective way as greaser remover, is the one obtained by distillation by drag with steam. The Incorporation of additives is necessary, that's why it was decided to use glycerine, which helps to reduce the superficial tension, allowing the product enter better in the dirt. And as a foam generator, betaine, in order to collect and distribute the grease in water.

Finally, with the information obtained in the laboratory, the daily costs of production were evaluated, taking into account the costs of the raw material, labor, indirect costs and necessary equipments to produce on a small scale the grease remover, through the internal management of the park.

**Key words:** Orange peel, Grease remover, Distillation by drag with steam, Direct extraccion under reflux, Parque Metropolitano Guanguiltagua (PMG), Solid organic waste, Active substances.

## 1 INTRODUCCIÓN

Las actividades humanas que se desarrollan en la zona comercial del Parque Metropolitano Guanguiltagua, como la venta y consumo de productos, generan distintos tipos de residuos, dentro de ellos, el mayor volumen de desechos está constituido por plásticos y por residuos sólidos orgánicos. Los residuos actualmente son clasificados y algunos de ellos son enviados a un gestor calificado. En el caso de los residuos orgánicos se ha implementado un programa de gestión interna del parque que consiste en el compostaje.

Los residuos sólidos orgánicos contienen varios componentes, y dentro de estos están las cáscaras de naranja desechadas que constituyen el material básico para la ejecución de la presente investigación. Los principios activos de las cáscaras de naranja son extraídos como aceites esenciales a través de diferentes métodos que incluyen técnicas simples como la destilación por arrastre con vapor, hasta métodos complejos como la extracción con fluidos supercríticos.

Los principios activos de las cáscaras de naranja tienen diferentes aplicaciones, principalmente se utilizan como componentes aromáticos y como agentes saborizantes en procesos farmacéuticos y de alimentos. Sin embargo recientemente se ha intensificado su uso como disolvente y como agente de limpieza, debido a la presencia de limoneno, que es el compuesto más abundante (95%) y que sirve como un sustituto de compuestos químicos tóxicos, como ácidos y fosfatos trisódicos. Adicionalmente tiene la ventaja de ser biodegradable.

El presente trabajo tiene como propósito la elaboración de un desengrasante a partir de la cáscara de naranja, como una alternativa para la gestión de los residuos orgánicos del PMG. Así mismo, busca dar un valor agregado a este residuo, al evaluar la posibilidad de producir en pequeña escala el desengrasante, mediante un método de extracción simple, con el fin de que la producción se realice a través de la gestión interna del parque.

Como objetivo general se propuso utilizar los principios activos de la cáscara de naranja para preparar un desengrasante doméstico e industrial. Y como objetivos específicos se propuso el extraer los principios activos de la cáscara de naranja a través de diferentes métodos y solventes, probando la eficiencia de los principios activos extraídos, como desengrasante doméstico e industrial, para determinar el método de extracción más adecuado.

Luego se evaluó la posibilidad de producir el desengrasante a pequeña escala, como una técnica para utilizar la cáscara de naranja como materia prima en el proceso y se determinó un método de extracción simple para obtener de los principios activos de la cáscara de naranja, con el fin de que la producción se realice a través de la gestión interna del Parque Metropolitano Guanguiltagua de Quito. Finalmente se estudió la incorporación de un valor agregado a los residuos de la cáscara de naranja del parque.

## **2 MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Aspectos generales de la naranja**

#### **2.1.1 Origen**

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

#### **2.1.2 Características generales**

La naranja es el fruto del naranjo, árbol que pertenece al género *Citrus* de la familia de las Rutáceas. Esta familia comprende más de 1.700 especies, de ellas unas 20 especies tienen frutos comestibles que son abundantes en vitamina C, flavonoides y aceites esenciales.

Entre las especies que pertenecen al género *Citrus*, se encuentran la naranja común (*Citrus sinensis*), la naranja china (*Citrus japonica*), la naranja amarga (*Citrus aurantium*), la mandarina (*Citrus reticulata*), el limón (*Citrus limon*), el pomelo (*Citrus paradisi*), la lima (*Citrus aurantifolia*), o la toronja (*Citrus medica*), (Weiss E, 1997).

La naranja tiene una forma redondeada con un diámetro de 6cm a 10cm, su color y sabor varían de acuerdo a las variedades. Tiene un importante valor nutricional al ser

fuelle de fibra y minerales como el potasio, calcio y magnesio, también tiene un alto contenido de vitamina C, lo que hace que su consumo sea elevado. En las siguientes tablas se indica el contenido de macronutrientes, vitaminas y minerales de la naranja amarga: *Citrus aurantium*. El *Citrus aurantium* destaca por su contenido en ácidos ascórbico, cítrico, málico y sales minerales.

**Tabla 1.** Contenido de energía y macronutrientes de la naranja (composición por 100g)

Fruta	Agua (g)	Energía (kcal)	Proteínas (g)	Hidratos de carbono (g)	Lípidos (g)	Fibra (g)
Naranja	87.7	48.9	0.87	8.9	0.2	2.3

Fuente: Ortega et al, 2004

**Tabla 2.** Contenido de vitaminas de la naranja

Vitaminas	Contenido
Tiamina (g)	0.08
Riboflavina (mg)	0.04
Niacina (mg)	0.48
Vitamina B (mg)	0.06
Folatos (ug)	38.7
Vitamina C (mg)	50.6
Vitamina A	33.6
Carotenoides (ug)	39.4
Vitamina E (mg)	0.81

Fuente: Ortega et al, 2004

**Tabla 3.** Contenido en minerales de la naranja (composición por 100 g)

Fruta	Calcio (mg)	Fósforo (mg)	Hierro (mg)	Yodo (ug)	Zinc (mg)	Magnesio (mg)	Sodio (mg)	Potasio (mg)
Naranja	41	20	0.49	2.1	0.15	15.2	1.4	165

Fuente: Ortega et al, 2004

El naranjo dulce (*Citrus sinensis*) debido a su sabor es el más cultivado, y no se lo debe confundir con el naranjo amargo (*Citrus aurantium* L.), que es cultivado como árbol ornamental y principalmente se utiliza para la fabricación de mermeladas y en la industria de los aceites para la obtención de fragancias.

La planta de naranja es una especie subtropical que no tolera las temperaturas por debajo de los  $-3^{\circ}\text{C}$ . La correcta maduración de los frutos depende de las temperaturas cálidas que se presenten durante el verano, por ello la importancia de la ubicación de los cultivos para garantizar la calidad de la fruta. Así mismo la disponibilidad de lluvia es importante para su desarrollo.

Otro factor que influye en la calidad y cantidad de los frutos, son las enfermedades y plagas que atacan al árbol de naranja y que pueden reducir considerablemente el rendimiento de las cosechas. Entre las plagas más importantes se encuentran el minador de los cítricos, la mosca blanca, la mosca de la fruta, pulgones y cochinillas; mientras que entre las enfermedades más comunes que afectan a los cultivos de naranja se pueden distinguir el nematodo de los cítricos, gomosis, alternaria, entre otros. (Heredia, 2007)

### **2.1.3 Variedades**

Existe una gran variedad de especies, algunas de ellas son el resultado de mutaciones naturales causadas por las condiciones del suelo y del clima. Las características de cada variedad determinan el tipo de uso de la fruta, ya sea para su consumo directo o para su industrialización.

Las variedades más importantes son las naranjas dulces y se clasifican en cuatro grupos:

- *Navel*: Estas variedades se han adaptado a climas subtropicales y se diferencian de las demás por ser frutos de gran tamaño, son fáciles de pelar y no tienen semillas, por lo que son muy apreciados como frutas frescas, pero no son adecuadas para la elaboración de jugos, ya que al ser exprimidas se desprende limonina que hace que el jugo tenga un sabor amargo. A este grupo pertenecen las variedades: Navel, Navelate, Lane late, entre otras.
- *Blancas*: Tienen formas elipsoidales, de tamaño medio a grande. Presentan coloraciones que van desde amarillo-naranja a naranja intenso. Algunas variedades tienen muchas semillas y son adecuadas para la producción de jugo. A este grupo pertenecen las variedades: Ambersweet, Salustiana, Valencia Late, entre otras.
- *Sanguina*: Son muy similares a las naranjas Blancas, pero su pulpa tiene un pigmento rojo con un sabor muy dulce, esto se debe a las bajas temperaturas en la noche y sólo se cultivan en el Mediterráneo. A este grupo pertenecen las variedades: Doble fina, Maltaise, Sanguinelli, entre otras.
- *Sucreñas*: Tienen menor acidez y se caracterizan por ser ligeramente insípidas, debido a esto en la actualidad son muy poco cultivadas y no son adecuadas para la industria. Las variedades más importantes son: Succari, Sucreña, Lima, Vaniglia.

#### **2.1.4 Partes del fruto**

##### 2.1.4.1 Flavedo o Epicarpio

Es el tejido exterior que está en contacto con la epidermis (Figura 1) y en él abundan vesículas que contienen la mayor parte de los pigmentos y los aceites esenciales de la naranja, estos últimos se encuentran en numerosos sacos o glándulas cuyo diámetro varía de 0,4 a 0,6 milímetros.

Los pigmentos son carotenoides y éstos, al igual que los aceites esenciales, se encuentran en gran cantidad en el flavedo, la cantidad de carotenoides (20-30mg/ 100g) y la de los aceites esenciales es de (0.05 a 1ml por 100cm<sup>2</sup> de superficie). También existe una cutícula externa formada por ceras y otros lípidos (Primo, 1998).

#### 2.1.4.2 Albedo o Mesocarpio

Debajo del flavedo está el albedo, un tejido esponjoso y blanco, forma el eje central del fruto que proporciona agua y materiales nutritivos (Figura 1). El albedo puede constituir del 20 % al 60% de la totalidad del fruto, variando el grosor de la corteza por ejemplo en las naranjas varía de 4mm a 12mm. El albedo fresco contiene de un 75% a 80% de agua, mientras que sus principales componentes, calculados en relación a la materia seca, son el 44% de azúcares, 33% de celulosa y 20% de sustancias pépticas (Ruiz et al, 2007).

El compuesto más importante que se obtiene del albedo es la pectina, que se obtiene en grandes cantidades, para su utilización como en la fabricación de mermeladas y jaleas, también se utiliza como agente adhesivo y como activo encapsulante en la deshidratación de alimentos y líquidos (Ruiz et al, 2007).

#### 2.1.4.3 Endocarpio

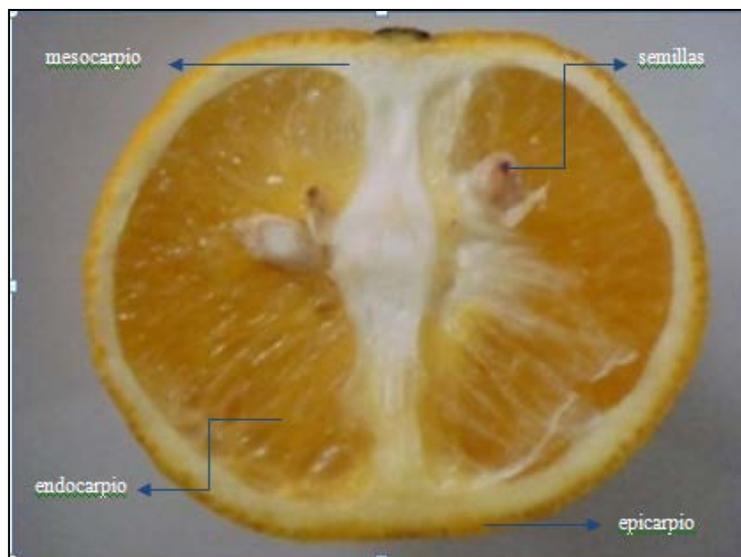
Es la parte comestible de los cítricos, está formado por carpelos o segmentos, separados por las membranas intercarpelares o membranas del segmento, que forman una especie de sacos que contienen el jugo (Figura 1). Al prensar éstos sacos se separa el jugo que compuesto por componentes solubles, como colorantes y pectinas.

La comestibilidad de la naranja depende de su contenido en celulosa y fibra. Algunas variedades son muy apreciadas por su poco residuo fibroso como la Navelate. La fibra y al pectina favorecen el buen funcionamiento del intestino y ayudan a disminuir el colesterol.

#### 2.1.4.4 Semillas y cortezas

Las semillas tienen una cubierta dura lignocelulósica y contienen altas concentraciones de fenoles. También están compuestas por una importante cantidad de proteínas (10-12% en semilla sin secar). Su harina seca y desengrasada contiene cerca del 40 % de proteínas que constituyen un excelente pienso. Lo mismo se puede obtener de la corteza junto con otros residuos, con un contenido proteico del 6 y 7%. (Primo, 1998).

A partir de los extractos de semillas de naranja y toronja se elabora, el producto comercial Desfan 100, que actúa como germicida natural de amplio espectro bactericida, fungicida, virucida, alguicida, antioxidante, biodegradable, no tóxico y anticorrosivo. (Ross, S., 1990)



**Figura 1.** Partes del fruto

### 2.1.5 Procesamiento industrial

El procesamiento industrial de la naranja inició en los años 40 y se asemeja a la forma casera de extracción del jugo. Los productos más importantes son el jugo natural, el jugo concentrado y el jugo concentrado congelado. Sin embargo los residuos también son aprovechados y pueden constituir subproductos de gran valor comercial, como los aceites esenciales, el pienso obtenido de las cáscaras y las pectinas.

La primera etapa del procesamiento es la descarga y selección de la fruta, que debe cumplir con ciertos requisitos como el tamaño, la acidez, sólidos solubles (contenido de azúcar), cantidad de jugo. Después la fruta pasa por una zona de lavado y desinfección. Luego mediante el uso de raspadoras, se separa el flavedo en forma de aserrín amarillo, que alimenta la línea de producción de aceite esencial. Esta fase no opera en la mayoría de fábricas, en donde la cáscara es eliminada o vendida para producir piensos o para fabricar pectinas.

Las naranjas raspadas pasan a las exprimidoras, el jugo obtenido pasa por tamices para eliminar el exceso de pulpa, membranas y semillas. Posteriormente el jugo pasa a un proceso de desaireación, eliminar el oxígeno disuelto que produce aromas no deseables y disminuye la vitamina C. A continuación el jugo es pasteurizado, mediante un choque térmico, que se logra incrementando la temperatura y luego reduciéndola rápidamente, de esta manera se inactivan las enzimas y se reduce la carga microbiana que degrada el jugo. Finalmente el jugo pasteurizado puede pasar a los concentradores donde se evapora parte del agua concentrándolo hasta 65°Brix<sup>1</sup>.

Las zonas más productivas se concentran en regiones de clima tropical y subtropical. A nivel mundial se producen 70 millones de toneladas de naranja, siendo Brasil el principal productor, la mayoría de su producción se emplea en el consumo interno y en la elaboración de jugo. A Brasil le siguen Estados Unidos, con grandes campos de

---

<sup>1</sup> Grados Brix es la cantidad de sólidos solubles o la cantidad de azúcar en una solución.

cultivo en Florida, California, Texas y Arizona; y China. Otros países productores que han aumentado su producción en los últimos años son México, España, Sudáfrica y los países del Mediterráneo.

### **2.1.6 La naranja en el Ecuador**

Debido a la ubicación geográfica del Ecuador, todas las regiones del país cuentan con condiciones favorables para el cultivo de cítricos. Los principales cultivos son de naranja, lima, limón, mandarina y toronja, que se pueden encontrar en las tres regiones continentales del país. La naranja es el cítrico que más se produce en el país, según cifras del Servicio de Información del Censa Agropecuario (SICA), la producción corresponde a más del 80%.

El procesamiento industrial de la naranja en el Ecuador es bajo, su participación en el comercio de jugo de naranja es mínima y en el caso del aceite esencial es nula. La participación del Ecuador en el mercado de naranja a nivel mundial es poco significativa, sólo representó el 0,28% de la producción mundial, en el 2004. Se ha visto que tradicionalmente el cultivo de la naranja se ha desarrollado para el abastecimiento del mercado interno (Heredia, 2007).

## **2.2 Compuestos activos de la cáscara de naranja**

En la cáscara de naranja, la mayor parte de los compuestos volátiles aromáticos están en el flavedo, es aquí donde se encuentran dos subproductos importantes de la industria de extracción de cítricos, los aceites esenciales y la esencia de la naranja.

### **2.2.1 Aceites esenciales**

Los aceites esenciales son líquidos oleosos volátiles, que se obtiene por algún método físico de extracción, se solubilizan parcialmente en etanol, en cloroformo y en aceites fijos y son insolubles en agua. En su mayoría están constituidos por terpenos,

cuya fórmula general es  $C_{10}H_{16}$  y por una cantidad menor de sesquiterpenos ( $C_{15}H_{24}$ ), a partir de estos dos componentes se forman los componentes oxigenados responsables del olor característico de la esencia en la que estén contenidos, como alcoholes, acetonas, fenoles, ácidos, aldehídos y ésteres.

Se desconoce cuál es la función biológica de los aceites esenciales. Algunos investigadores consideran que es subproducto del metabolismo de la planta y que no tiene ninguna función. Sin embargo, otros investigadores consideran que los aceites esenciales en las hojas y flores, sirven para atraer a insectos polinizadores o que funciona como un repelente de ciertos depredadores. (Badui, 1999)

En el aceite esencial de la cáscara de naranja se han identificado más de cien componentes. Sin embargo, el más abundante es el limoneno, que se encuentra en un 95%, y es un hidrocarburo terpénico monocíclico. Existen alrededor de otros treinta hidrocarburos, pero se encuentran en pequeñas cantidades.

Existen varios métodos para obtener el aceite esencial, pero uno de los más comunes es la destilación con vapor, sin embargo este método puede causar daño al aceite al producirse reacciones de oxidación, de hidrólisis y de polimerización. Otro sistema, que generalmente se usa para los cítricos, es el de expresión, que consiste en aplicar una presión alta sobre la cáscara para obtener el aceite, en estas condiciones el producto no se expone a temperaturas elevadas, por lo que no se daña.

La calidad de los aceites esenciales no sólo se puede ver afectada por los métodos de extracción, sino también por otros factores como la variedad de naranja empleada, el clima del lugar de cultivo, la madurez de la fruta y durante su almacenamiento puede afectar la presencia de luz y de oxígeno, pero lo más importante es su conservación a baja temperatura, para evitar alteraciones. Los aceites esenciales deben cumplir con ciertas características, en la siguiente tabla se indican las características de los aceites esenciales de la naranja y el limón.

**Tabla 4.** Características de los aceites esenciales

	<b>Naranja</b>	<b>Limón</b>
Color	Naranja/ Incoloro	Amarillo/ Incoloro
Olor	Típico del fruto	Típico del fruto
Aspecto	Brillante	Brillante
Densidad a 20°C	0,84 - 0,85	0,851 - 0,855
Índice de refracción a 20°C	1,4710 - 1,4770	1,4743 - 1,4757
Rotación óptica a 20°C	92 - 99	57,9 - 62,3
Residuo fijo %	2 - 4,5	2,2 - 2,5
Solubilidad en alcohol de 90°	9 - 14,5	8,5 - 19
Aldehídos %	1 - 2,5	2,2 - 3,8

Fuente: Sánchez, 2003

La fabricación y comercio de aceites esenciales se ha vuelto importante, debido a su aplicación como insumos en las diferentes industrias, se los utiliza como saborizantes y fragancias, dentro de las industrias alimenticias, la industria farmacéutica, la industria de perfumes y la industria de artículos de aseo personal y para el hogar. El aceite esencial de la naranja representó entre el 2000 y 2004, el 31% del mercado mundial de aceites esenciales de cítricos, con una tasa de crecimiento del 15% anual en dicho período (Heredia, 2007).

#### 2.2.1.1 Terpenos

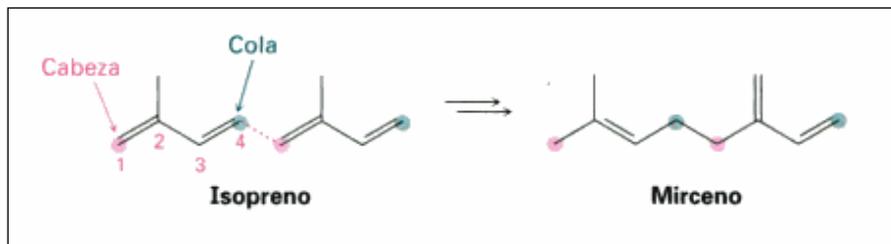
Los terpenos son un tipo de estructura que forma parte de los lípidos<sup>2</sup>. Son productos orgánicos muy abundantes en plantas y animales. En las plantas son los principales constituyentes de los aceites esenciales, que se usan como aditivos en

---

<sup>2</sup> Del griego *lipos*, grasa, son constituyentes de las plantas y animales y se caracterizan por sus propiedades de solubilidad. Los lípidos son insolubles en agua, pero solubles en disolventes orgánicos.

comidas y en fragancias. Los terpenos también están presentes en animales donde realizan un papel fisiológico importante (vitamina A, hormona juvenil de los insectos, entre otros) (Primo, 1995).

Se conocen más de 35000 terpenos, algunos son moléculas de cadenas acíclicas y otros son ciclos de varios átomos de carbono. Pueden contener dobles enlaces, grupos oxidrilo, grupos carbonilo u otros grupos funcionales. A pesar de sus aparentes diferencias estructurales, todos se originan por la unión cabeza-cola de unidades de isopreno<sup>3</sup>, según la regla del isopreno, en donde el carbono 1 es la cabeza y el 4 es la cola; por ejemplo el mirceno contiene dos unidades de isopreno (Figura 2), (McMurry et al, 2008).



**Figura 2.** Formación de mirceno a partir de dos unidades de isopreno

Fuente: McMurry et al, 2008

La clasificación de los terpenos está determinada por el número de isoprenos que contienen o por el número de átomos de carbono (Tabla 5). De esta manera los compuestos con diez átomos de carbono se conocen como monoterpenos, los que tienen quince átomos de carbono son sesquiterpenos y los que tienen 20 átomos de carbono son diterpenos.

<sup>3</sup> Unidad estructural de cinco carbonos

**Tabla 5.** Clasificación de terpenos

N° de isoprenos	N° de carbonos	Nombre
2	10	Monoterpenos
3	15	Sesquiterpenos
4	20	Diterpenos
6	30	Triterpenos
8	40	Tetraterpenos
>8	>40	Politerpenos

Fuente: Primo, 1995

### 2.2.1.1 Limoneno

El limoneno es un monoterpeno monocíclico, se encuentra en el aceite esencial de los cítricos y de algunas plantas y es del aroma de éstos. Al obtener el aceite esencial, pasa el limoneno en primer lugar, a una temperatura de 178°C y es insoluble en agua (Tabla 6).

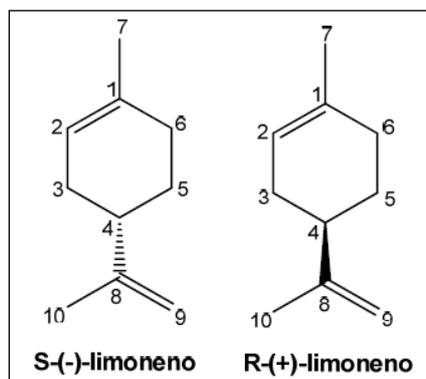
**Tabla 6.** Propiedades físicas y químicas del limoneno

Propiedad	Descriptor
Fórmula molecular	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>
Peso molecular	136,24 g/mol
Estado físico	Líquido
Color/olor	Incoloro/cítrico
Punto de ebullición	178°C
Densidad a 20°C	0,84 g/cm <sup>3</sup>
Solubilidad en agua a 20°C	Insoluble
Índice de refracción a 20°C	Mínimo 1.471 Máximo 1.474

Fuente: Arias, 2008

Su fórmula molecular es C<sub>10</sub>H<sub>16</sub> tiene enlaces dobles entre los carbonos C<sub>1</sub>-C<sub>2</sub> y C<sub>8</sub>-C<sub>9</sub>. Existen dos enantiómeros con propiedades y usos específicos, (Figura 3). El S-(-)-

limoneno se encuentra en la hierbabuena y se utiliza en gastronomía y perfumería. El R-(+)-limoneno es el componente principal del aceite esencial, hasta en un 95%, que se encuentra en la cáscaras de los cítricos como naranja, limón, mandarina, entre otros.



**Figura 3.** Estructura química de los enantiómeros del limoneno

Fuente: Arias, 2008

El limoneno se separa industrialmente por un proceso de desterpenación del aceite esencial, puede obtenerse en grandes cantidades a partir de la cáscara de naranja, por ejemplo en Florida se calcula un potencial de 40000 toneladas. Tiene diversas aplicaciones en procesos industriales, químicos, farmacéuticos y alimenticios. Y últimamente se lo emplea como disolvente biodegradable.

El limoneno es usado como disolvente de resinas, pigmentos, tintas y en la elaboración de agentes de limpieza, tiene alta efectividad como disolvente ya que forma una emulsión con el agua y las partículas de grasas son arrastradas y finalmente separadas en la superficie después de un tiempo de reposo, se lo puede considerar como una alternativa para suprimir el uso de solventes clorados tóxicos.

Dentro de la limpieza industrial se lo utiliza en desengrasantes, cada producto contiene en su composición cantidades respectivas de limoneno. De esta manera los limpiadores de manos y talleres contienen del 2% al 35% de limoneno. Los productos lavadores de autos tienen un 25% y los de limpieza de imprentas (para eliminar tintas)

utilizan hasta 95% de limoneno. Para remover pinturas y grafitis un porcentaje de hasta el 30%, existen removedores de chicle grasas y aceites de tapicería con 78% (Idrovo, 2007).

Aparte de actuar disolvente también tiene aplicaciones como componente aromático y como agente saborizante en procesos farmacéuticos y de alimentos. También es utilizado como ingrediente activo en insecticidas, es efectivo contra garrapatas, pulgas, ácaros y en plantas ornamentales controlan un amplio rango de insectos.

### **2.2.2 Esencia de la naranja**

Se denomina a la fracción volátil, que se recupera en la evaporación del jugo, condensado y ratificado las primeras fracciones evaporadas. Se utiliza para reforzar el aroma de los jugos concentrados-congelados y también se vende para bebidas sintéticas de alta calidad. Su composición es diferente a la del aceite esencial.

## **2.3 Conceptos básicos**

### **2.3.1 Métodos de extracción de aceites esenciales**

El desarrollo a nivel industrial de la elaboración de aceites esenciales, se basa en el conocimiento de los métodos de extracción, que ayudan a determinar la estructura y las propiedades de los componentes del aceite esencial. La mayoría de estos métodos están basados en las diferencias entre las propiedades físicas de los componentes de una mezcla como puntos de ebullición, densidad, presión de vapor, solubilidad, etc.

Uno de los métodos más empleados para la extracción de aceites esenciales es la destilación por arrastre con vapor, es un método muy común pero puede causar daño al aceite ya que se pueden producir reacciones de oxidación, de hidrólisis y de polimerización. Otras técnicas son la extracción directa a reflujo, la extracción continua

en Soxhlet, y a nivel industrial las más utilizadas son la extracción con fluidos supercríticos y la extracción por prensado en frío. La pureza y el rendimiento del aceite esencial dependerán de la técnica que se utilice para el aislamiento.

#### 2.3.1.1 Destilación

La destilación puede definirse como la evaporación parcial de un líquido con la transferencia de estos vapores y su posterior condensación en una parte distinta del aparato de destilación. (Pasto et al, 1981)

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

Existen varios tipos de destilaciones, el uso de cada uno depende de las propiedades del líquido que se quiera purificar y de las impurezas que lo contaminan. Y el éxito de cada técnica de destilación depende de varios factores, como la diferencia en el punto de ebullición de los componentes presentes, de la cantidad de muestra, del aparato de destilación, de la posible destilación simultánea de dos componentes y del cuidado de la persona que maneja el equipo.

##### 2.3.1.1.1 Destilación por arrastre con vapor

La destilación por arrastre con vapor es una técnica utilizada para la separación de sustancias orgánicas insolubles en agua y ligeramente volátiles, de otros productos no volátiles que se encuentran en la mezcla.

Las sustancias arrastrables con vapor son inmiscibles en agua, tienen presión de vapor baja y punto de ebullición alto. Cuando se tienen mezclas de líquidos que no son miscibles entre sí, se tiene un tipo de destilación que sigue la ley de Dalton sobre las presiones parciales. De acuerdo a esta ley, la relación de las presiones de vapor de dos líquidos es directamente proporcional a las concentraciones molares de ambas sustancias en la fase gaseosa. De esta manera si uno de los dos componentes tiene una presión de vapor de 380mmHg a cierta temperatura, su relación molar es la siguiente (Durts, 1985):

$$\frac{P_A}{P_B} = \left( \frac{M_A}{M_B} \right)_{\text{vap}} \quad (1)$$

Donde:  $P_A$  = presión de vapor de A puro

$P_B$  = presión de vapor de B puro

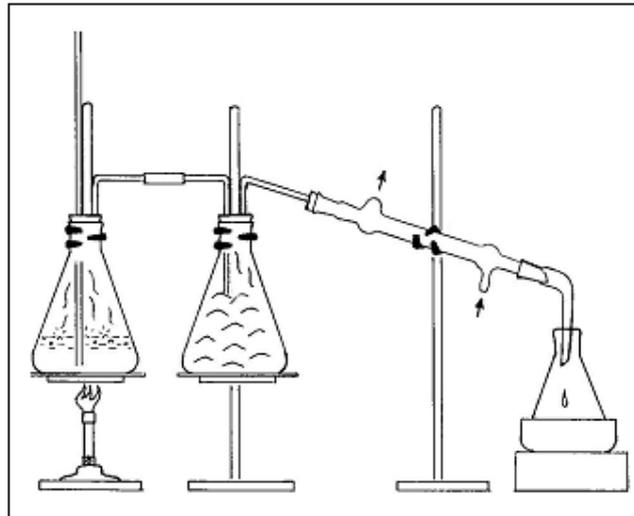
$M_A$  = moles de A

$M_B$  = moles de B

Como resultado de este comportamiento, un componente de punto de ebullición elevado, con una presión de vapor relativamente pequeña, puede obtenerse por destilación con un líquido inmisible. Es decir que cuando uno de los componentes es agua, al trabajar a presión atmosférica, se puede separar un componente de mayor punto de ebullición que el del agua a una temperatura menor a 100°C.

Una ventaja importante de este método es que los compuestos de punto de ebullición alto, que se descomponen cerca de dichos puntos de ebullición, pueden destilarse con vapor de agua a una temperatura lo suficientemente baja para evitar la descomposición. Otra ventaja radica en su eficacia y bajo costo, ya que sólo se requiere agua y vapor, se usa con frecuencia para aislar y purificar aceites esenciales que se encuentran en hojas, cáscaras o semillas de algunas plantas. Por ejemplo se destilan semillas de alcaravea, para obtener dos aceites volátiles, carvona y limoneno. También se puede emplear para eliminar disolventes de punto de ebullición elevado, como el clorobenceno.

Se coloca el agua destilada en el generador de vapor (matraz 1). En recipiente extractor (matraz 2) se coloca la materia vegetal, cortada en pequeños trozos. El vapor generado en el matraz 1 pasará al matraz 2, extrayéndose de esta manera el aceite esencial, el cual es arrastrado por el vapor de agua en un proceso de codestilación (Figura 4).



**Figura 4.** Esquema de la destilación por arrastre con vapor

Fuente: Internet (<http://depa.pquim.unam.mx/~fercor/dqo/manuales/1311/p10.pdf>)

#### 2.3.1.2 Extracción

Muchos de los métodos para la obtención de aceites a partir de materias primas vegetales, se fundamentan en la extracción del aceite en base a la solubilidad del mismo en distintos disolventes. La solubilidad de un compuesto en un disolvente, es característica del compuesto y del disolvente a cualquier temperatura. Se conoce como extracción la separación de uno o más componentes de una mezcla mediante la diferencia de solubilidad que presentan dos líquidos no miscibles o bien consiste en disolver en un líquido, alguno de los componentes de una mezcla sólida, utilizando un disolvente adecuado (Pomilio et al, 1988).

Es la técnica más utilizada para aislar y purificar un compuesto orgánico de una mezcla o de sus fuentes naturales. Se aplica en mezclas sólidas, líquidas o gaseosas. Existen dos maneras de realizar una extracción: la extracción discontinua o en “Batch” y la extracción continua.

En la primera se utiliza un embudo de decantación en el que se coloca el líquido que se quiere extraer y el solvente, se tapa y agita, este proceso calienta el solvente, luego se destapa para disminuir la presión interna. Para aumentar la eficacia de la extracción es necesario repetir el proceso varias veces y con una porción nueva de solvente. El inconveniente principal es la formación de emulsiones.

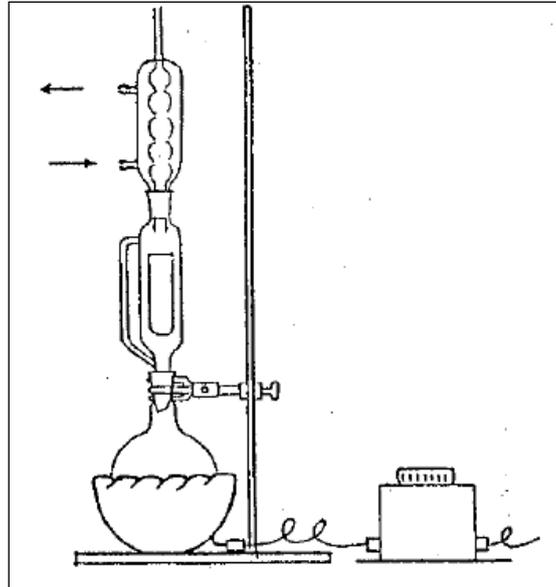
En la extracción continua existen dos métodos la extracción líquido-líquido, que consiste en extraer líquidos menos densos que el agua y la extracción de sólidos, en donde se aplica el sistema Soxhlet, que extrae los sólidos solubles de una mezcla de reacción o para extraer sustancias de plantas.

#### 2.3.1.2.1 Extracción continua en Soxhlet

Es una técnica muy utilizada y es una combinación de extracción y destilación que permite la recuperación del disolvente. Se emplea en el aislamiento de los aceites esenciales, de sus fuentes naturales por medio de la extracción con disolventes orgánicos, es un proceso muy eficaz en la extracción sólido - líquido, donde la sustancia a extraer se encuentra en estado sólido y el extractor es un líquido. Una de las desventajas de este sistema es que requiere grandes volúmenes de disolvente y es un proceso lento. Sin embargo este método permite la separación de las sustancias con la pureza deseada.

En el matraz se coloca el disolvente, se llena el dedal con la materia vegetal, cortada en trozos pequeños, y se coloca en la cámara de extracción. El disolvente debe alcanzar el punto de ebullición y los vapores generados deberán condensarse en el refrigerante para caer sobre la materia vegetal. En el momento en que la cámara de extracción se

llena con el disolvente, éste cae, por diferencia de gravedad, al matraz. Este proceso se repite continuamente, de manera que cada vez se extrae mayor cantidad de aceite (Figura 5).



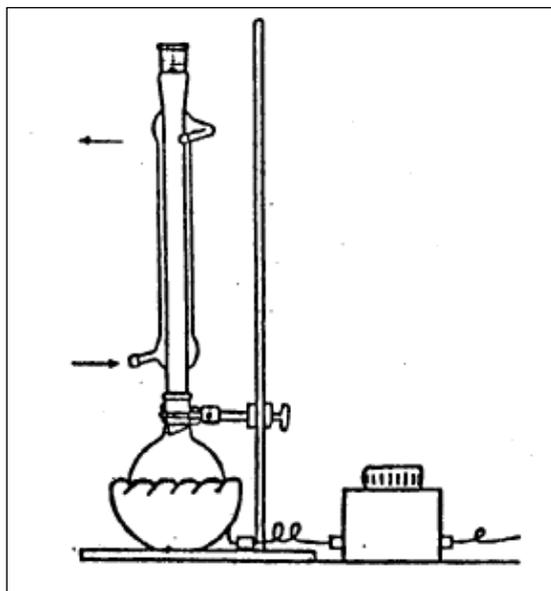
**Figura 5.** Esquema de la extracción continua en Soxhlet

Fuente: Internet (<http://depa.pquim.unam.mx/~fercor/dqo/manuales/1311/p10.pdf>)

#### 2.3.1.2.2 Extracción directa a reflujo

Permite realizar procesos a temperatura constante, por ejemplo en el punto de ebullición del disolvente, esto evita que se produzca una pérdida del disolvente. Después éste se evapora y condensa en el refrigerante de reflujo, volviendo de nuevo al matraz.

En el matraz se coloca la materia vegetal, cortado en trozos pequeños y el disolvente. Se calienta a reflujo para extraer el aceite esencial, el tiempo de reflujo empieza a partir de que cae la primera gota de disolvente condensado. Se puede destilar el exceso de disolvente en un equipo de destilación simple o en el Rotavapor (Figura 6).



**Figura 6.** Esquema de la extracción directa a reflujo

Fuente: Internet (<http://depa.pquim.unam.mx/~fercor/dqo/manuales/1311/p10.pdf>)

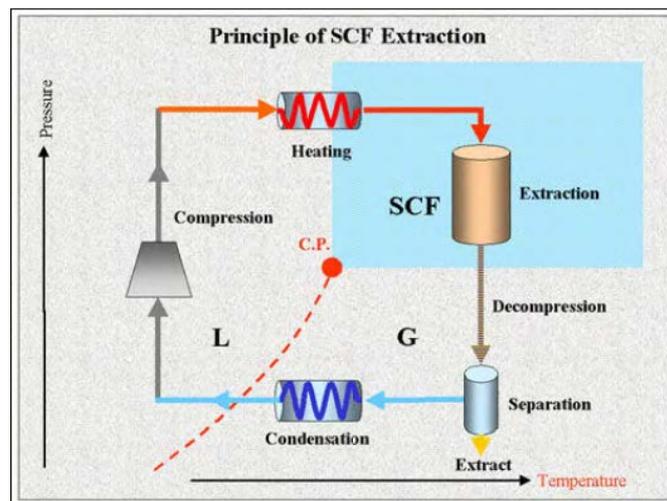
#### 2.3.1.2.3 Extracción con fluidos supercríticos

Es una técnica muy utilizada para la extracción de aceites esenciales (aromas y fragancias), medicinas naturales, pesticidas naturales, tabaco libre de nicotina, café y té descafeinado, productos libres de colesterol y en el tratamiento de residuos orgánicos industriales. Este proceso es utilizado para extraer el aceite esencial de cáscara de naranja vacía, es decir una vez que el jugo a sido obtenido.

Un fluido es supercrítico cuando está sometido a condiciones superiores a su presión y temperatura crítica, tienen una gran capacidad de solvatación, que unido a la enorme difusividad que presentan, les permite penetrar a través de matrices porosas aportando al fluido supercrítico una gran versatilidad. Los fluidos más utilizados son el Dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), Agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ), Etano ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ), Eteno ( $\text{C}_2\text{H}_4$ ), Propano ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ), Xenón (Xe) y Óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ); de todos ellos el más usado es, tanto a nivel de laboratorio como en procesos industriales el dióxido de carbono. Se trata de un gas inocuo (no

tóxico, no corrosivo, no inflamable) abundante, barato y cuyas condiciones críticas son relativamente bajas (31°C, 73 atm) y por tanto fáciles de operar (López et al, 2005).

Los equipos en el proceso son un extractor de alta presión, una válvula de reducción, un separador de baja presión y una bomba para elevar la presión del solvente reciclado. El proceso se inicia al colocar la mezcla (un sólido molido) en el extractor, hacia donde se alimenta el fluido supercrítico con la ayuda de una bomba de alta presión (100 a 400 bar). El fluido supercrítico comprimido es calentado hasta la temperatura de extracción (30°C a 60°C). Cuando ingresa en el extractor se disuelven los compuestos a extraer. La mezcla fluido-extracto es enviada a un separador (150 a 50 bar), con paso previo a través de una válvula de reducción, para disminuir temperatura y presión, de esta manera el extracto precipita espontáneamente en el separador, mientras el fluido supercrítico, libre de cualquier extracto, es reciclado al proceso (Figura 7) (Ruiz et al, 2007).



**Figura 7.** Esquema de la extracción con fluidos supercríticos

Fuente: Arias, 2008

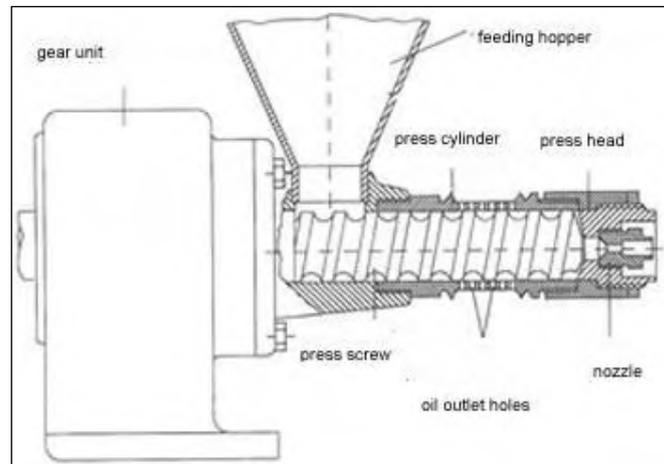
#### 2.3.1.2.4 Extracción por prensado en frío

Antiguamente para obtener el aceite esencial de los cítricos, se empleaba el método manual de la esponja, especialmente en Italia, que consiste en exprimir manualmente las cáscaras con una esponja hasta que se empapa de aceite, se exprime entonces la esponja y se libera el aceite esencial. Este principio es similar al método de extracción por prensado en frío que se utiliza hoy en día.

El sistema de extracción por prensado en frío está basado en el prensado de la materia vegetal de la cual se va extraer el aceite, a temperaturas que fluctúan entre los 10°C a 20°C, para evitar la evaporación y pérdida del aceite. A temperaturas ambiente de 24°C a 26°C la fricción de la prensa puede hacer que la temperatura de los líquidos se eleve hasta 60°C a 65°C, a esta temperatura algunos componentes del aceite esencial podrían volatilizarse.

El material vegetal es sometido a presión a través de prensas tipo batch ó en forma continua, los equipos utilizados pueden ser un tornillo sin fin de alta ó de baja presión, un extractor expeller, un extractor centrífugo, un extractor decanter y rodillos de prensa.

Para comprender de mejor manera el funcionamiento de la extracción por prensado en frío se va a tomar como ejemplo el funcionamiento del equipo “Oil Expeller” (Figura 8.), este consta de una prensa helicoidal que tritura la materia vegetal extrayendo todo tipo de líquido que este contenido en ésta. La mezcla de líquido sólido es dirigida hacia la cabeza de la prensa donde es filtrada de modo tal, que solo el líquido fluye a través de los agujeros de salida situados a los lados de la prensa, mientras que los sólidos molidos son direccionados hacia la parte posterior de la cabeza de la prensa, pudiéndose extraer como una masa con poco contenido de líquidos (Ruiz et al, 2007).



**Figura 8.** Esquema del equipo utilizado en la extracción por prensado en frío

Fuente: Internet (<http://depa.pquim.unam.mx/~fercor/dqo/manuales/1311/p10.pdf>)

La mayor desventaja de este método es que el líquido extraído es una mezcla trifásica, constituida por jugo de naranja-aceite-sólidos, por lo que es necesaria la aplicación de un método de separación, que puede ser un sistema de filtrado o un sistema de centrifugación haciendo de esta manera, que el método de separación posterior sea relativamente más complejo, pues deberá incluir un sistema de filtrado.

### 2.3.2 Métodos para determinar los componentes del aceite esencial

El desarrollo de la fabricación de aceites esenciales a nivel industrial, se debe al conocimiento científico de la composición, el aislamiento y la determinación de la estructura y propiedades de los aceites esenciales. La identificación de componentes volátiles, fue realizada en 1926, por T. Reichstein y H. Staudinger, quienes estudiaron el aroma del café tostado y aislaron e identificaron una serie de compuestos. (Primo, 1995)

Hoy en día existen una serie de técnicas que nos permiten identificar con gran facilidad los componentes orgánicos, como los aceites esenciales. Estas técnicas varían desde métodos simples, como la comprobación de la presencia de dobles enlaces de un

componente, hasta métodos muy exactos para el estudio de la composición de los aceites esenciales como el acoplamiento de la cromatografía de gases con la espectrometría de masas.

Un ejemplo de un método simple utilizado en un aceite esencial, obtenido de la cáscara de naranja, es la comprobación de la presencia de dobles enlaces de limoneno<sup>4</sup>, esta se realiza a través de una prueba con disolución de bromo, que es agregada al aceite esencial que se quiere analizar. La prueba de la existencia de dobles o triples enlaces es positiva cuando la solución se vuelve incolora. El color rojo café del bromo desaparece cuando se adiciona a un compuesto con doble enlace ya que se forma un compuesto hidrohalogenado que generalmente es transparente, sin embargo esta prueba no funciona cuando existen sistemas conjugados.

También se puede utilizar una disolución acuosa de permanganato de potasio, que se vuelve de color café claro o incolora, ya que se oxidan y rompen los enlaces dobles de carbono.

#### 2.3.2.1 Determinación del índice de refracción (Refractometría)

Es una técnica analítica que consiste en la medida del índice de refracción de un líquido con objeto de investigar su composición, si se trata de una disolución, o de su pureza si es un compuesto único.

El índice de refracción,  $n$ , es un parámetro propio de cada medio que indica el comportamiento de la luz al atravesarlo, es decir es el cociente entre la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad de la luz al atravesar la sustancia. En general, el índice de refracción es exacto por lo menos en dos cifras decimales, y a menudo en tres o cuatro, por lo que puede ser un excelente criterio para distinguir entre varios compuestos posibles.

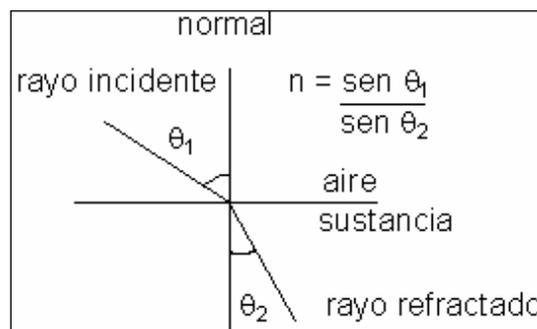
---

<sup>4</sup> Componente principal del aceite esencial de la cáscara de naranja, hasta en un 95%.

Es importante señalar que el índice de refracción está en función de la frecuencia, la variación de temperatura y es sensible a la presencia de impurezas, debido a esto en general las mediciones se deben realizar a temperatura ambiente, es decir cerca de 20°C. En las mediciones se acostumbra reportar la temperatura y la frecuencia utilizadas, por ejemplo,  $n_D^{20}$  significa que la medida se realizó a 20°C con la línea D de una lámpara de sodio ( $\lambda_D = 589,3 \text{ m}\mu$ ) (Pecsok et al, 1990).

Cuando un rayo de luz pasa desde un medio hacia otro medio de diferente densidad, cambia su dirección cuando traspasa la superficie. Cuando el segundo medio es más denso que el primero, el rayo se aproxima a la perpendicular trazada sobre la superficie divisoria en el punto de incidencia. La causa fundamental de este cambio en la dirección se debe a la diferencia en la velocidad de la luz de los dos medios, que se hace más lenta cuanto más denso sea el medio por el que pasa el haz

Este cambio en la dirección se denomina refracción. La ley de Snell representa al índice de refracción como la razón de los senos de los ángulos de incidencia y refracción, la figura 9 representa como un rayo pasa de un medio a otro y se desvía al entrar al nuevo medio, de esta manera se observa  $\theta_1$  es el ángulo de incidencia y  $\theta_2$  es el ángulo de refracción (Blatt, 1994).



**Figura 9.** Índice de refracción igual a la razón de los senos de los ángulos de incidencia y refracción (Ley de Snell)

Fuente: Internet ([http://www.ellaboratorio.co.cc/practicass/indice\\_refraccion.pdf](http://www.ellaboratorio.co.cc/practicass/indice_refraccion.pdf))

Los aparatos más importantes se basan en dos principios: refractómetros de ángulo límite o crítico y los refractómetros de desplazamiento de imagen. En los refractómetros de ángulo límite o crítico se observa el campo del ocular dividido en una zona oscura y otra clara. La separación entre ambas corresponde al rayo límite. Mientras que los refractómetros de desplazamiento de imagen son aparatos que miden el desplazamiento del rayo refractado en relación al rayo incidente, en vez de medir el desplazamiento de la línea de separación entre la zona clara y oscura debido al ángulo límite.

La mayoría de los refractómetros utilizan este principio y los más importantes son los de Abbé, Pulfrich y los de inmersión. Para el presente trabajo la determinación del índice de refracción se realizó en un refractómetro tipo Abbé. El refractómetro Abbé requiere una o dos gotas de muestra que se coloca en el medio de dos prismas, es el instrumento más utilizado en el estudio de compuestos orgánicos, a pesar de no tener la exactitud del refractómetro de inmersión, únicamente se pueden medir índices entre 1,3 y 1,7. En la tabla 7 se detallan los índices de algunas sustancias de uso común.

**Tabla 7.** Índices de refracción de algunas sustancias de uso común

Substancia	$n_D^{20}$	Substancia	$n_D^{20}$
Metanol	1,3288	n-Hexano	1,3749
Agua	1,3228	Ciclohexano	1,4266
Acetona	1,3588	Tolueno	1,4929
Etanol	1,3590	Benceno	1,4979
Ácido acético	1,3698	Piridina	1,5095
Acetato de etilo	1,3701	Anilina	1,5863

Fuente: Pecsok et al, 1990

### 2.3.2.2 Cromatografía de capa fina

Este método se realiza sobre una capa delgada de gel de sílice o alúmina adherida a un soporte de vidrio y activada por calentamiento en un horno (100 a 250°C). Se colocan las muestras del aceite esencial, disueltas en un solvente adecuado, a lo largo de un borde de la placa con ayuda de un capilar.

Las placas o cromatogramas se colocan verticalmente en un recipiente de vidrio cerrado, llamado cubeta de cromatografía, que contiene una capa de solvente adecuado en el fondo, que asciende por capilaridad, separando el aceite esencial y transportando las manchas a localizaciones diferentes en el gel de sílice. Cuando el solvente ha ascendido hasta casi el borde superior de la placa, estas se extraen, se secan, y se observan las señales.

Muchas veces las sustancias desarrolladas por este método, al no ser coloreadas, no son visibles. Para hacerlas visibles se utiliza luz ultravioleta y en el caso de que no se detectan a la luz UV ni son coloreadas, se procede al revelado de la placa usando Yodo y el Oleum (mezcla de ácido sulfúrico (4%) ácido acético (80%) y agua (16%)). El cromatograma una vez revelado nos presenta mediante manchas el grado de pureza de la muestra o el número de compuestos presentes en ella. (Lopez et al, 2005)

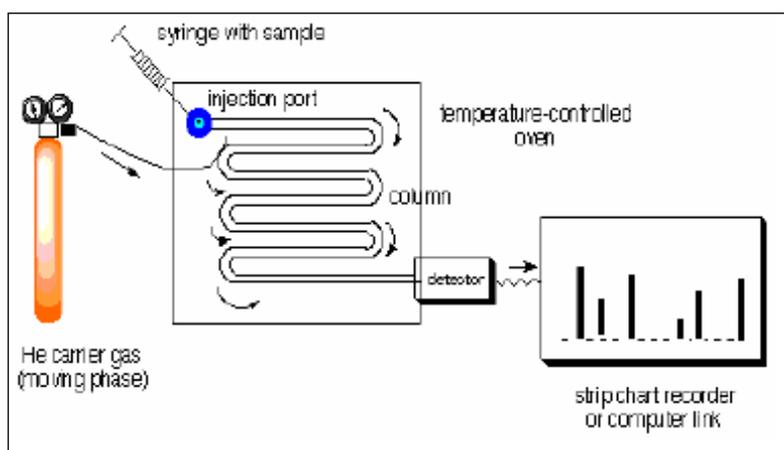
### 2.3.2.3 Cromatografía de gas-líquido

Cualquier sustancia volátil o que pueda transformarse en un derivado volátil, pueden separarse y analizarse con esta técnica. En este caso la separación de los compuestos depende de la constante de solubilidad de la muestra entre la fase líquida y la fase gaseosa.

La sustancia volátil se inyecta en una columna larga que contiene un líquido no volátil. La columna se calienta y la muestra del material volátil se mezcla con un gas inerte para ser transportada por el interior de la columna, los gases más utilizados son:

helio, helio, argón, nitrógeno, dióxido de carbono e hidrógeno, su elección depende del tipo de detector instalado en el cromatógrafo.

La separación depende de la diferencia de presión de vapor y los coeficientes de reparto de los componentes en el líquido no volátil. Los componentes fraccionados de la muestra, abandonan la columna de cromatografía y se dirigen hacia el detector que mide alguna propiedad física del compuesto que origina una señal eléctrica sobre el registrador (Figura 10). El proceso de separación por cromatografía de gases queda reflejado en un cromatograma donde se observan una serie de picos. Cada pico representa una sustancia de la columna y su área está relacionada con la concentración de la sustancia detectada. (Lopez et al, 2005)



**Figura 10.** Esquema de un cromatógrafo de gases

Fuente: Lopez et al, 2005

#### 2.3.2.4 Espectroscopía Infrarroja

Las sustancias orgánicas absorben energía electromagnética en la región infrarroja del espectro. El espectro visible infrarrojo de un compuesto es una representación gráfica de la longitud de onda o de frecuencia.

En la mayoría de los espectros de infrarrojo, se registra la longitud de onda o frecuencia contra el porcentaje de transmitancia (%T). Cuando una muestra no absorbe radiación a una longitud de onda se registra como 100 %T. La absorción de radiación a una longitud de onda dada origina un descenso en el %T lo que se representa en el espectro en forma de un pico o banda de absorción. La porción del espectro donde %T es cercano o igual a 100 se llama línea base y se registra en la parte superior de un espectro de infrarrojo. (Pasto et al, 1981)

La absorción de radiación en la región infrarroja es consecuencia de la vibración o excitación en los enlaces covalentes, ya sean de tensión o de flexión. La excitación de tensión implica cambios en la frecuencia de vibración de los átomos enlazados a lo largo del eje de enlace, mientras que la deformación por flexión implica movimiento de los átomos fuera del eje de enlace (Pasto et al, 1981). La longitud de onda a la que cierto tipo de enlace presenta absorción depende del tipo de vibración de ese enlace. Es decir, que diferentes tipos de enlaces absorben radiación infrarroja a diferentes longitudes de onda (Fessenden et al, 1983).

Los espectrómetros de infrarrojo, son los instrumentos empleados para medir la absorción de radiación infrarroja. Este consta de una fuente luminosa, que emite todo rango de longitudes de onda de radiación infrarroja. Se hace pasar un haz de luz infrarroja a través de la muestra y se compara constantemente con el haz de referencia al variar la frecuencia de la radiación incidente (Solomons, 1990). El detector mide la diferencia de intensidad de los dos segmentos del haz a cada longitud de onda y pasa esta información al sistema registrador, que traza el espectro.

#### 2.3.2.5 Espectroscopía de resonancia magnética nuclear

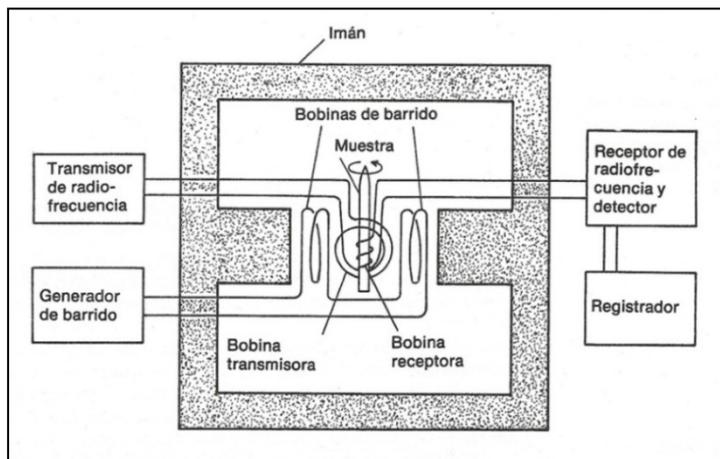
Este procedimiento consiste en la absorción de energía de ciertos núcleos rotatorios en un campo magnético intenso, toda carga eléctrica en movimiento crea un campo magnético, que se produce cuando giran los núcleos atómicos.

Los isótopos tienen un espín mecánico (movimiento rotatorio intrínseco alrededor de los ejes del átomo), al cual se asigna un momento angular de espín a través de un número, dicho número es el momento angular máximo observable para un núcleo dado. La absorción se verifica cuando estos núcleos producen transiciones de una orientación en el campo aplicado a la orientación opuesta. La cantidad de energía que se requiere para provocar la reorientación de un cierto núcleo depende de factores tales como intensidad del campo, configuración electrónica alrededor del núcleo considerado, tipo de molécula e interacciones intermoleculares.

El método de resonancia magnética nuclear requiere tanto de un campo magnético como de una fuente externa de energía. Esta es una diferencia con las técnicas de infrarrojo y ultravioleta, que precisan exclusivamente de la muestra y de una radiación incidente. Cuando más intenso sea el campo magnético aplicado será más sencillo obtener un espectro de la muestra que se analiza (Durts, 1985).

Cuando no existe un campo magnético, los spines nucleares se hallan dispuestos al azar en todas las direcciones. Cuando se aplica un campo magnético dichos spines tienden a orientarse en la misma dirección que el campo aplicado o bien opuestos al mismo, a medida que la molécula encuentre una radiación incidente se producirá la absorción de energía y uno de los spines, cambiara su orientación y pasara al estado de energía superior, la absorción de esta energía es lo que detecta el aparato de resonancia magnética.

El siguiente diagrama es un esquema de un espectrómetro de resonancia magnética nuclear, en el centro del diagrama se encuentra la muestra a ser analizada, en presencia de un campo magnético uniforme, se irradia energía mediante un transmisor de radiofrecuencias y la pérdida de energía resultante se detecta con un receptor de radiofrecuencias. El espectro puede observarse tanto si se varía la intensidad del campo magnético como la radiofrecuencia del espectrómetro (Durts, 1985).



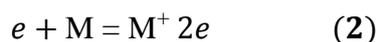
**Figura 11.** Diagrama de un espectrómetro de resonancia magnética nuclear

Fuente: Durts, 1985

### 2.3.2.6 Espectrometría de masas

La espectrometría de masas, se utiliza para la determinación de estructuras orgánicas y está relacionada con la física y la química de las moléculas. La espectrometría de masas se basa en el choque de electrones de alta energía, que originan la ionización de las moléculas cuando colisionan con la muestra, es decir que la espectrometría se basa en los iones que se forman en un espectrómetro de masa, que pueden detectarse y ser registrados. Luego estos iones pueden identificarse, debido a la información estructural proporcionada (Durts, et al, 1985).

La ionización de las moléculas ocurre al vaporizar una muestra molecular (M), que es bombardeada con electrones ( $e$ ). Esto arranca un electrón de la muestra para dar un ion, que se representa en la siguiente ecuación como  $M^+$ .



Finalmente la molécula que ha perdido un electrón se denomina ion molecular (M). Esta es una especie altamente energética e inestable. Su energía disminuye a través de reacciones de fragmentación, de donde se obtienen iones más pequeños y moléculas neutras. La relación masa/carga de cualquier ion puede detectarse y registrarse por

medio de un espectrómetro de masas y a partir de estos valores se puede determinar el peso molecular y la estructura de un compuesto.

Existen diferentes aparatos para la ionización de moléculas y el registro de sus fragmentos de masas. Todos ellos se llaman espectrómetros de masas y constan de una cámara de ionización, un acelerador de iones, un sistema de enfoque de iones y un detector, conectado a un registrador. Adicionalmente un espectrofotómetro de masas tiene tres funciones:

- Producir iones a partir de las moléculas a investigar.
- Separar estos iones de acuerdo con la relación masa-carga.
- Medir las abundancias relativas de cada ion.

#### 2.3.2.7 Combinación de cromatografía de gases y espectrometría de masas

El objetivo de un sistema de combinación consiste en operar un cromatógrafo y un espectrómetro de masas sin degradar la efectividad de ninguno de los dos. La cromatografía es un separador ideal, mientras que la espectrometría es excelente para realizar identificaciones (Willard et al, 1990).

El principal problema de esta metodología se presenta al momento de acoplar un cromatógrafo con un espectrómetro de masas, estos dependen de las propiedades de la fase cromatográfica, las propiedades de la muestra y del flujo de la fase móvil, es decir el problema radica en la compatibilidad de los dos sistemas. El funcionamiento de este sistema combinado consiste en que la fase móvil transporta la muestra a través de la columna cromatográfica a una velocidad de flujo, presión y temperatura, este flujo tiene que transferirse a un espectrómetro de masas, que puede funcionar a diferentes condiciones de velocidad, presión y temperatura. Los espectrómetros de masa más utilizados son los instrumentos del sector magnético y los filtros cuadrupolares.

## **2.4 Productos de limpieza**

### **2.4.1 Definición de limpieza**

Limpieza se puede definir como “*el conjunto de operaciones fisicoquímicas que permiten eliminar la suciedad, o material ajeno al objeto a limpiar, visible o microscópica de una superficie.*” La limpieza tienen dos funciones, desprender la suciedad de la superficie a limpiar y dispersar o disolver la suciedad en el líquido de lavado (Publicaciones Vértice, 2008).

### **2.4.2 Historia de la limpieza**

Los productos de limpieza han evolucionado de manera gradual a partir de mezclas simples de materiales alcalinos y grasas, podemos decir que los primeros productos de limpieza eran plantas, como la hierba Saponaria que se utilizaba en Europa o las bayas jabonosas de América tropical. Las hojas de estas plantas contienen saponinas, que son compuestos químicos que con el agua producen una espuma jabonosa.

Las cenizas de las plantas también fueron empleadas, como agentes limpiadores. Estas cenizas contienen carbonato de potasio ( $K_2CO_3$ ) y carbonato de sodio ( $Na_2CO_3$ ), el ion carbonato presente, reacciona con el agua para formar una solución alcalina, que tiene propiedades detergentes. Hace aproximadamente 4000 años los babilonios utilizaron las cenizas vegetales como agentes limpiadores y hace apenas 100 años los europeos todavía las usaban para lavar ropa. El carbonato de sodio aún se vende como sosa para lavar. (Hill et al, 1999)

La industria de la limpieza, más conocida como la industria del jabón, ha tenido un cambio radical en el uso de la materia prima. La manufactura de los jabones duros y suaves fue descubierta en el Siglo I, pero no fue hasta el Siglo XIII que su elaboración constituyó una industria. Su desarrollo ha progresado desde los compuestos de cadena corta, elaborados inicialmente; a compuestos de cadena larga como sulfatos de

alcohólicos (1920 y 1930) y sulfonatos de alquilo-arilo (1940), hasta compuestos de cadena ramificada de las siguientes dos décadas. Finalmente durante la década de 1960 se destacó la importancia de producir productos biodegradables, lo que provocó el regreso de cadenas largas lineales, que se pueden degradar fácilmente (Austin, 1989).

En la actualidad, los jabones comerciales, de manera general, se preparan hidrolizando las grasas y aceites, con vapor de agua sobrecalentada. Luego, los ácidos grasos se neutralizan para formar el jabón. Los jabones contienen diferentes aditivos, como colorantes, perfumes, cremas y aceite; algunos contienen abrasivos como sílice y piedra pomex. Muchos tienen una acción desodorante o producen una espuma más fina, dependiendo del tipo de jabón que se quiera obtener (Hill et al, 1999).

### **2.4.3 Mecanismos de actuación de los productos de limpieza**

El agua es el producto básico de limpieza, pero no puede disolver todos los tipos de suciedades, por lo que es necesario el uso de ciertos productos, en su mayoría productos químicos llamados tensoactivos, para tener una remoción eficaz.

Los agentes tensoactivos son compuestos químicos que al disolverse en agua o en otro disolvente, se orientan a la interfase entre el líquido y una fase sólida, líquida o gaseosa, modificando las propiedades de la interfase. Las modificaciones pueden estar acompañadas por formación de espuma y de coloides, emulsiones o suspensiones, dispersiones o aerosoles (Wittcoff et al, 1985).

El principal uso de los tensoactivos es como componente activo de los agentes limpiadores (jabones, detergentes, entre otros), cuando los tensoactivos se utilizan en agentes de limpieza, normalmente se mezclan con diversos aditivos para mejorar su función y tales formulaciones se conocen como detergentes o jabones (Wittcoff et al, 1985).

Sin embargo, su uso no se limita a los productos de limpieza, también son importantes en la estabilización de emulsiones (por ejemplo, en alimentos y

cosméticos), como agentes de desprendimiento de moldes en la industria de los plásticos, en la suavización de textiles, tienen actividad biocida, se los utiliza en la perforación de pozos petroleros y en muchas otras aplicaciones (Wittcoff et al, 1985).

Se ha observado que los productos de limpieza, como detergentes y jabones, son emulsionantes que convierten una mezcla de agua y aceite o grasa en una emulsión permanente. El poder limpiador de los jabones y detergentes tiene relación con su acción emulsionante y su capacidad de disminuir la tensión superficial. Como consecuencia los productos de limpieza pertenecen a una clase de sustancias llamadas tensoactivos, que son sustancias cuya función es emulsificar y dispersar las grasas y aceites, así como disminuir la tensión superficial del agua. (Hart et al, 2003).

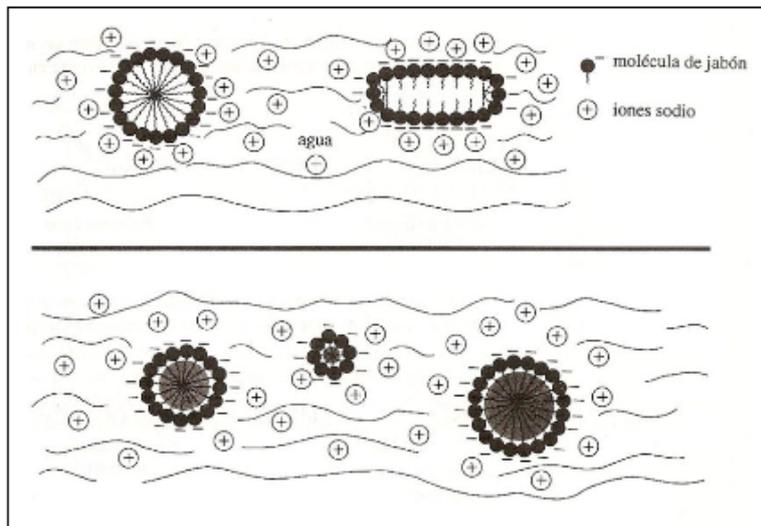
La capacidad para romper o estabilizar la emulsión del aceite y agua, se denomina detergencia. (Burton et al, 1994) Los productos de limpieza, se caracterizan por tener tres propiedades básicas, conocidas como principios de detergencia:

- Poder humectante: es la propiedad por la que el producto químico ayuda a reducir la tensión superficial permitiendo que la solución del producto de limpieza moje más y penetre mejor en la suciedad.
- Dispersión: es la capacidad de los productos de limpieza para romper una cantidad de suciedad y reducirla a partes más pequeñas.
- Suspensión: es la capacidad de detergente para emulsionar la suciedad y evitar que se vuelva a formar y adherir de nuevo a la superficie que se desea limpiar.

De manera general, el modo de actuación de los productos de limpieza, se basa en la existencia de un grupo lipofílico o no polar, que en general consta de un hidrocarburo y es soluble en aceites y grasas. Y un grupo hidrofílico o polar, que es iónico y es soluble en agua, éste puede ser de naturaleza diversa por ejemplo:  $-\text{COOH}$  (jabones);  $-\text{OSO}_3\text{H}$  (sulfatos de alquilo),  $-\text{SO}_3\text{H}$  (alcanosulfonatos) y puentes de oxígeno etéreo (detergentes no ionógenos).

Para eliminar la suciedad las moléculas de jabón o detergentes, rodean y emulsifican las gotas de aceite o grasa, hasta incluirlas en una envoltura solubilizante llamada micela. La parte lipofílica se disuelve en el aceite, mientras que los extremos hidrofílicos quedan en la parte exterior de la gota de aceite, dirigidos hacia el agua.

De esta manera, las gotas de aceite se estabilizan en la solución acuosa, y no se fusionan debido a su carga negativa que evita que se junten entre sí (Figura 12). Como el aceite o grasa ya no se adhiere a la superficie, la suciedad se elimina fácilmente.



**Figura 12.** Moléculas de jabón o detergente emulsifican las gotas de aceite o grasa.

Fuente: Hart et al, 2003

Otro modo de actuación, de los productos de limpieza, consiste en una reacción química de neutralización, por lo que se debe tomar en cuenta el valor de pH de la suciedad, para aplicar un producto de limpieza con un pH que lo neutralice. (Publicaciones Vértice, 2008)

El índice de pH es una medida de la concentración de iones de hidrógeno que determina si una sustancia tiene un grado de ácido, neutro o alcalino. La escala de pH

oscila entre 0 y el 14. En donde la zona de pH ácido es de 0 a 6, de pH neutro de 6 a 8 y de pH alcalino de 8 a 14 (Tabla 8).

**Tabla 8.** Escala de pH

<b>Tipo de sustancia</b>	<b>pH</b>
Ácido	0-6
Neutro	6-8
Alcalino	8-14

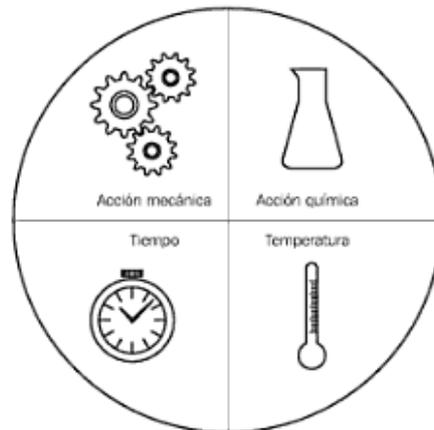
Para la elección de un producto de limpieza se debe tomar en cuenta el pH de la suciedad y el del producto. A continuación se indican algunos ejemplos de pH de distintos tipos de suciedades:

- Suciedad de pH básico: restos inorgánicos como cal, cemento u óxidos.
- Suciedad de pH neutro: polvo materiales como mármol, piedras naturales, revestimiento de plásticos y textiles
- Suciedad de pH ácido: aceites, grasas y residuos orgánicos en general, también soportes que contienen restos de embaldosados, acero inoxidable pintura o cristalería.

La limpieza también esta determina por otros factores, además del pH, que pueden optimizar los resultados. Sin considerar estos factores es difícil el correcto funcionamiento de los productos de limpieza. Estos factores se representan en el círculo de Sinner (Figura 13) y son los siguientes:

- Acción mecánica o forma en que se aplica el producto teniendo en cuenta, el esfuerzo físico.
- Acción química o reactividad entre el producto químico y la suciedad.

- Tiempo de contacto o tiempo en el que el producto químico está en contacto con la suciedad.
- Temperatura o temperatura óptima a la que el producto químico presenta una mayor velocidad de reacción.



**Figura 13.** Círculo de Sinner

Fuente: Rodriguez, 2006

#### 2.4.4 Tipos de productos de limpieza

Los productos de limpieza tienen distintas propiedades, lo que los hace adecuados para un tipo de suciedad y superficie. En general se puede considerar dos tipos de productos de limpieza los jabones naturales y los jabones sintéticos o detergentes.

Los jabones naturales son elaborados a partir de materias primas animales (grasas y huesos calcinados) y sales alcalinas. Sin embargo estos jabones tienen inconvenientes importantes, la desventaja más grave es que no funcionan bien en aguas duras, forman compuestos insolubles con los iones de calcio y magnesio presentes en aguas duras, lo que hace que los compuestos insolubles precipiten, reduciendo la acción espumante y limpiadora. Adicionalmente tardan en degradarse.

Los jabones sintéticos o detergentes, se desarrollaron para resolver los problemas ocasionados por los jabones naturales, a diferencia de estos, los detergentes pueden reaccionar con los iones de calcio y magnesio en aguas duras. Son elaborados a partir de sustancias químicas, están compuestos por una mezcla de sales sódicas, de ésteres, de ácido sulfúrico con alcoholes laurílico y cetílico.

El primer detergente sintético fue el aceite de ricino sulfatado (aceite de rojo turco) que se utilizó en la industria textil. El primer detergente aniónico sintético que se usó lo preparó en 1930 la Shell Chemical Company, a este se le agregaba ácido sulfúrico a las olefinas derivadas del petróleo y el producto se neutralizaba para obtener un alquilsulfato de sodio secundario, que es un tensoactivo (Wittcoff et al, 1985).

Los primeros detergentes fueron alquilbencenosulfonatos (ABS), que contenían cadenas ramificadas, pero se encontró que no eran biodegradables y generaron serios problemas de contaminación durante la década de los cincuenta, ya que la espuma producida afectaba a ríos, lagos, plantas de tratamiento de aguas negras e incluso se encontró espuma en el agua potable. Ante esto se modificaron los procesos de producción y se crearon detergentes biodegradables, llamados alquilsulfonatos lineales (LAS), estos se caracterizan por tener cadenas lineales de átomos de carbono que pueden ser degradados con facilidad por microorganismos.

Los detergentes o también llamados tensoactivos se fabrican en función del fin al que van a destinarse y constituyen la mayoría de los productos de limpieza. Se han dividido en cuatro grupos principales:

- Aniónicos: Es el grupo más común, normalmente son las sales de sodio de un sulfato o sulfonato orgánico. Estos presentan una cadena lipofílica con un extremo polar con carga negativa. Ejemplo: Lauril sulfato de sodio
- Catiónicos: No son buenos agentes de limpieza al no ser buenos emulsificantes porque la mayoría de las superficies tienen una carga negativa y los cationes se

adsorben sobre ellas en lugar de solubilizar la suciedad adherida. Sin embargo tienen numerosas aplicaciones especializadas, se emplean como acondicionadores de cabello y fibras textiles, neutralizan la electricidad estática. Adicionalmente tienen una acción bactericida, siendo utilizado en productos antisépticos y desinfectantes. Estos presentan una cadena lipofílica con un extremo polar con carga positiva. Ejemplo: Cloruro de benzalconio.

- No iónicos: Estos compuestos se caracterizan por no generar mucha espuma, sin embargo son buenos agente emulsificantes, tienen la ventaja de no tener problemas de incompatibilidad con otros componentes. Son excelentes agentes humectantes, compatibles con tensoactivos aniónicos como catiónicos y no son afectados por los iones calcio magnesio del agua dura. Sin embargo es difícil formularlos en detergentes en polvo. Estos presentan una cadena lipofílica con un extremo polar neutro. Ejemplo: Nonilfenoles.
- Anfotéricos: Son un grupo de productos que tienen tanto una carga positiva, como negativa en la misma molécula. Estos se ionizan en función del pH del medio, si el medio es ácido, se ioniza comportándose como un catión, por el contrario en un medio alcalino se comporta como un anión. Son menos irritantes que los detergentes aniónicos y catiónicos, por lo que se utilizan en shampoo suave. Estos presentan una cadena lipofílica con un extremo dipolar. Ejemplo: Cocoamido propil betaina.

A los productos de limpieza también se los puede clasificar según su pH, esta propiedad se relaciona con su comportamiento para disolver la suciedad. De acuerdo a esto los detergentes son alcalinos o básicos, ácidos y neutros.

Los detergentes alcalinos o básicos actúan doblemente por un lado producen saponificación<sup>5</sup> de las grasas y simultáneamente reaccionan con los productos de la

---

<sup>5</sup> Es la reacción entre un ácido graso y una base. Los jabones naturales y detergentes se obtienen mediante la saponificación.

saponificación, es decir, con los constituyentes ácidos de los mismos, y los neutralizan, manteniendo la concentración de iones de hidrógeno (pH) a un nivel adecuado para el enjuague de la suciedad y protección de superficies metálicas frente a la corrosión. Principalmente eliminan la suciedad de grasa, ceras, entre otros. Los detergentes ácidos: eliminan la suciedad mineral, es decir, sarro, cemento, óxidos, entre otros. Y los detergentes neutros eliminan la tensión superficial del agua y la suciedad que tenga poca o ninguna materia grasa (Publicaciones Vértice, 2008).

A continuación se indica un resumen, de las clases de productos, calificados en relación a su pH.

**Tabla 9.** Clases de productos de limpieza en relación a su pH

<b>Clases de productos en relación a su pH</b>			
<b>Tipo de producto</b>	<b>pH</b>	<b>Características y uso</b>	<b>Ejemplos</b>
Fuertemente alcalina	14	Muy desengrasante	Sosa, potasa, amoniaco
		Afecta a superficies y materiales de aluminio, Cinc y linóleo	
		Afecta a la pintura , fibras, textiles y cuero	
Muy alcalino	13	Limpiador de fachadas	
Alcalino	12	Eliminación de grasas y suciedad	Detergentes básicos, decapantes de ceras
	11		
	10	Limpieza de suelos, grasas de origen mineral	
	9		
Ligeramente alcalino	8	Limpiasuelos con bioalcohol limpieza de oxidos	Detergentes cin bioalcohol
Neutro	7		
Ligeramente ácido	6		
Ácido	5	Limpiador de baños, antical	Ácido cítrico
	4	Primeras limpiezas	Ácido fosfórico
	3	Cristalizadores	
Fuertemente ácido	2	Desincrustantes	Ácido clorhídrico

Clases de productos en relación a su pH			
Tipo de producto	pH	Características y uso	Ejemplos
Ácido casi puro	1	Antigrafiti, limpiador de fachadas	

Fuente: Publicaciones Vértice, 2008

#### 2.4.5 Diseño y manufactura de productos de limpieza

Un producto de limpieza debe formularse para realizar dos funciones. Debe desprender la suciedad de la superficie que se limpie y debe suspenderla o dispersarla para que no se vuelva a depositar. Adicionalmente un buen producto de limpieza debe trabajar a temperaturas moderadas y en un tiempo razonable. No debe dañar la superficie que se limpie, ni debe ser tóxico o causar problemas en la piel del usuario. Finalmente es importante que sea biodegradable (Wittcoff et al, 1985).

El diseño y manufactura de un buen producto de limpieza o detergente es un proceso complicado, pues cada vez se desarrollan productos con usos específicos, por lo tanto ninguna formulación sirve para todos los usos. Los productos de limpieza, tienen varios componentes en su formulación, dependiendo del uso al que se destinen, existen por ejemplo: productos de uso para el cuidado personal, limpiadores para el hogar, limpiacristales, desengrasantes, desinfectantes, limpiadores de inodoros, entre otros.

Los agentes tensoactivos constituyen la parte más importante de los productos de limpieza. Como vimos estos agentes son moléculas orgánicas con una parte lipofílica y una parte polar o un grupo hidrofílico. Su función es emulsificar y dispersar las grasas y aceites, y también disminuir la tensión superficial del agua para ayudar a la humectación de ropa, vajillas y otros objetos. (Hart et al, 2003).

Pero además de los tensoactivos, los productos de limpieza también pueden contener otros componentes, estos son agregados para aumentar el poder de detergencia y se denominan cargas, las cargas que cumplen funciones específicas, pueden ser: constructores, blanqueadores, suavizantes, enzimas, espumantes, espesantes, entre otros.

Después de los tensoactivos, los componentes más importantes de los productos de limpieza, son los constructores o quelantes, estos se emplean para eliminar la dureza del agua (iones calcio y magnesio). Neutralizan los iones metálicos y actúan mediante la formación de un complejo o mediante el intercambio de los iones calcio y magnesio por iones sodio. Los constructores también elevan el pH para ayudar a la emulsificación de aceites y grasas y actúan como amortiguador, lo cual evita cambios en el pH. El constructor o quelante más común fue el tripolifosfato de sodio, pero su uso es restringido ya que los fosfatos pueden ser contaminantes ambientales. Su uso se ha sustituido por citrato de sodio, carbonato de sodio y silicato de sodio.

Otros componentes que se han utilizado por muchos años son los blanqueadores, que contienen cloro, sin embargo este es un agente oxidante y los problemas que causa su uso, como el olor, se evitan utilizando peróxidos, como perborato de sodio ( $\text{NaBO}_3$ ) (Hart et al, 2003).

También es frecuente el uso de espumantes, debido a la importancia de la espuma en el proceso de lavado, la espuma formada durante el proceso, atrapa las partículas de grasa o aceite y las distribuye en el agua. El espumante mejora la acción detergente, como generador de espuma se puede utilizar óxido de dimetilamina y como controlador de espuma dietanolamida de coco. Los neutralizantes también son un componente importante, permiten controlar la acidez o alcalinidad del producto, se puede utilizar el ácido cítrico para bajar el pH y la monoetanolamina para subir el pH.

## **2.5 Desengrasantes**

### **2.5.1 Definición, funcionamiento y formulación**

Los desengrasantes son productos que disuelven restos de grasas y aceites, tanto naturales, como derivados de petróleo y aceites lubricantes (Publicaciones Vértice, 2008).

Los desengrasantes, al igual que los demás productos de limpieza como jabones y detergentes, están formados por un grupo lipofílico, que en general consta de un hidrocarburo y es soluble en aceites y grasas. Y un grupo hidrofílico, que es iónico y se disuelve en agua.

Para eliminar la suciedad, las moléculas de desengrasante rodean y emulsifican las gotas de aceites y grasas. La parte lipofílica del desengrasante se disuelve en el aceite o grasa y los extremos hidrofílicos quedan en la parte exterior, dirigidos hacia el agua. De esta manera las gotas de aceite o grasa, cargadas negativamente, se mantienen en suspensión y se evita que vuelvan a concentrarse entre sí, formando de nuevo la película de suciedad.

En su formulación, la mayoría de desengrasantes comerciales así como lavavajillas contienen: sulfato de sodio, carbonato de sodio, bicarbonato de sodio, etilenglicol, entre otros. En las siguientes tablas se indica un ejemplo de formulación de un detergente en crema para lavar vajillas y un ejemplo de detergente líquido que puede aplicarse tanto a desengrasantes de manos como para lavavajillas.

**Tabla 10.** Formulación para detergentes tipo crema lavavajilla

<b>Materia Prima</b>	<b>Porcentaje %</b>
DDB Na Sulfonato	57
Carbonato de sodio	41
Glicerina	0.5
Oxido de amina	1.0
Perfume	0.5
Colorante	0.005

Fuente: Grijalva, 2008

**Tabla 11.** Formulación para detergentes líquidos, que pueden aplicarse tanto como desengrasantes de manos como lavavajillas

Materia Prima	Porcentaje %	
	Mínimo	Máximo
Nonilfenol 10M	10.0	15.0
DDBNa sulfonato	5.0	15.0
Dioctil sulfosuccinato	1.0	2.0
Dietanolamida de coco	1.0	3.0
Oxido de amina	1.0	2.0
Glicerina	1.0	2.0
Perfume	0.1	0.15
Colorante	Al gusto	
Agua	El resto	

Fuente: Grijalva, 2008

### **3 METODOLOGÍA**

#### **3.1 Materiales y equipos utilizados**

A nivel de laboratorio los equipos y materiales utilizados en el proceso de extracción e identificación del aceite esencial son los siguientes:

##### **3.1.1 Materiales**

- Balanza monoplato
- Cáscara de naranja (previamente secada y picada)
- Agua destilada
- Alcohol potable al 90%
- Cápsula de porcelana
- Estufa eléctrica
- Disolución acuosa de Permanganato de potasio al 10%
- Medidor de pH
- Refractómetro tipo Abbé

##### **3.1.2 Equipo de destilación por arrastre con vapor**

- Matraz Erlenmeyer de 500ml
- Matraz Erlenmeyer de 250ml
- Refrigerante para agua con mangueras
- Tubo capilar
- Soporte universal
- Pinza de tres dedos con nuez

- Trípode
- Malla de asbesto
- Núcleos de ebullición
- Mechero
- Colector con hielo
- Embudo de vidrio
- Tapones de caucho

### **3.1.3 Equipo de extracción continúa en Soxhlet**

- Equipo Soxhlet, con cámara de extracción
- Balón de fondo plano de 500 ml
- Dedal para Soxhlet
- Refrigerante para agua con mangueras
- Pinza de tres dedos con nuez
- Soporte universal
- Placa de calefacción

### **3.1.4 Equipo de extracción directa a reflujo**

- Placa de calefacción y mechero
- Balón de fondo plano de 500 ml
- Pinza de tres dedos con nuez
- Refrigerante para agua con mangueras

## **3.2 Etapas del proceso**

### **3.2.1 Recolección**

Las cáscaras de naranja fueron recolectadas de la zona comercial del Parque Metropolitano Guangüiltagua. El Parque Metropolitano Guangüiltagua (PMG) es un área de bosque secundario de aproximadamente 571 hectáreas, de propiedad mayoritaria del Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, ubicado en la Loma de Guangüiltagua en el margen nororiental de la ciudad de Quito (Ricaurte, 2008).

Dentro de las principales actividades humanas que se realizan en el parque, se encuentra la venta y consumo de productos, que principalmente se realiza en la zona comercial del parque, que cuenta con cuatro kioscos donde se venden productos como jugos de frutas. Esta zona está ubicada en el extremo sur del parqueadero principal.

El alto consumo de alimentos en este sitio hace que sea el lugar de producción de residuos sólidos urbanos más importante, constituyendo los plásticos y residuos sólidos orgánicos el mayor volumen de desechos (Ricaurte, 2008). Dentro de estos residuos sólidos orgánicos están las cáscaras de naranja desechadas que constituyen el material básico para la ejecución de la presente investigación. Luego de la extracción del jugo, las cáscaras son separadas del resto de materia orgánica lo que facilita su recolección.

### **3.2.2 Remoción del mesocarpio**

Después de la extracción del jugo una porción de pulpa y albedo (bagazo) queda adherido a la corteza, esta es removida utilizando un cuchillo de fruta. El bagazo no contiene una cantidad significativa de aceites esenciales, ya que estos se encuentran específicamente en el epicarpio o flavedo.

### **3.2.3 Picado de la cáscara de naranja**

El picado de materia prima se realiza de manera manual, utilizando un cuchillo de acero inoxidable. Los trozos deben ser de aproximadamente 1cm por lado, de esta manera se aumenta el área de contacto.

### **3.2.4 Secado de la cáscara de naranja**

El proceso de secado elimina el agua para aumentar la eficiencia de la extracción y permite almacenar el material hasta la obtención del aceite esencial, evitando el crecimiento de hongos y bacterias. La cáscara, que ya ha sido cortada, es colocada sobre una malla plástica por tres días a temperatura ambiente y bajo techo, la malla permite una adecuada aireación.

### **3.2.5 Extracción del aceite esencial**

La extracción del aceite esencial de la cáscara de naranja se realiza través de tres métodos: la destilación por arrastre con vapor, la extracción directa a reflujo (utilizando agua y alcohol como solvente) y la extracción continua en Soxhlet (utilizando agua y alcohol como solvente). La utilización de éstos diferentes métodos se realiza con el fin de determinar cuál es el más apropiado, considerando costos, tiempo y sobretodo facilidad en el proceso y manejo de los equipos, ya que se busca producir el desengrasante a mediana escala a través de una adecuada gestión interna del parque.

Adicionalmente cada método de extracción del aceite esencial se lo realizó utilizando cáscara fresca y cáscara seca (3días), con el fin de determinar si es justificable el secado de la cáscara para aumentar la eficiencia de la extracción.

### 3.2.5.1 Determinación de la humedad de la cáscara de naranja

Para determinar la humedad se tomaron tres muestras de cáscara de naranja tanto fresca como seca y previamente picada.

- Se pesó las cápsulas de porcelana vacías.
- Se añade 10g de cáscara en cada cápsula de porcelana.
- Se las colocó en la estufa por 24h a 105°C.
- El peso de la cáscara de naranja sin humedad se obtiene de la diferencia entre el peso de las cápsulas de porcelana finales y el peso de las cápsulas vacías.

### 3.2.5.2 Destilación por arrastre con vapor

- Se pesa 100g de cáscara de naranja y se colocan en el matraz n° 2 de 500ml. En el matraz n°1 se adicionan 500ml de agua destilada y núcleos de ebullición.
- Se arma el equipo conectando los matraces 1 y 2 con los tubos capilares y tapones. Se conecta el matraz n°2 al refrigerante para agua con mangueras. Al final se coloca un matraz con hielo para evitar la evaporación de los principios activos extraídos.
- Se calienta con el mechero el matraz no. 1, con el fin de generar vapor que pasará al matraz no. 2, extrayendo el aceite esencial por una hora (Figura 14).



**Figura 14.** Extracción por arrastre con vapor en el laboratorio

### 3.2.5.3 Extracción directa a reflujo

La extracción directa a reflujo se realizó con dos solventes, que fueron agua y alcohol, en ambos casos el peso de la cáscara de naranja y el volumen del solvente es el mismo. Además se utilizó una placa de calefacción.

- Se pesan 100g de cáscara de naranja y se colocan en el balón de fondo plano de 500ml.
- En el caso de la extracción directa a reflujo con agua, se coloca 500 ml de agua destilada y para la extracción directa a reflujo con alcohol se colocan 250ml.
- Se arma el calentador eléctrico, el balón y el refrigerante utilizando el soporte universal (Figuras 15 y 16). Se calienta a reflujo por una hora a partir de que cae la primera gota de disolvente condensado.



**Figura 15.** Extracción directa a reflujo con agua y alcohol potable en el laboratorio



**Figura 16.** Cáscaras con alcohol potable y agua

#### 3.2.5.4 Extracción continua en Soxhlet

La extracción continua en Soxhlet se realizó con dos solventes: agua y alcohol. En ambos casos el peso de la naranja y el volumen del solvente es el mismo. Sin embargo este método fue descartado ya que es un proceso muy lento y la cantidad de materia prima utilizada es mínima, en relación a los otros métodos aplicados.

- Se pesan 10g de cáscara de naranja y se colocan en el dedal.
- En los balones de fondo plano de 500ml, se colocan 250ml de los solventes, en uno agua y en el otro alcohol.
- Se arma el calentador eléctrico, el balón y el refrigerante utilizando el soporte universal (Figura 17).



**Figura 17.** Esquema de la extracción continua en Soxhlet en el laboratorio

### **3.2.6 Determinación del pH de las muestras de aceite esencial**

De cada muestra obtenida se midió el pH, un factor importante que influye en el funcionamiento de un producto de limpieza, este debe neutralizar el pH de la suciedad que se quiere limpiar. En el caso de un desengrasante el pH debe ser ligeramente básico (entre 8 y 9), para neutralizar el pH ácido que tiene la suciedad de las grasas y aceites.

### **3.2.7 Método cualitativo para determinar la presencia de limoneno**

La comprobación de la presencia de dobles enlaces de limoneno, se realiza a través de una prueba con disolución acuosa de permanganato de potasio, que es agregada al aceite esencial que se quiere analizar.

La prueba de la existencia de dobles o triples enlaces es positiva cuando la solución se vuelve incolora o de color café claro. El color violeta del permanganato de potasio desaparece cuando se adiciona a un compuesto con doble enlace, ya que se oxidan y

rompen los enlaces dobles de carbono, formando un compuesto hidrohalegenado que generalmente es transparente, sin embargo esta prueba no funciona cuando existen sistemas conjugados.

La disolución acuosa utilizada, de permanganato de potasio, se encuentra al 10%, se preparó disolviendo 10g de permanganato de potasio en 100ml de agua destilada.

### **3.2.8 Determinación del índice de refracción (Refractometría)**

Es una técnica analítica que consiste en la medida del índice de refracción de un líquido con objeto de investigar su composición si se trata de una disolución o de su pureza si es un compuesto único.

Para el presente trabajo la determinación del índice de refracción se realizó en un refractómetro tipo Abbé. Este es el instrumento más utilizado en el estudio de compuestos orgánicos, se pueden medir índices entre 1,3 y 1,7. El refractómetro Abbé requiere una o dos gotas de muestra que se colocan en el medio de dos prismas, y se determina el índice de refracción y los grados Brix. La determinación se realizó con muestras que se encontraban a temperatura ambiente, es decir cerca de 20°C.

## 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Extracción del aceite esencial

#### 4.1.1 Contenido de humedad en las cáscaras de naranja

El contenido de humedad se determinó tanto en cáscaras frescas, como en cáscaras que han tenido un periodo de secado de tres días. Para determinar la humedad de la cáscara de naranja se obtuvo un promedio del peso final de la cáscara aplicándose la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{peso inicial} - \text{peso final}}{\text{peso inicial}} \times 100 \quad (3)$$

Ejemplo de la aplicación de la fórmula con los datos obtenidos:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{9,9\text{g} - 2,8\text{g}}{9,9\text{g}} \times 100 = 71,7\% \quad (4)$$

**Tabla 12.** Humedad de la cáscara de naranja fresca

Ensayo	Porcentaje de humedad
Ensayo # 1	71,7
Ensayo # 2	70,4
Ensayo # 3	70,9
<b>Promedio</b>	<b>71,0</b>

Aplicación de la fórmula con los datos obtenidos:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{10,0\text{g} - 8,5\text{g}}{10,0\text{g}} \times 100 = 15,3\% \quad (5)$$

**Tabla 13.** Humedad de la cáscara de naranja después de un tiempo de secado de tres días

<b>Ensayo</b>	<b>Porcentaje de humedad</b>
Ensayo # 1	15,3
Ensayo # 2	16,1
Ensayo # 3	16,5
<b>Promedio</b>	<b>15,9</b>

#### **4.1.2 Volumen del aceite esencial obtenido en cada método de extracción**

##### 4.1.2.1 Volumen del aceite esencial obtenido por extracción directa a reflujo

**Tabla 14.** Volumen del aceite esencial obtenido por extracción directa a reflujo en agua

<b>Método de extracción</b>	<b>Volumen del solvente (ml)</b>	<b>Peso de la cáscara de naranja (g)</b>	<b>Volumen obtenido (ml)</b>	<b>Tiempo</b>
Muestra obtenida con cáscara seca	500	100	188	1 hora
Muestra obtenida con cáscara fresca	500	100	416	1 hora



**Figura 18.** Muestras obtenidas por extracción directa a reflujo en agua

**Tabla 15.** Volumen del aceite esencial obtenido por extracción directa a reflujo en alcohol

Método de extracción	Volumen del solvente (ml)	Peso de la cáscara de naranja (g)	Volumen obtenido (ml)	Tiempo
Muestra obtenida con cáscara seca	500	100	426	1 hora
Muestra obtenida con cáscara fresca	500	100	470	1 hora



**Figura 19.** Muestras obtenidas por extracción directa a reflujo en alcohol

#### 4.1.2.2 Volumen del aceite esencial obtenido por destilación por arrastre con vapor

**Tabla 16.** Volumen del aceite esencial obtenido por destilación por arrastre con vapor

Método de extracción	Volumen del solvente (ml)	Peso de la cáscara de naranja (g)	Volumen obtenido (ml)	Tiempo
Muestra obtenida con cáscara seca	500	100	72	1 hora
Muestra obtenida con cáscara fresca	500	100	50	1 hora

**Figura 20.** Muestras obtenidas por destilación por arrastre con vapor



#### 4.1.3 Determinación del pH de las muestras de aceite esencial

La determinación del pH, se realizó en los extractos obtenidos por los tres métodos de extracción, utilizando tanto cáscaras frescas como cáscaras que han tenido un proceso de secado de tres días. En la Tabla 17 se indica el pH de los diferentes extractos.

También se determinó el pH en las muestras del desengrasante obtenido a partir de los aceites esenciales más aditivos (para la elaboración del desengrasante no se tomó en cuenta la condición de la cáscara). En la Tabla 18 se indica el pH de las muestras.

**Tabla 17.** Determinación del pH en las muestras del aceite esencial obtenido sin aditivos

<b>Método de extracción</b>	<b>pH del extracto obtenido de las cáscaras frescas</b>	<b>pH del extracto obtenido de las cáscaras secas</b>
Extracción directa a reflujo en agua	4,8	4,9
Extracción directa a reflujo en alcohol	6,3	6,0
Destilación por arrastre con vapor	4,5	4,8

**Tabla 18.** Determinación del pH en las muestras del aceite esencial obtenido más aditivos

<b>Método de extracción</b>	<b>pH de las muestras</b>
Extracción directa a reflujo en agua	7,7
Extracción directa a reflujo en alcohol	7,2
Destilación por arrastre con vapor	5,4

#### **4.1.4 Determinación de la presencia de limoneno usando permanganato de potasio**

Para la determinación de la presencia de terpenos (en especial limoneno), en el aceite esencial, se utilizó una disolución acuosa de permanganato de potasio al 10%, esta disolución se preparó utilizando 10g de permanganato de potasio disueltos en 100ml de agua destilada. La prueba se realizó en 5ml de cada muestra de extracto, a la cual se añadió una gota de la disolución acuosa de permanganato de potasio.

Los resultados obtenidos indican que la prueba es negativa, si bien los extractos obtenidos por extracción a reflujo en agua y alcohol cambian a color café esto principalmente se debe a la combinación de colores, entre el amarillo de los extractos y el color violeta de la solución del permanganato. Los extractos obtenidos por arrastre con vapor, mantienen el color del permanganato de potasio (Anexo A).

#### **4.1.5 Determinación del índice de refracción (Refractometría)**

Se determinó el índice de refracción utilizando un refractómetro tipo Abbé. Los resultados se indican en la siguiente tabla.

Los índices de refracción determinados en los extractos obtenidos a partir de cáscaras frescas, son similares a los índices de los extractos utilizando cáscaras secas, la variación registrada es mínima. Adicionalmente los índices de refracción obtenidos son similares a los índices de refracción de los solventes utilizados en cada método de extracción.

**Tabla 19.** Determinación del índice de refracción en las muestras del aceite esencial obtenido

<b>Método de extracción</b>	<b>Índice de refracción del extracto obtenido de las cáscaras frescas</b>	<b>Índice de refracción del extracto obtenido de las cáscaras secas</b>
Extracción directa a reflujo en agua	1,336	1,342
Extracción directa a reflujo en alcohol	1,366	1,366
Destilación por arrastre con vapor	1,333	1,334

#### **4.2 Pruebas de desengrase**

El objetivo del presente trabajo es obtener un desengrasante de manos y un desengrasante para vajillas, por lo tanto, las pruebas para probar el funcionamiento del aceite esencial extraído como desengrasante industrial se realizaron a tres personas cuyas manos tenían grasa de autos, las cuales probaron y calificaron la efectividad de cada extracto en sus manos (Ver Anexo B). También, se realizaron pruebas para determinar la eficiencia de los extractos, como desengrasante doméstico, en vajillas con aceite de color (achiote) (Ver Anexo C).

Adicionalmente, se realizan las pruebas anteriores, con los extractos más aditivos (Ver Anexos D y E). Se utilizó como agente humectante glicerina (en un 22% del volumen total), que ayuda a reducir la tensión superficial, permitiendo que el producto penetre mejor en la suciedad. Y se utilizó betaína (en un 11% del volumen total), como agente espumante y tensoactivo anfótero, para atrapar las partículas de grasa y distribuirlas en el agua.

La calificación es cualitativa, clasificando cada extracto como un desengrasante excelente, muy bueno, bueno, regular y malo. Es importante resaltar que para cada prueba se utilizaron 10ml de cada extracto con el fin de estandarizar las pruebas.

#### 4.2.1 Evaluación de las pruebas de los extractos como desengrasante para manos

**Tabla 20.** Evaluación de las pruebas del extracto, obtenido de la cáscara seca, como desengrasante para manos

	Extracción reflujo en agua			Extracción reflujo en alcohol			Destilación de arrastre con vapor		
	P 1	P 2	P 3	P 1	P 2	P 3	P 1	P 2	P 3
Excelente									
Muy bueno									
Bueno	X			X	X	X	X		X
Regular		X	X						
Malo								X	
(Ver Anexo B)									

**Tabla 21.** Evaluación de las pruebas del extracto, obtenido de la cáscara fresca, como desengrasante para manos

	Extracción reflujo en agua			Extracción reflujo en alcohol			Destilación de arrastre con vapor		
	P 1	P 2	P 3	P 1	P 2	P 3	P 1	P 2	P 3
Excelente									
Muy bueno									
Bueno				X		X			
Regular	X				X		X		X
Malo		X	X					X	
(Ver Anexo B)									

#### 4.2.2 Evaluación de las pruebas de los extractos como desengrasante para vajillas

**Tabla 22.** Evaluación de las pruebas del extracto, obtenido de la cáscara seca, como desengrasante para vajillas

	Extracción reflujo en agua			Extracción reflujo en alcohol			Destilación por arrastre con vapor		
	P 1	P 2	P 3	P 1	P 2	P 3	P 1	P 2	P 3
Excelente									
Muy bueno			X				X	X	X
Bueno	X	X		X	X	X			
Regular									
Malo									
(Ver Anexo C)									

**Tabla 23.** Evaluación de las pruebas del extracto, obtenido de la cáscara fresca, como desengrasante para vajillas

	Extracción reflujo en agua			Extracción reflujo en alcohol			Destilación por arrastre con vapor		
	P 1	P 2	P 3	P 1	P 2	P 3	P 1	P 2	P 3
Excelente									
Muy bueno			X				X	X	X
Bueno	X	X		X	X	X			
Regular									
Malo									
(Ver Anexo C)									

#### 4.2.3 Evaluación de las pruebas de los extractos más aditivos, como desengrasante para manos

**Tabla 24.** Evaluación de las pruebas de los extractos más aditivos, como desengrasante para manos

	Extracción reflujo en agua			Extracción reflujo en alcohol			Destilación de arrastre con vapor		
	P 1	P 2	P 3	P 1	P 2	P 3	P 1	P 2	P 3
Excelente									
Muy bueno				X		X	X	X	X
Bueno	X	X	X		X				
Regular									
Malo									
(Ver Anexo D)									

#### 4.2.4 Evaluación de las pruebas de los extractos más aditivos más aditivos, como desengrasante para vajillas

**Tabla 25.** Evaluación de las pruebas de los extractos más aditivos, como desengrasante para vajillas

	Extracción reflujo en agua			Extracción reflujo en alcohol			Destilación de arrastre con vapor		
	P 1	P 2	P 3	P 1	P 2	P 3	P 1	P 2	P 3
Excelente									
Muy bueno	X	X	X				X	X	X
Bueno				X	X	X			
Regular									
Malo									
(Ver Anexo E)									

### 4.3 Discusión

- En los tres métodos de extracción se utilizaron 500ml de agua destilada y 100g de cáscara de naranja, tanto para la extracción utilizando cáscara fresca como seca. El tiempo de extracción fue de una hora. Esto se realizó con el fin de estandarizar los métodos para la obtención de las muestras.
- El volumen obtenido en la extracción a reflujo en agua, al utilizar cáscaras secas fue 188ml, mientras que el volumen obtenido al utilizar cáscaras frescas es 416ml, esta diferencia se produce debido a que la cáscara seca tiene mayor absorción del agua destilada.
- Los volúmenes obtenidos, en la extracción directa a reflujo en alcohol, son similares, debido a que las cáscaras secas no absorben el alcohol, como en el caso del agua destilada, adicionalmente el alcohol deshidrata la cáscara.
- Existe una diferencia moderada, entre los volúmenes obtenidos, en la destilación por arrastre con vapor al utilizar cáscara seca y cáscara fresca, esta variación se puede haber producido por el cambio de mechero a uno menos potente, que afectó la generación de vapor. Los volúmenes obtenidos por este método son menores, debido a que la cáscara de naranja no tiene un contacto directo con el solvente.
- El pH de las muestras, sin aditivos, es ligeramente ácido y se encuentra entre 4,5 y 6,3. Las muestras en donde las cáscaras entran en contacto con agua tienen un pH entre 4,5 y 4,8. Mientras que las muestras, en donde se utiliza alcohol como solvente, tienen un pH mayor a 6, esto se debe a que existe protólisis en medio acuoso y en alcohol no.
- El pH no varía significativamente entre las muestras obtenidas por el mismo método de extracción, con cáscaras secas y con cáscaras frescas, debido a que la cantidad de humedad en las cáscaras, no altera la composición de las mismas.
- La determinación cualitativa de la existencia de limoneno en las muestras, arroja resultados negativos, ya que esta prueba no funciona cuando existen sistemas

conjugados. Si bien los extractos obtenidos por extracción a reflujo en agua y alcohol cambian a un color café, esto se debe principalmente a la coloración amarilla inicial de las muestras, que al añadir el permanganato de potasio, de color violeta, se vuelve café. Es más evidente la prueba realizada en los extractos obtenidos por arrastre con vapor, en donde la solución mantienen el color del permanganato de potasio y no se vuelve incolora ni café claro.

- Los índices de refracción determinados en los extractos obtenidos a partir de cáscaras frescas, son similares a los índices de los extractos utilizando cáscaras secas, la variación registrada es mínima, debido a que la cantidad de humedad en las cáscaras, no altera la composición de las mismas.
- Adicionalmente ninguno de los índices de refracción obtenidos es similar al índice de refracción del aceite esencial de cáscara de naranja (entre 1,471 y 1,474). Dependiendo del método extracción y del solvente utilizado los índices son similares al índice del agua (1,3228), en el caso de extracción directa a reflujo en agua y destilación por arrastre con vapor. Y en el caso de la extracción directa a reflujo en alcohol los valores obtenidos son similares al etanol (1,3590). Lo que significa que el solvente utilizado es el mayor componente en los extractos.
- La eficiencia de remoción de grasa tanto en manos como en vajillas, utilizando los extractos obtenidos en cáscara seca y en cáscara húmeda, es similar. Lo que nos indica que la efectividad y las propiedades de los extractos no dependen del estado de la cáscara. El proceso de secado no aumenta la eficiencia de la extracción, sino que únicamente nos permita almacenar el material, evitando el crecimiento de hongos y bacterias.
- Los resultados de las pruebas, para calificar la efectividad del desengrasante para manos, indican que el extracto que tiene mejor remoción de grasa, es aquel obtenido por reflujo en alcohol, que fue calificado como un desengrasante bueno. El extracto obtenido por destilación por arrastre con vapor fue calificado como un desengrasante entre bueno y regular. Finalmente el extracto obtenido por extracción a reflujo en agua, fue calificado como un desengrasante regular.

- Los resultados de las pruebas, para calificar la efectividad del desengrasante para vajillas, indican que todos los extractos, funcionan como un buen removedor de grasa en vajillas, sin embargo el extracto más eficaz es el extracto obtenido por destilación por arrastre con vapor, que fue calificado como un desengrasante muy bueno, ya que a diferencia de los demás no deja una capa de grasa sobre la vajilla.
- En las pruebas para calificar los extractos más aditivos, no se tomó en cuenta si las cáscaras utilizadas para la extracción fueron frescas o secas, ya que anteriormente se determinó que la efectividad y las propiedades de los extractos no depende del estado de la cáscara.
- Al incorporar los aditivos, todos los extractos presentan una mejor remoción de grasa, que cuando se realizaron las pruebas sin aditivos. Sin embargo las pruebas determinaron que el extracto por arrastre con vapor, más glicerina y betaína es más eficiente y fue calificado como un desengrasante muy bueno.
- Un desengrasante debe tener el pH ligeramente básico (entre 8 y 9), para neutralizar el pH ácido que tienen la suciedad de las grasas y aceites. El extracto obtenido por arrastre con vapor más los aditivos, tiene un pH cercano a lo que determina la teoría (7,73), lo que indica puede ser un desengrasante eficaz.

#### **4.4 Elaboración del desengrasante en pequeña escala**

##### **4.4.1 Capacidad de la planta**

La extracción de jugo de naranja, en la zona comercial del Parque Metropolitano Guanguiltagua, aproximadamente produce como residuo 115kg de cáscara de naranja cada día. A partir de esta cantidad se determinó que la capacidad de producción diaria de la planta sería de 64,67L de desengrasante, considerando la cantidad de extracto que se podría obtener (43,12L) y los aditivos que se tendría que aumentar (Glicerina 14,37L y Betaína 7,18L).

**Tabla 26.** Volumen de producción del desengrasante

<b>Materia Prima</b>	<b>Volumen (L)</b>
Extracto de la cáscara de naranja	43,12
Glicerina	14,37
Betaína	7,18
Total	64,67

#### **4.4.2 Cálculo de la cantidad de extracto que se puede obtener**

El volumen de extracto que se puede obtener en la planta se determinó a partir de los datos obtenidos en el laboratorio, al utilizar el método de destilación por arrastre con vapor con cáscara fresca.

Estos datos fueron extrapolados para determinar el volumen de extracto que se puede obtener a partir de 86,25kg<sup>6</sup> de residuos de cáscara de naranja. Como resultado se obtiene 43,12L de extracto.

$$\text{Volumen final} = \frac{\text{Masa final (kg)} \times \text{Volumen inicial (L)}}{\text{Masa inicial (kg)}} \quad (6)$$

Donde: Volumen final: volumen obtenido en la planta

Masa final: cantidad diaria de residuos de cáscara de naranja del PMG

Volumen inicial: volumen obtenido en el laboratorio

Masa inicial: cantidad de cáscara de naranja con la que se trabajó en el laboratorio

---

<sup>6</sup> Peso de la cáscara de naranja menos el 25% de pérdida de masa al remover el mesocarpio.

Aplicación de la ecuación con los datos obtenidos para determinar el volumen del extracto que se puede obtener en la planta.

$$\text{Volumen final} = \frac{86,25 \text{ (kg)} \times 0,05 \text{ (L)}}{0,1 \text{ (kg)}} = 43,12 \text{ L} \quad (7)$$

#### 4.4.3 Formulación del desengrasante

**Tabla 27.** Rangos de formulación del desengrasante

Materia Prima	Relación		Porcentaje %	
	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
Extracto de la cáscara de naranja	2	3	69	67
Glicerina	0,6	1	21	22
Betaína	0,3	0,5	10	11

#### 4.4.4 Descripción del proceso

##### 4.4.4.1 Recepción y selección de la materia prima

La materia prima utilizada consiste en las cáscaras frescas de naranja recolectadas de la zona comercial del Parque Metropolitano Guanguiltagua. Luego de la extracción del jugo, las cáscaras son separadas del resto de materia orgánica lo que facilita su recolección. En planta se recibe la materia prima en donde, de forma manual, se desechan y separan las cáscaras que se encuentren podridas, las semillas y posibles restos de otras frutas.

#### 4.4.4.2 Remoción de mesocarpio

Después de la extracción del jugo una porción de pulpa y albedo (bagazo) queda adherido a la corteza, esta porción se debe remover de manera manual utilizando un cuchillo de fruta. El bagazo no contiene una cantidad significativa de aceites esenciales, ya que estos se encuentran específicamente en el epicarpio o flavedo. La porción de mesocarpio se desecha.

#### 4.4.4.3 Picado de la cáscara de naranja

Se cortarán las cáscaras de naranja en trozos de aproximadamente 1cm por lado, de esta manera se aumenta el área de contacto para la extracción y se facilita el procedimiento de secado. Debido a la cantidad de cáscara de naranja este procedimiento se deberá realizar con un procesador industrial provisto de cuchillas de acero inoxidable.

#### 4.4.4.4 Secado

El proceso de secado elimina el agua y permite almacenar el material hasta la obtención del aceite esencial, evitando el crecimiento de hongos y bacterias. La cáscara, que ya ha sido cortada, se colocará sobre tendales, que constarán de varios pisos de malla plástica o metálica, para permitir una adecuada aireación. El periodo de secado será de tres días a temperatura ambiente y bajo techo. Este paso es opcional dependiendo de la cantidad de materia prima recibida.

#### 4.4.4.5 Extracción de los principios activos de la cáscara de naranja

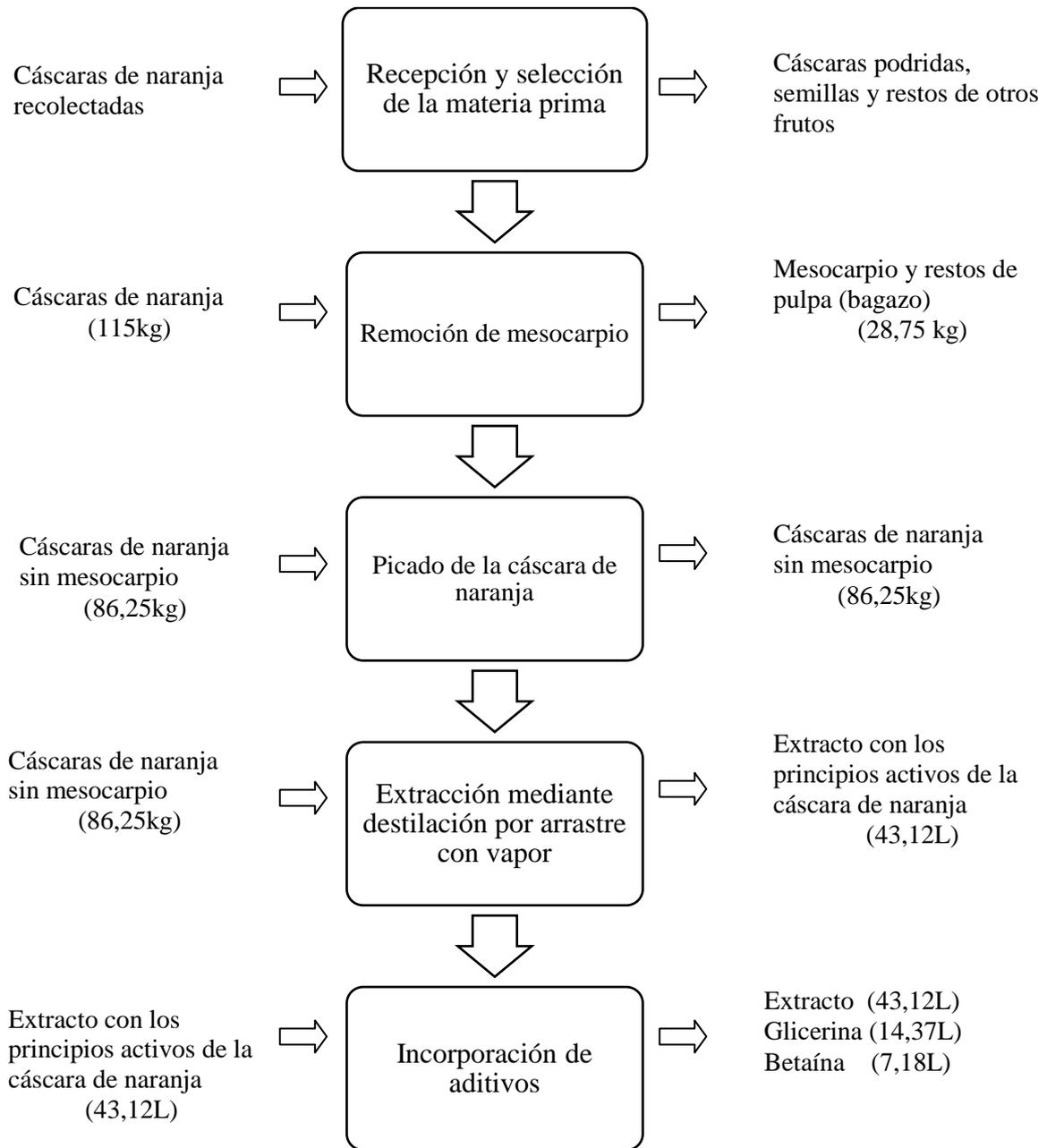
La extracción de los principios activos de la cáscara de naranja, se realizará mediante destilación por arrastre con vapor, durante una hora a partir de que se obtiene la primera gota de extracto. Para la destilación es necesario un equipo extractor por arrastre con

vapor, con la capacidad mínima de procesar 115Kg diarios de cáscara de naranja, compuesto por un generador de vapor, una cámara de extracción y un condensador.

#### 4.4.4.6 Incorporación de aditivos

Una vez obtenido el extracto se deben incorporar en una mezcladora los aditivos. Se utilizará como agente humectante glicerina (en un rango de 0,6 – 1,0 del volumen total), para ayudar a reducir la tensión superficial, permitiendo que el producto penetre mejor en la suciedad. Y como agente espumante y tensoactivo anfótero, para atrapar las partículas de grasa y distribuir las en el agua, se utilizará betaína (en un rango de 0,3 – 0,5 del volumen total).

**4.4.5 Diagrama de flujo del proceso para la elaboración del desengrasante y pérdida del material por etapa**



#### 4.4.6 Evaluación de costos para la elaboración del desengrasante

Para evaluar la posibilidad de producir el desengrasante a pequeña escala, se consideraron los costos diarios de producción, que incluyen la materia prima, la mano de obra y otros costos indirectos (Tablas 28, 29 y 30). En la Tabla 31 se indican los costos totales diarios de producción por litro. Finalmente en la Tabla 32 se indican los costos de los equipos.

**Tabla 28.** Costos de la materia prima para la elaboración de 64, 67L de desengrasante

Descripción	Cantidad kg	Valor unitario (USD)	Valor total <sup>7</sup> (USD)
Cáscaras de naranja	87	-	-
Glicerina	15	3,36	50,4
Betaína	7,5	3,70	27,72
TOTAL MATERIA PRIMA			78,12
<b>COSTO POR LITRO</b>			<b>1,21</b>

**Tabla 29.** Costos de mano de obra para la elaboración del desengrasante

Personal	Cantidad	Sueldo mensual <sup>8</sup> (USD)	Sueldo diario (USD)
Trabajadores (recepción, selección, remoción)	2	298,98	9,966
Operadores de equipos	1	298,98	9,966
TOTAL MANO DE OBRA			19,932
<b>COSTO MANO DE OBRA LITRO</b>			<b>0,31</b>

<sup>7</sup> Datos proporcionados por ASODINA S.A. Precios incluyen IVA

<sup>8</sup> Incluye cargas sociales

**Tabla 30.** Otros costos indirectos para la elaboración del desengrasante

<b>Conceptos</b>	<b>Valor (USD)</b>
Movilización	2
Amortización de equipos	4,96
Envases	3,25
<b>TOTAL OTROS COSTOS</b>	<b>10,21</b>
<b>OTROS COSTOS POR LITRO</b>	<b>0,16</b>

**Tabla 31.** Costo de la producción del desengrasante por litro

<b>Conceptos</b>	<b>Valor (USD)</b>
Costo materia prima	1,21
Costo mano de obra	0,31
Otros costos	0,16
<b>TOTAL</b>	<b>1,67</b>

**Tabla 32.** Costos de los equipos para la elaboración del desengrasante

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor unitario (USD)</b>	<b>Valor final (USD)</b>
Cuchillo de fruta	2	2,17	4,34
Procesador industrial	1	1500	1500
Extractor por arrastre con vapor (escala semi-industrial)	1	15720	15720
Mezcladora semi manual	1	650	650
<b>TOTAL INVERSION</b>			<b>17874,34</b>

## 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Los principios activos de la cáscara de naranja se obtuvieron mediante extracción directa a reflujo, utilizando como solventes agua y alcohol potable al 90%. Y por destilación por arrastre con vapor. La utilización de métodos simples facilita la extracción a través de la gestión interna del Parque Metropolitano Guanguiltagua.
- Los índices de refracción obtenidos en las muestras son similares a los valores teóricos de los solventes utilizados para la extracción. Lo que indica que el solvente es el mayor componente de los extractos obtenidos.
- Los extractos sin aditivos tienen menor efectividad como desengrasante, tanto para vajillas como en manos. Por lo que es necesaria la incorporación de aditivos para la remoción de grasa.
- La eficiencia de remoción de grasa, el pH y los índices de refracción son similares entre los extractos, obtenidos por un mismo método, al utilizar cáscara fresca y cáscara seca. Por esta razón el proceso de secado no es necesario, sin embargo se lo puede emplear en caso de almacenar la cáscara para su posterior utilización.
- Como aditivos se utiliza como agente humectante glicerina (en un rango de 0,6 – 1,0 del volumen total), que ayuda a reducir la tensión superficial, permitiendo que el producto penetre mejor en la suciedad. Y como agente espumante y tensoactivo anfótero, para atrapar las partículas de grasa y distribuir las en el agua, se utiliza betaína (en un rango de 0,3 – 0,5 del volumen total).
- Las evaluaciones cualitativas determinaron que a partir del método de destilación por arrastre con vapor se obtiene el extracto, que al incorporar los

aditivos, funciona de manera más eficiente como desengrasante doméstico e industrial.

- La elaboración del desengrasante tiene un costo diario de producción de 1,67 USD. Valor que incluye el costo de la materia prima por litro (1,21 USD), el costo de la mano de obra (0,31 USD) y costos indirectos como movilización, amortización de equipos y envases (0,16).
- La inversión necesaria en equipos para la implementación de la planta en pequeña escala es de 17874,34 USD.
- La elaboración del desengrasante a partir de la cáscara de naranja, es una alternativa para el manejo de desechos orgánicos al incorporar un valor agregado a los residuos, sin embargo no ayuda en la disminución del volumen de cáscara de naranja generada.
- En el trabajo se monitorearon ciertas variables como el pH, sin embargo se debería monitorear algunas variables que pueden influir en el proceso como la temperatura y presión durante la extracción, la temperatura y tiempo de almacenamiento de los extractos, entre otros.
- En caso de que la cáscara de naranja no se utilice inmediatamente, se recomienda realizar el proceso de secado para su posterior utilización, con el fin de evitar el crecimiento de hongos y bacterias.
- El agua que circula por el condensador debe reciclarse, para esto el agua debe pasar por torres de enfriamiento, de esta manera se disminuye el consumo de agua y su desperdicio.
- Se debe dar un tratamiento a los residuos de cáscara de naranja, después de la extracción, con el fin de reducir su volumen, por ejemplo, se pueden realizar procesos de biodegradación para la elaboración de un abono orgánico.
- Se recomienda realizar una cuantificación de los componentes del extracto obtenido por destilación por arrastre con vapor, para verificar la presencia de limoneno y desarrollar un mejor producto desengrasante.

- Debido a la incorporación de aditivos, es necesario analizar si el desengrasante es biodegradable, se podría realizar pruebas utilizando microorganismos para determinar si los compuestos del desengrasante pueden ser descompuestos y el tiempo de degradación.
- Se recomienda realizar el diseño de la planta, con especificaciones más detalladas sobre los equipos, infraestructura necesaria para el funcionamiento de los mismos y un estudio económico para saber si el proyecto es rentable.
- Se recomienda realizar un estudio de mercado, analizando costos de inversión, rentabilidad, competencia, precio final del producto, entre otros. Para determinar si es posible la instalación de una planta para producir el desengrasante.
- Los aceites esenciales de la cáscara de naranja son ampliamente utilizados como saborizantes o aromatizantes, por lo que se podría desarrollar un sistema de extracción de aceites esenciales para su comercialización.

## 6 BIBLIOGRAFÍA

### Textos:

- Austin, George. Manual de procesos químicos en la industria. Tomo II. McGraw Hill. México. 1989.
- Badui, Salvador. Química de los alimentos. Pearson Education. México. 1999.
- Burton, D.; Routh, J. Química orgánica y bioquímica. McGraw Hill. México. 1994.
- Blatt, Frank. Fundamentos de física. Pearson Education. México. 1994
- Durts, H.; Gokel, G. Química orgánica experimental. Reverte. España. 1985.
- Fessenden, R.; Fessenden, J. Química orgánica. Grupo Editorial Iberoamérica. México. 1983.
- Hart, H.; Hart, D.; Craine, L. Química orgánica. McGraw Hill. México. 2003.
- Hill, J.; Kolb, D. Química para el nuevo milenio. Pearson Prentice Hall. México. 1999.
- McMurry, J. Lanto, M. Hernández J. Vázquez, A. Química orgánica. Publicado por Cengage Learning Editores, 2008.
- Ortega R. M., López A. M., Requejo A. M., Andrés P., “La composición de los alimentos. Herramienta básica para la valoración nutricional”, Frutas, verduras y salud, Masson, Madrid. 2004.
- Pasto, D.; Johnson, C. Determinación de estructuras orgánicas. Editorial Reverte. España. 1981.
- Primo, Eduardo; Universidad Politécnica de Valencia. Química orgánica básica y aplicada: de la molécula a la industria. Editorial Reverte. España. 1995.
- Primo, Eduardo; “Cítricos y Derivados”. Química de los alimentos. Editorial Síntesis. España. 1998.
- Publicaciones Vértice. Manipulación de productos químicos y limpieza. España. 2008.

- Ross, S.; et al. Actividad antimicrobiana de algunos aromáticos egipcios *Phytochemistry*. Vol. 51, N° 3. 1990.
- Sánchez, María Teresa. Procesos de elaboración de alimentos y bebidas. Mundi-Prensa Libros, 2003.
- Simmons, J.; Fresno, M.; Jiménez, M.; Romero, S. Cosméticos: formulación, preparación y aplicación. Ediciones Madrid. Vicente. Antonio. España. 2000.
- Solomons, Graham. Fundamentos de química orgánica. Limusa. México. 1990.
- Weiss, E., Essential oil crops, CAB International, Wallingford, United Kingdom, 1997.
- Willard, H. Merrit, L. Dean, J. Settle, F. Métodos Instrumentales de análisis. Compañía Editorial Continental. México. 1990.
- Wittcoff, H.; Reuben, B. Productos químicos orgánicos industriales. Tecnología, formulación y sus usos. Vol. II. Limusa. México. 1985.

#### Revistas y publicaciones técnicas:

- Grijalva, Vicente. Formulación y Fabricación de detergentes y cosméticos. Seminario. Quito. 2009.
- Heredia, A.; Ministerio Industrias y Competitividad (MIC). Naranja: Estudio agroindustrial en el Ecuador: competitividad de la cadena de valor y perspectivas de mercado. Quito. 2008.
- Instituto de investigación de recursos biológicos “Alexander Von Humboldt”. Biocomercio sostenible. Estudio del mercado colombiano de aceites esenciales. Bogotá, 2003.
- Sánchez, M. Méndez, J. Pérez, F. Torres, M. Métodos físicos de separación y purificación de sustancias orgánicas. Departamento de Química. Universidad de las Palmas de Gran Canaria. 2005.

#### Tesis y documentos inéditos:

- Arias, Gina. Biotransformación del limoneno por medio de la enzima cloroperoxidasa del hongo *Caldariomyces fumago*. Tesis de grado inédita. Facultad de Ciencias. Escuela Química. Universidad Industrial de Santander. Colombia. 2008.

- Grijalva, Vicente. Formulación y Fabricación de detergentes y cosméticos. Seminario. Quito. 2009
- Idrovo, J. Industrialización del limoneno obtenido a partir de cortezas de cítricos. Tesis de grado inédita. Escuela Politécnica Nacional. Quito. 2007.
- Lopez, M.; Triana J.; Pérez F.; Torres M. Métodos físicos de separación y purificación de sustancias orgánicas. Departamento de Química. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Las Palmas de Gran Canaria. 2005
- Polmilio, A. Vitale, A. Métodos experimentales de laboratorio de Química Orgánica. Departamento de Química Orgánica. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y naturales. Argentina. 1988
- Ricaurte, F. Plan de manejo de residuos sólidos urbanos para el Parque Metropolitano Guanguiltagua. Tesis de grado inédita. Facultad de Ciencias Ambientales. Universidad Internacional SEK. Quito. 2008.
- Ruiz, G. Saavedra, J. Determinación de los parámetros óptimos de funcionamiento para un equipo de extracción sólido – líquido en la extracción de aceite esencial de naranja usando un sistema cáscara de naranja – alcohol etílico. Tesis de grado inédita. Facultad de Química. Universidad Nacional Mayor San Marcos. Lima. 2007.

Páginas Web:

- Fernandez, Rubén. Índice de refracción de un líquido.  
<http://www.ucm.es/info/giboucm/Download/INDREF.pdf>
- Castell, José. Espectroscopía de resonancia magnética nuclear. Departamento de Bioquímica y Biología Molecular. Universidad de Valencia.  
<http://www.uv.es/jcastell/Espectroscopia.pdf>. 2006
- <http://www.quimicaorganica.net/compuestos-organicos/limoneno/limoneno.htm>
- <http://www.figmay.com.ar/>
- <http://depa.pquim.unam.mx/~fercor/dqo/manuales/1311/p10.pdf>
- [http://www.ellaboratorio.co.cc/practicas/indice\\_refraccion.pdf](http://www.ellaboratorio.co.cc/practicas/indice_refraccion.pdf)

## 7 ANEXOS

### Anexo A. Resultados fotográficos de la presencia de limoneno en los extractos obtenidos, mediante permanganato de potasio

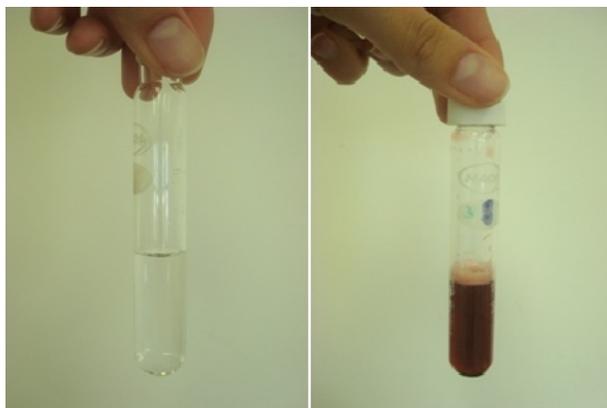
Fotografía A.1 Extracto obtenido por extracción a reflujo en agua utilizando cáscara seca



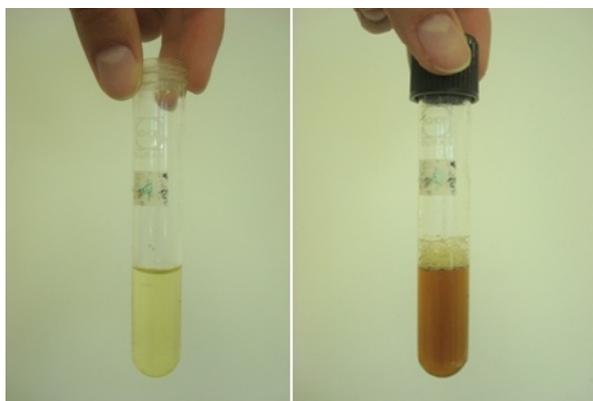
Fotografía A.2 Extracto obtenido por extracción a reflujo en alcohol utilizando cáscara seca



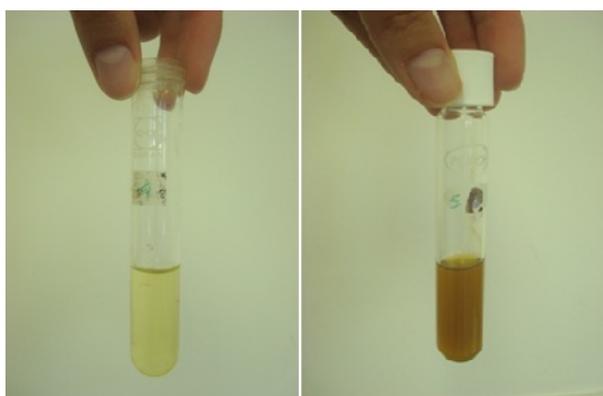
Fotografía A.3 Extracto obtenido por destilación por arrastre con vapor utilizando cáscara seca



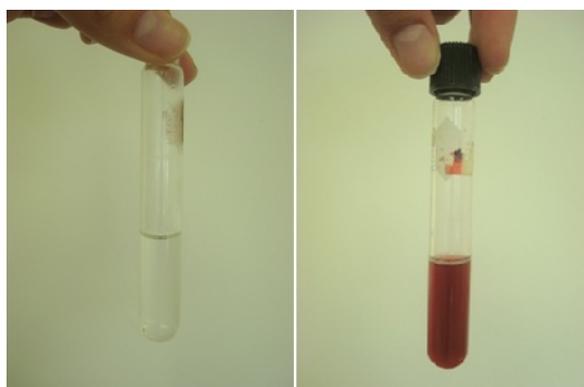
Fotografía A.4 Extracto obtenido por extracción a reflujo en agua utilizando cáscara fresca



Fotografía A.5 Extracto obtenido por extracción a reflujo en alcohol utilizando cáscara fresca



Fotografía A.6 Extracto obtenido por destilación por arrastre con vapor utilizando cáscara fresca



**Anexo B.** Resultados fotográficos de las pruebas de los extractos como desengrasante para manos

Fotografías B1. Pruebas de desengrase en manos, utilizando los extractos obtenidos por extracción a reflujo en agua con cáscara seca

Prueba 1	
Manos con grasa	Manos luego de aplicar el extracto
	
Prueba 2	
Manos con grasa	Manos luego de aplicar el extracto
	
Prueba 3	
Manos con grasa	Manos luego de aplicar el extracto
	

Fotografías B2. Pruebas de desengrase en manos, utilizando los extractos obtenidos por extracción a reflujo en alcohol con cáscara seca

Prueba 1

Manos con grasa



Manos luego de aplicar el extracto



Prueba 2

Manos con grasa



Manos luego de aplicar el extracto



Prueba 3

Manos con grasa



Manos luego de aplicar el extracto



Fotografías B3. Pruebas de desengrase en manos, utilizando los extractos obtenidos por destilación por arrastre con vapor con cáscara seca

Prueba 1

Manos con grasa



Manos luego de aplicar el extracto



Prueba 2

Manos con grasa



Manos luego de aplicar el extracto



Prueba 3

Manos con grasa



Manos luego de aplicar el extracto



Fotografías B4. Pruebas de desengrase en manos, utilizando los extractos obtenidos por extracción a reflujo en agua con cáscara fresca

Prueba 1

Manos con grasa



Manos luego de aplicar el extracto



Prueba 2

Manos con grasa



Manos luego de aplicar el extracto



Prueba 3

Manos con grasa



Manos luego de aplicar el extracto



Fotografías B5. Pruebas de desengrase en manos, utilizando los extractos obtenidos por extracción a reflujo en alcohol con cáscara fresca

Prueba 1

Manos con grasa



Manos luego de aplicar el extracto



Prueba 2

Manos con grasa



Manos luego de aplicar el extracto

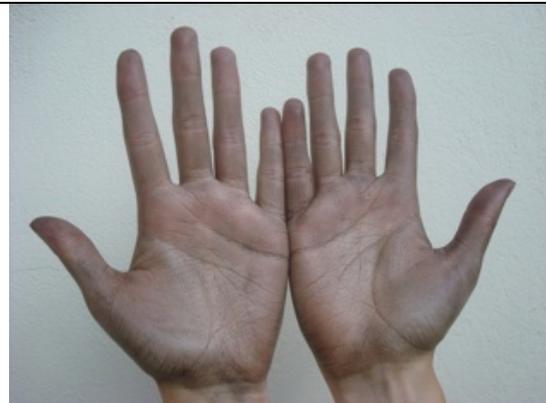


Prueba 3

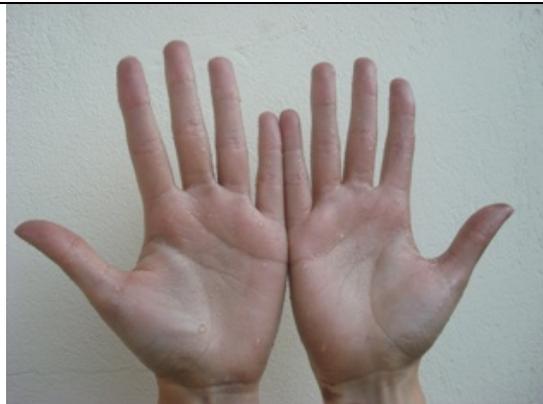
Manos con grasa



Manos luego de aplicar el extracto



Fotografías 2.6. Pruebas de desengrase en manos, utilizando los extractos obtenidos por destilación por arrastre con vapor con cáscara fresca

Prueba 1	
Manos con grasa	Manos luego de aplicar el extracto
	
Prueba 2	
Manos con grasa	Manos luego de aplicar el extracto
	
Prueba 3	
Manos con grasa	Manos luego de aplicar el extracto
	

**Anexo C.** Resultados fotográficos de las pruebas de los extractos como desengrasante para vajillas

Fotografías C1. Pruebas de desengrase en vajillas, utilizando extractos con cáscara seca

Prueba 1

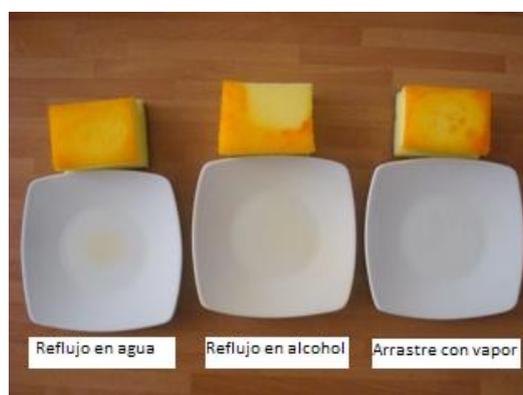
Vajilla con grasa



Vajilla con formación de emulsión



Vajilla luego de aplicar el extracto



Fotografías C1. Pruebas de desengrase en vajillas, utilizando extractos con cáscara seca

Prueba 2

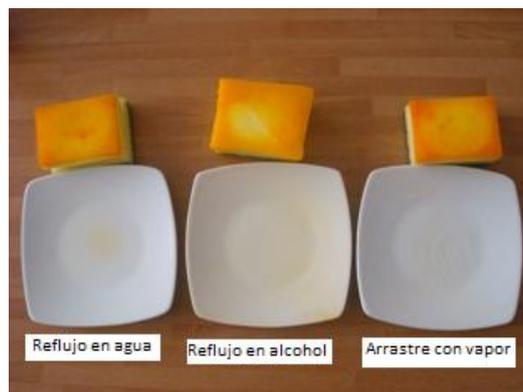
Vajilla con grasa



Vajilla con formación de emulsión



Vajilla luego de aplicar el extracto



Fotografías C1. Pruebas de desengrase en vajillas, utilizando extractos con cáscara seca

Prueba 3

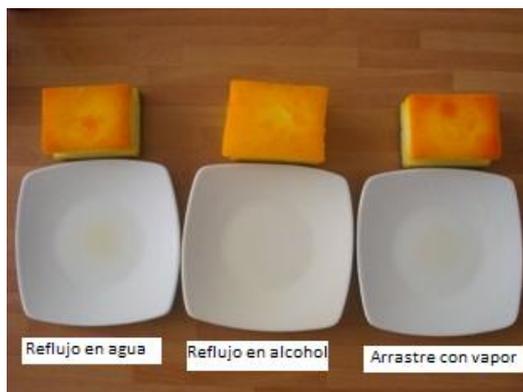
Vajilla con grasa



Vajilla con formación de emulsión



Vajilla luego de aplicar el extracto



Fotografías C2. Pruebas de desengrase en vajillas, utilizando extractos con cáscara fresca

Prueba 1

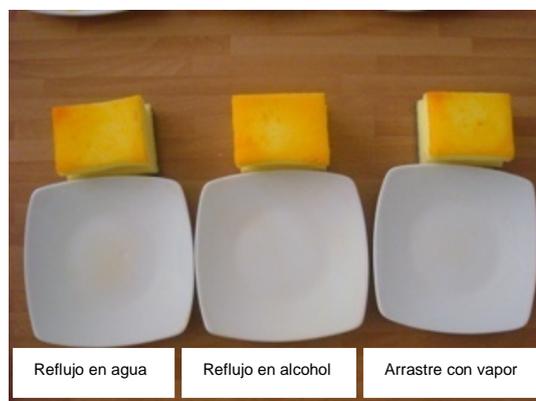
Vajilla con grasa



Vajilla con formación de emulsión



Vajilla luego de aplicar el extracto



Fotografías C2. Pruebas de desengrase en vajillas, utilizando extractos con cáscara fresca

Prueba 2

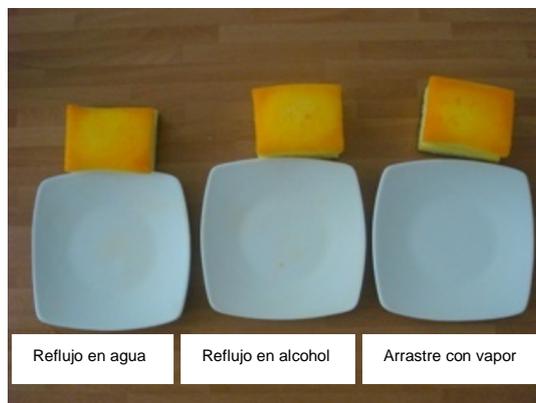
Vajilla con grasa



Vajilla con formación de emulsión



Vajilla luego de aplicar el extracto



Fotografías C2. Pruebas de desengrase en vajillas, utilizando extractos con cáscara fresca

Prueba 3

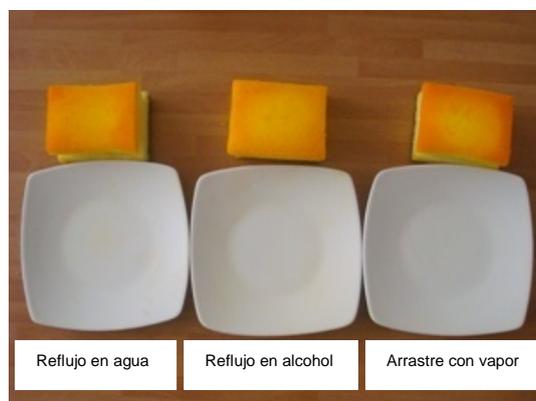
Vajilla con grasa



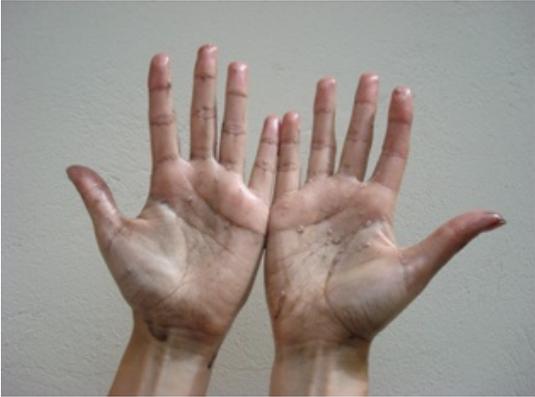
Vajilla con formación de emulsión



Vajilla luego de aplicar el extracto



**Anexo D.** Resultados fotográficos de las pruebas de los extractos más aditivos como desengrasante para manos

Fotografías D1. Pruebas de desengrase en manos, utilizando los extractos obtenidos por extracción a reflujo, más aditivos.	
Prueba 1	
Manos con grasa	Manos luego de aplicar el extracto
	
Prueba 2	
Manos con grasa	Manos luego de aplicar el extracto
	
Prueba 3	
Manos con grasa	Manos luego de aplicar el extracto
	

Fotografías D2. Pruebas de desengrase en manos, utilizando los extractos obtenidos por extracción a reflujo en alcohol, más aditivos.

Prueba 1

Manos con grasa



Manos luego de aplicar el extracto



Prueba 2

Manos con grasa



Manos luego de aplicar el extracto



Prueba 3

Manos con grasa



Manos luego de aplicar el extracto



Fotografías D3. Pruebas de desengrase en manos, utilizando los extractos obtenidos por arrastre con vapor, más utilizados.

Prueba 1

Manos con grasa



Manos luego de aplicar el extracto



Prueba 2

Manos con grasa



Manos luego de aplicar el extracto



Prueba 3

Manos con grasa



Manos luego de aplicar el extracto



**Anexo E. Resultados fotográficos de las pruebas de los extractos más aditivos como desengrasante para vajillas**

Fotografías E1. Pruebas de desengrase en vajillas, utilizando extractos mas aditivos

Prueba 1

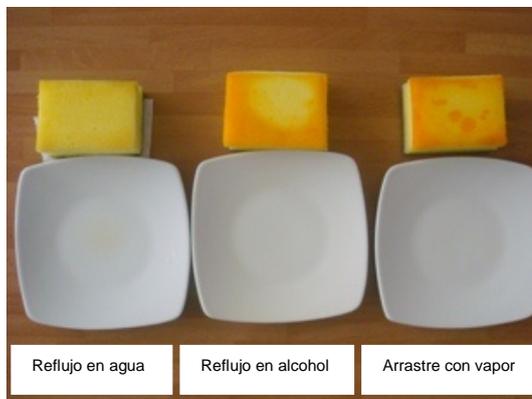
Vajilla con grasa



Vajilla con formación de emulsión



Vajilla luego de aplicar el extracto



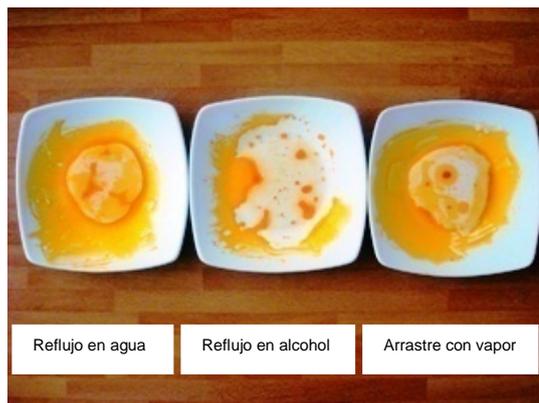
Fotografías E2. Pruebas de desengrase en vajillas, utilizando extractos mas aditivos

Prueba 2

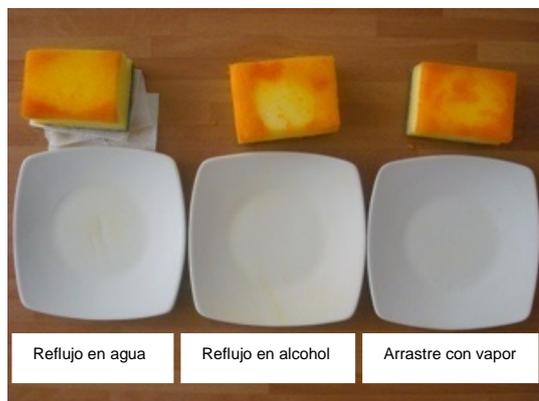
Vajilla con grasa



Vajilla con formación de emulsión



Vajilla luego de aplicar el extracto



Fotografías E3. Pruebas de desengrase en vajillas, utilizando extractos mas aditivos

Prueba 3

Vajilla con grasa



Vajilla con formación de emulsión



Vajilla luego de aplicar el extracto

