

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA**

**Recinto universitario Rubén Darío**

**Facultad de Ciencias e Ingenierías**

**Departamento de Química**

**Tesis Monográfica para Optar al Título de Licenciatura en Química Farmacéutica.**



**Título:**

Evaluación de la Actividad Antibacteriana de los Aceites Esenciales de: Zacate de limón (*Cymbopogon Citratus* DC. Stapf), Eucalipto (*Eucalyptus* ssp.) y Clavo de olor (*Syzygium aromaticum* L), Sólidos y en Combinación, Contra *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, Septiembre 2011 a Junio 2012.

**Autor:**

Br. Eliseo Benjamín Suárez Rodríguez.

**Tutor:**

José René Silva Arrechavala Ph.D.

**Managua, Nicaragua 2012.**



## DEDICATORIA

*En primer lugar dedico esta monografía a Dios ( יהוה ) por haber permitido culminar con esta etapa de mi carrera y por darme la vida.*

*A mi Familia, que son un pilar importante en mi vida, por su amor y su fe en mí, les presento este tributo, fruto de mi estudio perseverante.*

*Eliseo Benjamín Suárez Rodríguez.*

## AGRADECIMIENTOS

*Doy gracias a Dios (יהוה) que me permitió renovar la fe y energías para superar día a día los momentos más difíciles, también por su misericordia y bendiciones.*

*A mis padres Carlos Suárez y Marlín Rodríguez, a mis hermanas por su apoyo y su amor incondicional.*

*A mi tutor Dr. Sc. José René Silva Arrechavala, que dedicó parte de su tiempo en guiarme y transmitirme sus conocimientos.*

*Al personal de la Biblioteca Central Salomón de la Selva del área de informática de la UNAN-Managua, por su valiosa colaboración: Lic. Denis Rojas Vanegas, Lic. Harold González Villarreyna, Lic. David Montalvan Membreño y al Lic. Israel Leiva Orozco.*

*Al personal del área de Bacteriología del Centro Nacional de Diagnóstico y Referencia (CNDR-MINSA), gracias por la apertura y el apoyo brindado.*

*También agradezco a todas aquellas personas que de una u otra forma han contribuido a que este trabajo llegue a su culminación.*

*Elíseo Benjamín Suárez Rodríguez.*

## OPINIÓN DEL TUTOR

La aparición de resistencias frente a fármacos con actividad bactericida, antimicótica, antiparasitaria o antiviral obliga a la industria farmacéutica a desarrollar nuevos productos. Estos fármacos son cada vez más costosos, y en ese sentido menos accesibles a la población, en particular a la población menos pudiente, que es la mayoría.

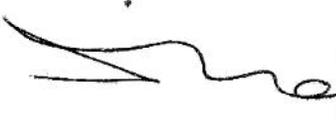
La búsqueda y ensayo de principios activos, nuevos y ya conocidos, se convierte en una necesidad imperiosa para todos los países, particularmente los menos desarrollados como Nicaragua.

Nicaragua, en el contexto mesoamericano, posee una de las mayores reservas de biodiversidad, misma que ha servido de base para una rica farmacopea de medicina tradicional. En este ámbito el Br. Eliseo Benjamín Suárez Rodríguez, realizó su tesis monográfica titulada:

•Evaluación de la Actividad Antibacteriana de los Aceites Esenciales de: Zacate de limón (*Cymbopogon Citratus* DC. Stapf), Eucalipto (*Eucalyptus* ssp.) y Clavo de olor (*Syzygium aromaticum* L), Solos y en Combinación, Contra *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, Septiembre 2011 a Junio 2012.ö

Para optar al título de Licenciatura en Química Farmacéutica, en la cual hace aportes que permiten enfocar investigaciones futuras sobre la actividad antibacteriana de aceites esenciales, y a la vez demostrar su efecto sobre una cepa bacteriana particular.

Los resultados de este trabajo son muy alentadores, y está realizado con tal esmero que estoy seguro servirá como referencia ineludible a futuros tesisistas.

  
René Silva A. Ph.D.



## RESUMEN

**Palabras claves:** *Plantas medicinales, Aceites esenciales, Actividad antibacterial, Pseudomona aeruginosa.*

Los aceites esenciales son la fracción volátil del aroma de muchas plantas medicinales, mostrando variadas propiedades curativas. La presente investigación experimental trata sobre la actividad antibacterial que manifiestan los aceites esenciales de: Zacate de limón (*Cymbopogon Citratus* DC. Stapf.), Eucalipto (*Eucalyptus* ssp.) y Clavo de olor (*Syzygium aromaticum* L.) solos y en combinación contra la cepa *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853.

Para la extracción de los aceites esenciales de las tres especies de plantas, se utilizó el método de arrastre con vapor de agua. Luego de la extracción se almacenó cada uno de los aceites en recipientes de vidrio (vol. 125 mL) a temperatura de 4 °C. Posteriormente se realizó la prueba de actividad antibacterial utilizando el método de Kirby-Bauer para antimicrobianos en replicas de 10 para cada uno de los aceites esenciales en estudio; usando en cada réplica los siguientes volúmenes 5, 10 y 15 µL y como control positivo, Polimixina B (300 units).

Los resultados de las pruebas mostraron que el aceite esencial de Eucalipto no tuvo actividad antibacteriana a un volumen de 5µL, mientras que a un volumen de 10µL mostró actividad antibacteriana intermedia contra la cepa y un volumen de 15µL mostró actividad positiva. El aceite esencial combinado mostró actividad intermedia a volúmenes de 5µL y 10µL y positivo a un volumen de 15µL. los aceites esenciales de Zacate de limón y Clavo de olor no mostraron actividad contra la cepa, en ninguno de los volúmenes utilizados.

La información suministrada en esta investigación experimental evidencia la actividad antibacterial de los aceites esenciales principalmente el aceite esencial de Eucalipto procedente del área peri-urbana del municipio de Ciudad Sandino, contra la cepa *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853.

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Hoja</b>
1 Dedicatoria .....	I
2 Agradecimientos .....	II
3 Opinión del tutor .....	III
4 Resumen .....	IV

### APARTADO I: GENERALIDADES

	<b>Página</b>
1.1 Introducción.....	1
1.2 Antecedentes.....	2
1.3 Justificación.....	4
1.4 Planteamiento del problema .....	5
1.5 Objetivos .....	6

### APARTADO II: MARCO TEÓRICO

2.1 La medicina natural.....	7
2.2 Los aceites esenciales.....	8
2.2.1 Clasificación de los aceites esenciales .....	9
2.2.2 Características físicas de los aceites esenciales .....	11
2.2.3 Características químicas de los aceites esenciales .....	11
2.2.4 Métodos de obtención .....	14
2.2.5 Usos de los aceites esenciales .....	14
2.3 Las tres especies de plantas medicinales en estudio.....	15
2.3.1 Zacate de limón (Cymbopogon Citratus DC. Stapf.) .....	15
2.3.2 Eucalipto (Eucalyptus ssp) .....	16
2.3.3 Clavo de olor (Syzygium aromaticum L.) .....	18
2.4 Extracción de aceites esenciales por arrastre con vapor .....	19
2.5 Método para evaluar la sensibilidad a antimicrobianos .....	20
2.6 Descripción del microorganismo en estudio (Pseudomonas aeruginosa) .....	21
2.7 Antibiótico utilizado como control positivo .....	22

### **APARTADO III: HIPÓTESIS**

3.	Hipótesis.....	23
----	----------------	----

### **APARTADO IV: MATERIALES Y MÉTODO**

4.	Diseño metodológico.....	24
4.1	Tipo de estudio	
4.2	Método de estudio	
4.3	Descripción del ambiente de estudio	
4.4	Universo	
4.5	Muestra	
4.6	Criterios de selección .....	25
4.7	Variables de estudio	
4.8	Operacionalización de variables	
4.9	Materiales y reactivos.....	26
4.10	Microorganismo utilizado.....	27
4.11	Materiales para procesar la información .....	27
4.12	Descripción del método.....	28
4.12.1	Primera fase de experimentación: Extracción de aceites esenciales .....	28
4.12.2	Segunda fase de experimentación: Pruebas de actividad antibacteriana .....	29

### **APARTADO V: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

5.	Análisis y discusión de resultados.....	31
----	---	----

### **APARTADO VI: CONCLUSIONES**

6.	Conclusiones.....	34
----	-------------------	----

### **APARTADO VII: RECOMENDACIONES**

7.	Recomendaciones.....	35
----	----------------------	----

## **APARTADO VIII: BIBLIOGRAFÍA Y GLOSARIO**

Bibliografía.....	36
Golsario.....	38

## **APARTADO IX: ANEXOS**

Estructuras químicas de terpenoides .....	i
Estructura química del citral, eucaliptol y eugenol .....	ii
Algunas enfermedades producidas por Pseudomonas aeruginosa.....	iv
Tabla de diámetro de inhibición de antimicrobianos según CLSI.....	vi
Proceso de extracción de aceites esenciales .....	vii
Imágenes del antibiograma realizado a los 4 tipos de aceites esenciales .....	xiii

# **APARTADO I**

## **Aspectos Generales**

## **1.1. INTRODUCCIÓN**

Los aceites esenciales son productos obtenidos del reino vegetal, en los que se hallan concentrados sabores y aromas característicos. Están constituidos por mezclas complejas de hidrocarburos, compuestos oxigenados y residuos no volátiles. Los aceites esenciales están contenidos en glándulas o vesículas secretoras inmersas en los tejidos de las hojas, flores, corteza y semillas de los frutos de muchas especies. En esta investigación se evaluaron los aceites esenciales de tres especies de plantas así como la combinación de ellos en igual proporción, entre los cuales tenemos: Zacate de limón (*Cymbopogon Citratus* DC. Stapf), Eucalipto (*Eucalyptus* ssp.) y Clavo de olor (*Syzygium aromaticum* L).

Dos de las tres especies de plantas utilizadas en la presente investigación experimental, son de uso común en la medicina tradicional nicaragüense a excepción del Clavo de olor (*Syzygium aromaticum* L). Cabe destacar que en Nicaragua existen especies de plantas que no son endémicas ya que desde hace 500 años existen plantas que se han agregado a nuestra flora nacional, por factores como: la colonización española, el comercio y el intercambio de plantas que desde la época precolombina hasta nuestros días se ha venido desarrollando.

Estas plantas producen aceite esenciales para muchos y diversos fines, en primer lugar protegen a la planta de plagas, enfermedades infecciosas e inclusive de la invasión de otras plantas. Estas cualidades de protección y atracción, se ven reflejadas en propiedades: antisépticas, antiinflamatorias, antidepresivas, afrodisíacas y otras, presentes en mayor o menor grado dependiendo de la composición de los aceites esenciales. Estos hallazgos hacen relevante el estudio de los aceites esenciales debido a la gran importancia que tienen para la industria farmacéutica.

La obtención de los aceites esenciales de las tres especies de plantas medicinales, se realiza por el método de arrastre con vapor, y se evalúa posteriormente la actividad antibacteriana sobre *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, por el método de Kirby-Bauer. Las infecciones producidas por este bacilo gramnegativo pueden estar limitadas a mucosas o bien diseminarse por todo el cuerpo. Estas infecciones se observan habitualmente en los sitios en los que tiende a acumularse humedad: quemaduras, heridas cutáneas exudativas, oído externo. También producen infecciones del tracto urinario, tracto respiratorio, fibrosis quística, infecciones oculares, endocarditis e infecciones óseas por diseminación hemática. Por otro lado, se asocian a infecciones del torrente sanguíneo asociada al empleo de dispositivos intravasculares como catéteres permanentes.

## 1.2. ANTECEDENTES

Los aceites esenciales, la fracción volátil extraída de hierbas y especias, también se reconocen como activos que contienen muchos compuestos antimicrobianos. Varios investigadores han evaluado la eficacia de los aceites esenciales en la inhibición de varias bacterias y hongos.

En Nicaragua no se encontró investigación alguna referente a la actividad antibacteriana de los aceites esenciales, sin embargo son prolíficos los estudios realizados en regiones como: Suramérica, India y Europa, en los cuales utilizan métodos sofisticados para evaluar la actividad antibacteriana de los aceites esenciales. Por lo tanto, en la presente investigación experimental, se tomaron como antecedentes los trabajos que guardan relación con el método utilizado, como se expone a continuación:

En el 2001, el Instituto de Investigación de Ciencias Biológicas Antonio Raimondi, Facultad de Ciencias Biológicas, de la Universidad Peruana Cayetano Heredia, los autores: Libertad Alzamora, Liliana Morales, Lourdes Armas y Gilma Fernández, realizaron una investigación cualitativa de la actividad antimicrobiana de los aceites esenciales de cinco plantas empleadas en Medicina Tradicional en el Perú: *Eucalyptus globulus* Labill, eucalipto; *Cymbopogon citratus*, (D.C.) Staff, hierba luisa.; *Tagetes pusilla* Lag., Anís serrano; *Senecio tephrosioides*, Turcz. "huamanripa" y *Lepechinia meyenii*, (Walp) Epling salvia. Los aceites esenciales obtenidos por destilación por arrastre de vapor, se enfrentaron a *Salmonella typhi*, *S. typhimurium*, *S. enteritidis*, *Vibrio cholerae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Shigella flexneri*, *Staphylococcus aureus* y *Candida albicans*. Los aceites esenciales obtenidos por destilación por arrastre de vapor, empleando discos de antibióticos como controles. Los aceites esenciales mostraron efecto variado sobre Gram positivos y Gram negativos. La cepa con la menor susceptibilidad fue *P. aeruginosa*, esta cepa es muy resistente a la mayoría de los aceites esenciales, debido a la hidrofiliadad de la superficie de su membrana celular.<sup>1</sup>

En el 2008 una publicación de la revista World Journal of Microbiology and Biotechnology donde S. Ravi Kiran y colaboradores, obtuvieron por hidrodestilación los aceites esenciales de hojas y tallos de *Chloroxylon swietenia* DC. (Buruta, planta nativa del sur de la India y Sri Lanka), fueron analizadas por cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas. Se evaluó la actividad antimicrobiana contra dos grampositivas (*Staphylococcus aureus* y *Bacillus subtilis*) y dos bacterias gram-negativas (*E. Coli* y *Pseudomonas aeruginosa*) y cuatro hongos patógenos (*Aspergillus niger*, *Fusarium oxysporum*, *Sclerotium rolfsii* y *Rhizoctonia solani*), utilizando la técnica de difusión en agar. Posteriormente, fue determinada la concentración inhibitoria mínima (CIM) de los aceites por el método de microdilución en caldo. Los aceites esenciales mostraron de moderada a fuerte actividad en contra de todos los organismos analizados. Los resultados obtenidos sugieren que los aceites esenciales de la planta poseen

---

<sup>1</sup> Alzamora Libertad, Morales Liliana, Armas Lourdes y Fernández Gilma. 2001. Medicina tradicional en el Perú: actividad antimicrobiana in vitro de los aceites esenciales extraídos de algunas plantas aromáticas. Revista Anales de la Facultad de Medicina. pp 156-161.

propiedades antimicrobianas y sirven como una fuente de ingredientes antimicrobianos para las industrias alimentaria y farmacéutica.<sup>2</sup>

La revista Central European Journal of Biology, en 2010, publicó una investigación acerca del efecto antibacterial de aceites esenciales de Limón (*Citrus lemon*), Enebro (*Juniperus communis*), Orégano (*Origanum majorana*) y Salvia romana (*Salvia sclarea*) y la interacción con proteínas hidrolizadas procedentes de animales y plantas (extracto de carne y peptona de soja) y sacarosa. Los aceites esenciales en estudio fueron extraídos por destilación al vapor de las hojas y frutos de las plantas, excepto el aceite esencial de limón, que fue prensado en frío de la cáscara de los frutos de limón. Se determinó el efecto que tienen los aceites esenciales sólo y en combinación, sobre 2 bacterias relacionadas con los alimentos (*Bacillus cereus* y *Escherichia coli*) utilizando la técnica de difusión. Las actividades antibacterianas más eficaces se obtuvieron con Orégano y aceite de Salvia, solo y en combinación. La alta concentración de extracto de carne protegió a las bacterias del efecto inhibidor del aceite de Orégano, mientras que la peptona de soja no tuvo tal efecto. Las interacciones entre el aceite de enebro y limón, orégano o el aceite de salvia romana revelaron efectos sinérgicos o aditivos, principalmente en el ensayo de dilución en agar, con excepción de *B. cereus*.<sup>3</sup>

En Julio del 2010, otra investigación llevada a cabo por K. Venkata Ratnam y colaboradores, de la Universidad de Hyderabad (India), estudiaron la composición química y la actividad antimicrobiana del aceite esencial de Cúrcuma *neilgherensis* (Azafrán de la India), contra *Bacillus*, *Micrococos*, *estafilococos aureus*, *E.coli*, *P. aeruginosa*, *K. pneumoniae*, *proteus vulgaris*, *C. albicans*, *C. tropicalis*. El aceite esencial se analizó por medio de cromatografía de gases con detector de ionización de llama y cromatografía de gas acoplado a un espectrómetro de masas. Se determinó que la actividad antimicrobiana de los aceites esenciales la cual es igual a los antibióticos comunes (ampicilina, kanamicina, tetraciclina y vancomicina). La especie *Curcuma neilgherensis* es una de las plantas medicinales que se utiliza para tratar enfermedades de la piel, infecciones de garganta, estornudos, y las vías respiratorias, incluyendo asma, en la medicina popular. Los hallazgos de esta investigación fueron útiles en el desarrollo de nuevas molécula de drogas y para la utilización sostenible y la gestión de los recursos silvestres de plantas medicinales.<sup>4</sup>

---

<sup>2</sup> S. Ravi Kiran, P. Sita Devi and K. Janardhan Reddy. (2008). Evaluation of in vitro antimicrobial activity of leaf and stem essential oils of *Chloroxylon swietenia* DC. Review of World Journal of Microbiology and Biotechnology. pp 1909-1914.

<sup>3</sup> Rentsenkhand Tserennadmid, Miklós Takó, László Galgóczy, Tamás Papp and Csaba Vágvölgyi, et al. (2010). Antibacterial effect of essential oils and interaction with food components. Central European Journal of Biology, 2010, Volume 5, Number 5, pp 641-648

<sup>4</sup> K. Venkata Ratnam, L. Md. Bhakshu and R. R. Venkata Raju. (2010). Chemical characterization and antimicrobial screening of flowers of *Curcuma neilgherensis* from Eastern Ghats of India. Review of Chemistry of Natural Compounds. pp 484-485.

### **1.3. JUSTIFICACIÓN**

En Nicaragua existen muchas especies de plantas utilizadas para el tratamiento de enfermedades producidas por microbios, a tales plantas se les conoce popularmente como depurativas de la sangre o plantas medicinales con actividad antimicrobiana. Esta aseveración ha sido transmitida por generaciones hasta nuestros días. Estas plantas han sido comercializadas en su estado bruto, ya sean en hojas, flores, raíz, corteza, ramas o ´bejucos` a los cuales una vez preparados se les atribuye propiedad medicinal contra las enfermedades microbianas.

La medicina moderna ha encaminado todos sus esfuerzos para dar solución y un tratamiento eficaz para la erradicación de las enfermedades infecciosas tanto las comunes como las emergentes. Un desafío importante en los tratamientos de las enfermedades producidas por gérmenes son las llamadas resistencias adquiridas por agentes bacterianos como *Pseudomonas aeruginosa* (Bacteria Gram-). Este agente microbiano, afectan principalmente a niños, ancianos, personas inmunocomprometidas y convalecientes. Aunque esta realidad es más acentuada en países como el nuestro, debido a diversos factores como geográficos, sanitarios, culturales y económicos.

Cabe enfatizar que muchas plantas como las aromáticas y las cítricas, proveen de principios activos muy eficaces en el tratamiento de enfermedades microbianas. A tales principios activos se les conoce popularmente como esencias. Se les llama así por su olor característico, su color, su presentación viscosa y su reconocible efecto antimicrobiano. Como es el caso de las tres especies de plantas que son el objeto de estudio en esta investigación.

Plantas popularmente conocidas como el Zacate de limón (*Cymbopogon citratus* DC. Stapf.), el Eucalipto (*Eucalyptus* spp), y uno menos conocido de nuestra herbolaria nacional, es el Clavo de olor (*Syzygium aromaticum* L.), se destacan por poseer aceites esenciales con actividad antimicrobiana. Sin embargo, cada planta se define con una actividad en particular para ciertos grupos de gérmenes, careciendo de actividad para otros, por tal razón se evalúa la actividad antibacteriana de aceites esenciales, solos y combinados.

La presente investigación pretende ampliar los estudios referentes a la actividad antibacteriana de los aceites esenciales, contra *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, y dar pautas para futuras investigaciones la misma y otros tipos de cepas bacterianas, lo que representa una base científica muy útil para el conocimiento de las Ciencias Farmacéuticas, Ciencias de la vida y para la sociedad en general.

#### **1.4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En la actualidad las enfermedades producidas por microbios sigue siendo uno de los problemas de salud más importantes a nivel mundial y esta situación se inclina a empeorar cuando los esfuerzos científicos en la búsqueda de nuevos fármacos antimicrobianos se ven frustrados por los siguientes factores:

- La terapia sostenida a altas concentraciones.
- Prolongados periodos de tratamiento.
- Elevada toxicidad de los fármacos antimicrobianos.
- Resistencia bacteriana a la terapia de elección.

En este contexto, es necesario encontrar estrategias alternativas o fuentes naturales eficaces contra cepas bacterianas que son actualmente difíciles de tratar. La búsqueda de nuevos antimicrobianos es una tarea incesante de muchos centros de investigación alrededor del mundo. Es necesario destacar que en los albores de la terapéutica farmacológica, las plantas eran la principal fuente de principios activos valiosísimos. Estas drogas naturales podrían representar un enfoque interesante para limitar la aparición y propagación de microorganismos, que originan problemas en la salud pública (*Pseudomonas aeruginosa*).

Los aceites esenciales de las tres especies de plantas, ofrecen una terapia alternativa ya que poseen compuestos con actividad antibacteriana. Cada planta tiene propiedades antibacterianas singulares y como se describe más adelante, la composición química de los aceites esenciales difiere entre cada especie de planta, así mismo su actividad antibacteriana en especial contra la cepa bacteriana *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853. En ese sentido la presente investigación se inclina encontrar el aceite esencial que inhiba el crecimiento bacteriano, al menos de la cepa antes mencionada.

Si bien es cierto que la cepa bacteriana en estudio, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, no es una cepa caracterizada como resistente y tampoco de origen nosocomial (aislada del ambiente hospitalario), es una bacteria gram-negativa con propiedades repelentes contra muchos agentes tóxicos que inciden sobre ella, incluyendo los aceites esenciales, por lo tanto, es importante no pasar por alto la patogenicidad que puede desarrollar.

Por lo antes expuesto, surge la pregunta en cuanto a:

¿Tienen actividad antibacteriana los aceites esenciales de Zacate de limón (*Cymbopogon Citratus* (DC.) Stapf.), Eucalipto (*Eucalyptus* ssp.) y Clavo de olor (*Syzygium aromaticum* L.), solos y en combinación, contra la cepa *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853?

## **1.5. OBJETIVOS**

### **Objetivo General:**

Evaluar la actividad antibacteriana de los aceites esenciales de las especies de plantas: Zacate de limón (*Cymbopogon Citratus* (DC.) Stapf.), Eucalipto (*Eucalyptus* ssp) y Clavo de olor (*Syzygium aromaticum* L.), solos y en combinación, contra *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853.

### **Objetivos Específicos:**

1. Calificar cuál de los aceites esenciales de las tres especies de plantas medicinales en estudio, posee actividad antibacteriana contra *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853.
2. Determinar si la combinación a igual proporción de los aceites esenciales de las tres especies de plantas medicinales en estudio, posee actividad antibacteriana contra *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853.

# **APARTADO II**

## **Marco Teórico**

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. La Medicina Natural**

Los productos naturales fueron alguna vez la fuente de todos los fármacos y la purificación de las sustancias medicinales a partir de las plantas llegó a ser la preocupación principal de la química medicinal durante el siglo XIX. En años recientes el progreso en los métodos analíticos y de preparación estimuló un resurgimiento del interés en este campo. Los productos naturales y sus derivados representan todavía casi la mitad de todos los fármacos de uso clínico; los antibióticos constituyen la mayor parte de ellos.<sup>5</sup>

En el siglo I D.C el médico y botánico griego Dioscórides escribió una obra que comprendía todos los remedios que ofrece la naturaleza, con especial énfasis en las plantas medicinales (se describen unas 600). Sus discípulos la fueron ampliando después hasta alcanzar seis volúmenes. Esta extraordinaria obra conocida como *Materia Médica* de Dioscórides o simplemente 'El Dioscórides' fue el libro de texto básico para todos los médicos occidentales durante más de 1700 años.

En la civilización occidental, la influencia ejercida por Hipócrates, en la utilización de compuestos metálicos y por galeno (131-200 D.C), al considerar los productos de origen vegetal como elementos esenciales en la recuperación de la salud, fue muy grande.

Con el progreso de la química y el surgimiento de la farmacología, a partir del siglo XVII, los médicos fueron sustituyendo poco a poco sus recetas a base de plantas, basadas en 'El Dioscórides', por prescripciones a base de productos químicos extraídos de plantas.

En los últimos años se ha redescubierto el valor de los remedios naturales, y la medicina vuelve a hacer un uso cada vez mayor de las plantas curativas. Se ha podido comprobar que, aunque su efecto puede parecer más lento, los resultados son mejores a largo plazo, especialmente en enfermedades crónicas.<sup>6</sup>

Nuestro país Nicaragua, goza de una rica herbolaria debido a la diversidad biológica que hay en sus selvas, bosques y como lo llaman los curanderos en el 'monte'. Esto es el fruto de una mezcla de creencias, cultura y ritos, heredados de los primeros habitantes, nuestros indígenas.

Una característica muy relevante de nuestra vieja terapéutica indígena fue la especificidad. Para cada enfermedad aplicaron su correspondiente medicamento, tanto los de origen vegetal, que constituyen la inmensa mayoría, como los de origen animal o mineral. Esto es valedero aun para la medicina popular de nuestros campesinos.

Hoy, es más evidente que nunca como se ha generalizado el uso de plantas medicinales, no solamente por el fenómeno de la pobreza sino por la fuente de divulgación que existe y los

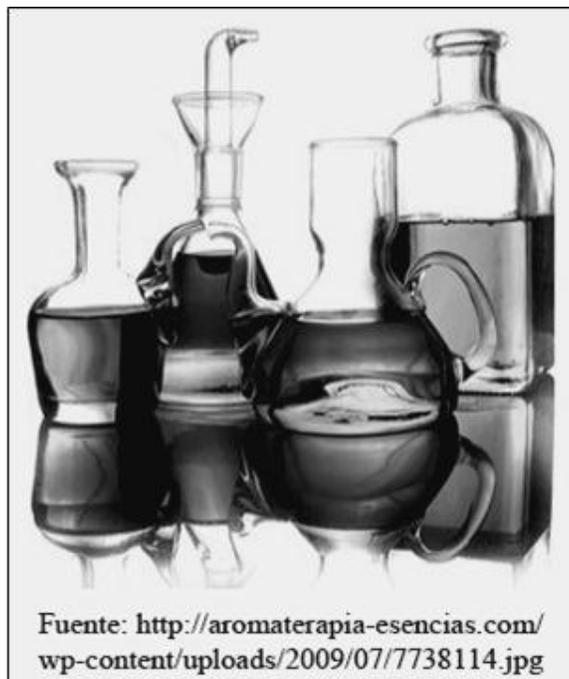
---

<sup>5</sup> Avram Goldstein, Lewis Aronow, Sumner M. Kalman. 1978. Farmacología. México. p 872.

<sup>6</sup> Pamplona Roger Jorge D. 2002. Enciclopedia de las Plantas medicinales. España. Tomo I. p 110í 112.

miles de testimonios que a diario atestiguan el poder curativo de las plantas. El rescate de miles y miles de recetas populares que dormían en la memoria portentosa de chamanes, curadores, hierberos y parteras afloran poco a poco cual tormenta incontenible de sabiduría, llegando y resolviendo problemas de salud en los hogares nicaragüenses.<sup>7</sup>

## 2.2. Los Aceites Esenciales<sup>8</sup>



Los aceites esenciales son compuestos formados por varias sustancias orgánicas volátiles, que pueden ser alcoholes, acetonas, cetonas, éteres, aldehídos, y que se producen y almacenan en los canales secretores de las plantas.

Normalmente son líquidos a temperatura ambiente, y por su volatilidad, son extraíbles por destilación en corriente de vapor de agua, aunque existen otros métodos. En general son los responsables del olor de las plantas.

Se definen, según **AFNOR** como: *Productos obtenidos a partir de una materia prima vegetal, bien por arrastre con vapor, bien por procedimientos mecánicos a partir del epicarpio de los Citrus, o bien por destilación seca. El aceite esencial se separa posteriormente de la fase acuosa por procedimientos físicos en los dos primeros modos de obtención; puede sufrir tratamientos físicos que no originen cambios significativos en su composición [por ejemplo, redestilación, aireación] .*

---

<sup>7</sup> Chang Vargas Giselle. y otros. 2004. Nuestra Medicina Tradicional. Serie culturales populares Centroamericanas libro No. 6. pp 79í 185í 190.

<sup>8</sup> Universidad Politécnica de Madrid. Uso Industrial de Plantas Aromáticas y Medicinales Tema 7: Aceites esenciales. Madrid. Opencourseware. (s.f.). p 66-73

Esta definición establece claramente las diferencias que existen entre los aceites esenciales officinales (que se usa en medicina) y otras sustancias aromáticas empleadas en farmacia y perfumería conocidas vulgarmente como esencias.

Están ampliamente distribuidos en coníferas (pino, abeto), mirtáceas (eucaliptus), rutáceas (*Citrus* spp), compuestas (manzanilla), si bien las plantas con aceites esenciales se ubican principalmente en las familias de las Labiadas (menta, lavanda, tomillo, espliego, romero) y las umbelíferas (anís, hinojo).

Pueden estar en diferentes órganos: raíz, rizoma (jengibre), leño (alcanfor), hoja (eucaliptus), fruto (anís), sumidades floridas (F. Labiatae). La composición varía con el lugar de origen. También varía con el hábitat en que se desarrolle, (por lo general climas cálidos tienen mayor contenido de aceites esenciales), el momento de la recolección, el método de extracción, etc. Entre las principales propiedades terapéuticas debidas a la presencia de aceites esenciales, cabe destacar la antiséptica (durante muchísimos años estas especies vegetales se han empleado como especias, no solo para dar sabor sino también para conservar los alimentos); antiespasmódica; expectorante; carminativa y eupéptica; etc.

Se debe tener en cuenta que algunos aceites esenciales, sobre todo a dosis elevadas, son tóxicos, principalmente a nivel del sistema nervioso central. Otros, como el de ruda o enebro, se considera que poseen propiedades abortivas. Algunos también pueden ocasionar problemas tópicos, irritación o alergias. Además de sus propiedades terapéuticas, los aceites esenciales tienen un gran interés industrial en la industria farmacéutica, en alimentación y sobre todo en perfumería.

### **2.2.1. Clasificación de los aceites esenciales:**

Los aceites esenciales se pueden clasificar en base a diferentes criterios: consistencia, origen y naturaleza química de los componentes mayoritarios.

#### **a. Consistencia**

De acuerdo con su consistencia los aceites esenciales se clasifican en: Esencias, Bálsamos y Resinas

Las **esencias** fluidas son líquidos volátiles a temperatura ambiente.

Los **bálsamos** son extractos naturales obtenidos de un arbusto o un árbol. Se caracterizan por tener un alto contenido de ácido benzoico y cinámico, así como sus correspondientes ésteres. Son de consistencia más espesa, son poco volátiles y propensos a sufrir reacciones de polimerización, son ejemplos el bálsamo de copaiba, el bálsamo del Perú, Benjuí, bálsamo de Tolú, Estoraque, etc.

Dentro del grupo de las **resinas** podemos encontrar a su vez una serie de posibles combinaciones o mezclas:

1. **Resinas**, son productos amorfos sólidos o semisólidos de naturaleza química compleja. Pueden ser de origen fisiológico o fisiopatológico. Por ejemplo, la colofonia, obtenida por separación de la oleoresina trementina.
2. **Oleoresinas**, son mezclas homogéneas de resinas y aceites esenciales. Por ejemplo, la trementina, obtenida por incisión en los troncos de diversas especies de *Pinus*. Contiene resina (colofonia) y aceite esencial (esencia de trementina) que se separa por destilación por arrastre de vapor. También se utiliza el término oleoresina para nombrar los extractos vegetales obtenidos mediante el uso de solventes, los cuales deben estar virtualmente libres de dichos solventes.

Se utilizan extensamente para la sustitución de especias de uso alimenticio y farmacéutico por sus ventajas (estabilidad y uniformidad química y microbiológica, facilidad de incorporar al producto terminado). Éstos tienen el aroma de las plantas en forma concentrada y son líquidos muy viscosos o sustancias semisólidas (oleoresina de pimentón, pimienta negra, clavo, etc.).

3. **Gomoresinas**, son extractos naturales obtenidos de un árbol o planta. Están compuestos por mezclas de gomas y resinas.

**b. Origen.** De acuerdo a su origen los aceites esenciales se clasifican como:

- ✓ Naturales
- ✓ Artificiales
- ✓ Sintéticos

Los **naturales** se obtienen directamente de la planta y no sufren modificaciones físicas ni químicas posteriores, debido a su rendimiento tan bajo son muy costosas.

Los **artificiales** se obtienen a través de procesos de enriquecimiento de la misma esencia con uno o varios de sus componentes, por ejemplo, la mezcla de esencias de rosa, geranio y jazmín, enriquecida con linalol, o la esencia de anís enriquecida con anetol.

Los aceites esenciales **sintéticos** como su nombre lo indica son los producidos por la combinación de sus componentes los cuales son la mayoría de las veces producidos por procesos de síntesis química. Estos son más económicos y por lo tanto son mucho más utilizados como aromatizantes y saborizantes (esencias de vainilla, limón, fresa, etc.).

### **c. Naturaleza química**

El contenido total en aceites esenciales de una planta es en general bajo (inferior al 1%) que mediante extracción se obtiene en una forma muy concentrada que se emplea en los diversos usos industriales. La mayoría de ellos, son mezclas muy complejas de sustancias químicas. La proporción de estas sustancias varía de un aceite a otro, y también durante las estaciones, a lo largo del día, bajo las condiciones de cultivo y genéticamente.

El término quimiotipo alude a la variación en la composición del aceite esencial, incluso dentro de la misma especie. Un quimiotipo es una entidad químicamente distinta, que se diferencia en los metabolitos secundarios. Existen pequeñas variaciones (ambientales, geográficas, genéticas, etc.) que producen poco o ningún efecto a nivel morfológico que sin embargo producen grandes cambios a nivel de fenotipo químico. Un caso típico es el del tomillo, *Thymus vulgaris*, que tiene 6 quimiotipos distintos según cuál sea el componente mayoritario de su esencia (timol, carvacrol, linalol, geraniol, tujanol ó 4 o terpineol. Cuando esto ocurre, se nombra la planta con el nombre de la especie seguido del componente más característico del quimiotipo, por ejemplo, *Thymus vulgaris* linalol ó *Thymus vulgaris* timol.

### **2.2.2. Características físicas de los aceites esenciales**

Los aceites esenciales son volátiles y son líquidos a temperatura ambiente. Recién destilados son incoloros o ligeramente amarillos. Su densidad es inferior a la del agua (la esencia de sazafrán o de clavo constituyen excepciones). Casi siempre dotados de poder rotatorio, tienen un índice de refracción elevado. Son solubles en alcoholes y en disolventes orgánicos habituales, como éter o cloroformo, y alcohol de alta gradación. Son liposolubles y muy poco solubles en agua, pero son arrastrables por el vapor de agua.

### **2.2.3. Características químicas de los aceites esenciales**

Los componentes de los aceites se clasifican en terpenoides y no terpenoides.

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

#### **ii. Terpenoides.**

Los terpenos son una clase de sustancia química que se halla en los aceites esenciales, resinas y otras sustancias aromáticas de muchas plantas, como los pinos y muchos cítricos. Principalmente encontramos en los aceites monoterpenos (C10), aunque también son comunes los sesquiterpenos (C15) y los diterpenos (C20). Pueden ser alifáticos, cíclicos o aromáticos. (Ver anexo Figura 1).

Según los grupos funcionales que tengan pueden ser:

ÉAlcoholes (mentol, bisabolol) y fenoles (timol, carvacrol)

ÉAldehídos (geranial, citral) y cetonas (alcanfor, thuyona)

É Ésteres (acetato de bornilo, acetato de linalilo, salicilato de metilo, compuesto antiinflamatorio parecido a la aspirina).

ÉÉteres (1,8 ó cineol) y peróxidos (ascaridol)

ÉHidrocarburos (limoneno, y pineno).

### **iii. Hidrocarburos Monoterpénicos**

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

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

### **iv. Alcoholes**

Los alcoholes llevan el grupo hidroxilo (- OH) unido al esqueleto C10. Se denominan terminados en (- ol). Son muy apreciados por su aroma. Por ejemplo, el linalol, que tiene dos formas, el R-linalol se encuentra en la rosa y la lavanda y es el componente mayoritario de la *Mentha arvensis*. La forma S-linalol en el aceite de lavanda con un contenido > 5% indica adulteración. El linalol le da el sabor a las hojas de té, el tomillo y el cardamomo. Otro compuesto de este grupo, el mentol, es uno de los responsables del sabor y el olor de la menta, cuya esencia puede tener hasta un 50% de este componente. También el geraniol, del geranio de olor (*Pelargonium* spp), el citronelol de la rosa (*Rosa gallica*), el borneol del romero, y el santalol del sándalo (*Santalum album*, F. Santalaceae).

### **v. Aldehídos**

Los aldehídos son compuestos muy reactivos. Se nombran acabados en (ó al). Muchos de ellos, por ejemplo los encontrados en los cítricos, se corresponden con su respectivo alcohol, por ejemplo, geraniol ó geranial o citronelol ó citronelal. Son abundantes en los cítricos, responsables del olor característico, principalmente los isómeros geranial (ó citral) y neral (ó citral) juntos conocidos como citral. Este compuesto, además de su aroma característico, tiene propiedades antivirales, antimicrobianas y sedantes. Otro grupo importante son los aldehídos aromáticos, como el benzaldehído, componente principal del aceite de almendras amargas y responsable de su aroma característico.

### **vi. Fenoles**

Sólo se encuentran en unas pocas especies pero son muy potentes e irritantes. Los más importantes son el timol y el carvacrol, que se encuentran en los tomillos (g. *Thymus*) y oréganos (g. *Origanum*), ambos de la familia Labiatae. Otro fenol muy importante es el eugenol, que se encuentra en muchas especies, por ejemplo en la esencia de clavo. Es un potente bactericida, así como anestésico, y se emplea en odontología.

### **vii. Éteres fenólicos**

Son los componentes principales de especias como el apio y el perejil (apiol), anís (anetol), albahaca (metilchavicol) y estragón (estragol). El safrol es un componente muy empleado en perfumería que se encuentra en la corteza del árbol del sasafrás (*Sassafras albidum*, F. Lauraceae)

### **viii. Cetonas**

Se producen por la oxidación de alcoholes y son moléculas bastante estables. Terminan en óna. La carvona está presente en la *Mentha spicata*. La tuyona (aislada por primera vez en la Tuya, *Thuja occidentalis*, F. Cupressaceae) y pulegona son bastante tóxicas y nunca deben usarse en el embarazo. La tuyona se encuentra en plantas como el género *Artemisia* (*Artemisia absinthium*, con la cual se hace el vermouth y la absenta), y en la salvia (*S. officinalis*). La pulegona se aisló por primera vez en el poleo (*Mentha pulegium*).

### **ix. Éteres**

Un ejemplo de éter u óxido monoterpénico es el óxido de bisabolol presente en la manzanilla (*Matricaria chamomilla*). Otro muy común es el 1,8 ó cineol (también llamado eucaliptol), que es el componente principal del aceite de eucalipto. Es expectorante y mucolítico y el componente principal de medicamentos para la tos. El aceite de eucalipto varía en aroma según el contenido en 1,8 ó cineol. El aceite rico en este componente (*Eucalyptus globulus*, F. Myrtaceae) se emplea más para uso medicinal, mientras que el de contenido más bajo (por ejemplo *E. radiata*) se emplea para aromaterapia.

### **x. Ésteres**

La mayoría de los ésteres se forman por reacción de un alcohol terpénico con ácido acético. Su aroma caracteriza a los aceites en los que se encuentran. Por ejemplo, el aceite de lavanda contiene linalol y su éster, acetato de linalilo. La abundancia relativa de estos dos compuestos es un indicador de buena calidad. El salicilato de metilo, derivado del ácido salicílico y metanol, es un compuesto antiinflamatorio parecido a la aspirina que se encuentra en un tipo de brezo (*Gaultheria procumbens*, F. Ericaceae), y se emplea tópicamente en linimentos.

#### **2.2.4. Métodos de obtención**

**i-Destilación por arrastre de vapor:** Las plantas se colocan sobre un fondo perforado o criba ubicado a cierta distancia del fondo de un tanque llamado alambique. La parte más baja de esta contiene agua hasta una altura algo menor que el nivel de la criba. El calentamiento se produce con vapor saturado que se provee de una fuente de calor que compone el equipo, fluye mojado y a presión baja, penetrando a través del material vegetal. Los componentes se volatilizan, y condensan en un refrigerante, siendo recogidos en un vaso florentino, donde se separa el agua del aceite por diferencia de densidad.

**ii-Expresión del pericarpio:** Una bandeja con pinchos, en cuya parte inferior hay un canal para recoger el aceite esencial. Se emplea para cítricos sobre todo.

**iii-Disolución en grasa (enfleurage):** Los aceites son solubles en grasas y alcoholes de alto %. Sobre una capa de vidrio se coloca una fina película de grasa y sobre ella los pétalos de flores extendidas. La esencia pasa a la grasa, así hasta saturación de la grasa. Posteriormente con alcohol de 70°, se extrae el aceite esencial. Se emplea para flores con bajo contenido en esencias pero muy preciadas (azahar, rosa, violeta, jazmín).

**iv-Extracción con disolventes orgánicos:** que penetran en la materia vegetal y disuelven las sustancias, que son evaporadas y concentradas a baja temperatura. Después, se elimina el disolvente, obteniendo la fracción deseada.

Este disolvente ideal no existe, y los más empleados son el éter de petróleo, con punto de ebullición de 30 a 70 °C, que se evapora fácilmente y es inflamable, benceno, que disuelve también ceras y pigmentos, y alcohol, que es soluble en agua. Se emplea cuando hay componentes de peso molecular elevado que no son lo suficientemente volátiles.

**v-Extracción con gases en condiciones supercríticas:** Se emplean gases, principalmente CO<sub>2</sub>, a presión y temperatura superiores a su punto crítico. En esas condiciones se obtienen buenos rendimientos y se evitan alteraciones de los componentes de la esencia. La infraestructura necesaria es cara, pero tiene sus ventajas, como la fácil y rápida eliminación del gas extractor por descompresión, la ausencia de residuos de disolventes y que los gases no resultan caros.

#### **2.2.5. Usos de los aceites esenciales**

**i. Industria Alimentaria:** Se emplean para condimentar carnes preparadas, embutidos, sopas, helados, queso, etc. Los aceites más empleados por esta industria son el Cilantro, Naranja y Menta, entre otros. También son utilizados en la preparación de bebidas alcohólicas y no alcohólicas, especialmente refrescos. Con respecto a esta utilidad podemos citar las esencias extraídas del naranjo, limón, mentas e hinojo, entre otros. Estas esencias también se emplean en la producción de caramelos, chocolates y otras golosinas.

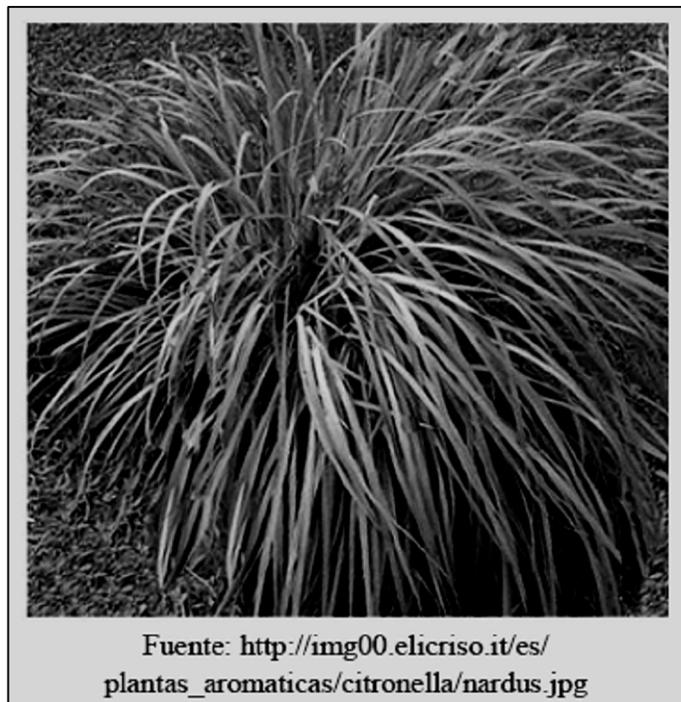
**ii. Industria Farmacéutica:** Se usan en cremas dentales (aceite de menta e hinojo), analgésicos e inhalantes para descongestionar las vías respiratorias (eucalipto). El eucaliptol es muy empleado en odontología. Son utilizados en la fabricación de neutralizantes de sabor desagradable de muchos medicamentos (naranjas y menta, entre otros).

**iii. Industria de Cosméticos:** Esta industria emplea los aceites esenciales en la producción de cosméticos, jabones, colonias, perfumes y maquillaje. En este campo se pueden citar los aceites de geranio, lavanda, rosas y pachouli.

### 2.3. Las tres especies de plantas medicinales en estudio:

#### 2.3.1. Nombre común: Zacate de limón.

- ✓ **Reino:** Plantae
- ✓ **División:** Magnoliophyta
- ✓ **Clase:** Liliopsida
- ✓ **Subclase:** Commelinidae
- ✓ **Orden:** Poales
- ✓ **Familia:** Poaceae  
(Graminaceae)
- ✓ **Subfamilia:** Panicoideae
- ✓ **Tribu:** Andropogoneae
- ✓ **Género:** Cymbopogon
- ✓ **Especie:** C. citratus
- ✓ **Nombre binomial:**  
Cymbopogon citratus  
(DC.) Stapf.
- ✓ **Fuente de esta información taxonómica:**  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Cymbopogon\\_citratus](http://es.wikipedia.org/wiki/Cymbopogon_citratus)



#### El zacate de limón<sup>9</sup>:

Es originario de la India. Su cultivo es de gran importancia medicinal en todo el continente Americano, al igual que se caracteriza por su aceptable adaptabilidad a las zonas tropicales y sub-tropicales. En varios países es de gran provecho su aceite esencial, principalmente en la fabricación de perfumes artificiales y dentífricos, al igual que se emplea en la formulación de jabones de tocador. La gente lo cultiva tradicionalmente en los patios o jardines, con el objetivo de tener a su alcance esta fuente medicinal.

---

<sup>9</sup> Saavedra A. A. Hoogerheide Marian J. 1989. Plantas medicinales más frecuentes en la región V. Nicaragua. p 156.

**Química y Farmacología<sup>10</sup>:** Cymbopogon citratus contiene un aceite esencial cuyos componentes principales son: -oxobisaboleno, borneol, (+)- -cadineno, ácido caféico, canfeno, car-3-eno, cineol, citral, citronelal, acetato de citronelal, ácido-p-cumárico, cimbopogenol, cimbopogona, cimbopogonol, farnesol, fencona, geranial, geraniol, acetato de geraniol, hexacosan-1-ol, humeleno, limoneno, linaool, mentona, mirceno, nerol, acetato de nerol, ocimeno, iso-orientina, - y -pineno, terpinel, y terpinoleno. Además se encuentran flavonoides tales como: luteolina, luteolina-7-O- -D-glucósido y -sitosterol.

### 2.3.2. Nombre común: Eucalipto<sup>11</sup>

- ✓ **Reino:** Plantae
- ✓ **División:** Magnoliophyta
- ✓ **Clase:** Magnoliopsida
- ✓ **Subclase:** Rosidae
- ✓ **Orden:** Myrtales
- ✓ **Familia:** Myrtaceae
- ✓ **Subfamilia:** Myrtoideae
- ✓ **Tribu:** Eucalypteae
- ✓ **Género:** Eucalyptus
- ✓ **Nombre científico:**  
Eucalyptus spp.
- ✓ **Fuente de esta información taxonómica:**  
<http://es.wikipedia.org/wiki/Eucalyptus>



### Origen y Características Botánicas

Es natural de Australia y de Tasmania, donde se puede encontrar más de 300 especies del género Eucalyptus. Por la rapidéz de crecimiento, se puede encontrar cultivado en muchas regiones del mundo para la producción de madera, fabricación de pulpa de papel y obtención de aceite esencial. Ha sido especialmente utilizado para sanear zonas pantanosas al eliminar la humedad de las mismas con la consiguiente erradicación de sus plagas de insectos, principalmente mosquitos, y de las enfermedades que transmiten. Su uso ha supuesto una gran ayuda para el control de paludismo en muchas zonas de Asia, América del sur y el sur del Europa.

---

<sup>10</sup> Mahabir P. Gupta. 1995. 270 plantas medicinales iberoamericanas. Colombia. p 309.

<sup>11</sup> FCNMPT (Fundación Centro Nacional de la Medicina Popular Tradicional). 2002. La salud en sus manos, manual sobre el uso de plantas medicinales. Nicaragua. p 171.

Por otra parte, esta capacidad de absorción de agua, convierte a los Eucaliptos en especies muy agresivos para el medio ambiente al transformar ecosistemas por desecación de la tierra donde se plantan. Se utiliza ampliamente como árbol de jardín.

### **Usos medicinales**

Usos significativos encontrados en la Investigación Etnobotánica Nicaragüense: 452 personas reportaron el Eucalipto; 258 (57%) dicen que lo ocupan para la tos; en menor porcentaje es utilizado para la fiebre, y otras enfermedades respiratorias (catarro, gripe, asma, bronquitis y resfrío).

### **Composición química y toxicología**

La hoja contiene aceite esencial en una concentración entre 1,5 - 3,5% en caso de Eucalyptus globulos y alrededor de 0.5% en caso de Eucalyptus camaldulensis. El *E. camaldulensis* puede tener en Nicaragua concentraciones hasta 1.2%. Su constituyente principal es el eucaliptol (1,8 - Cineol), con una proporción de 70 - 95%. Se encuentran también otros monoterpenos (a-pineno, para-cimeno, etc.) y pequeñas cantidades de sesquiterpenos (aromadendreno, globulol, etc.). La droga contiene abundante cantidad de taninos, alrededor del 2 - 4% de triterpenos (derivados del ácido ursólico) y flavonoides.

**Propiedades farmacológicas:** El cineol (eucaliptol), es un aceite blanco, olor alcanforado, monoterpeno neutro, es irritante, expectorante, antiséptico y antibiótico contra *Bacillus Subtilis*, *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*.

### 2.3.3. Nombre común: Clavo de olor<sup>12</sup>

- ✓ **Reino:** Plantae
- ✓ **División:** Magnoliophyta
- ✓ **Clase:** Magnoliopsida
- ✓ **Subclase:** Rosidae
- ✓ **Orden:** Myrtales
- ✓ **Familia:** Myrtaceae
- ✓ **Subfamilia:** Myrtoideae
- ✓ **Tribu:** Syzygieae
- ✓ **Género:** Syzygium
- ✓ **Especie:** *S. aromaticum*
- ✓ **Nombre científico:**  
*Syzygium aromaticum* L.
- ✓ **Fuente de esta información taxonómica:**  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Syzygium\\_aromaticum](http://es.wikipedia.org/wiki/Syzygium_aromaticum)



### Descripción

El clavero es un árbol grande (12-15 m) de hoja perenne, cariácea y borde entero, con flores tetrámeras blanco amarillentas agrupadas en pequeñas cimas compactas. Es originario de las Islas Molucas y se cultiva tradicionalmente en diversas zonas de tropicales como las islas Zanzíbar, Madagascar, Sumatra y en superficies creciente de Indonesia donde la producción se consume localmente. Los botones florales se recolectan manualmente cuando adquieren color rojo. Separados los pedúnculos se desechan y toman un color pardo-rojizo. La droga debe protegerse de la luz y conservarse en ambiente fresco y seco para evitar la alteración del aceite esencial. La droga tiene una morfología característica en forma de clavo, olor aromático y sabor picante.

### Composición química

Contiene abundante aceite esencial (15-20% v/p) más denso que el agua, compuesto fundamentalmente por un fenilpropanoide, el eugenol (70-85%). Otros componentes son acetato de eugenilo y -cariofileno. La droga contiene además flavonoides, bioflorina e isobioflorina), ácidos fenólicos (gálico, protocatéquico) y abundantes taninos (10-13%), entre los que se destaca el elagitanino, eugeniina. Contiene también pequeñas cantidades de esteroides: sitosterol, estigmasterol y campesterol.

<sup>12</sup> Bravo D. Luis. 2003. Farmacognosia. España. pp 103-104.

## **Actividad farmacológica y empleo**

El clavo muestra actividad antiséptica, antibacteriana, antifúngica, antiviral, antiespasmódica y anestésica local. El aceite esencial ha mostrado actividad antibacteriana sobre Gram (+) y Gram (-), que se ha atribuido a la estructura fenólica del eugenol. Este compuesto es capaz de inhibir el crecimiento de levaduras como *Candida albicans* y hongos filamentosos. Además el eugenol tiene propiedades anestésicas locales (inhibe la conducción nerviosa) y es antiinflamatorio (inhibe la síntesis de prostaglandinas y la quimiotaxis de leucocitos). Por otro lado el extracto metanólico ha sido efectivo frente a patógenos anaerobios orales Gram (-), siendo los principales responsables de esta acción los flavonoles kamferol y miricetina. El extracto acuoso es un potente inhibidor de *Helicobacter pylori* y recientes investigaciones apuntan hacia una acción antialérgica a nivel cutáneo por inhibición de la liberación de histamina.

El eugenol es un potente inhibidor de la actividad plaquetaria, por ello debe evitarse su utilización por vía interna en personas que reciben terapia anticoagulante y aspirina. El aceite esencial del clavo es un carminativo que ha sido empleado en cólicos con flatulencia. También se emplea por vía tópica en preparaciones destinadas a aliviar dolores reumáticos. En la industria el eugenol se obtiene de la esencia para la síntesis de la vainilla.

Los aceites esenciales de cada una de las tres especies de plantas: Zacate de limón, Eucalipto y Clavo de olor poseen principios activos característicos. (Ver anexo Esquema 1).

### **2.4. Extracción de aceites esenciales por arrastre con vapor<sup>13</sup>**

Para la extracción de aceites esenciales se utiliza el método de arrastre con vapor. Los aceites esenciales poseen comúnmente puntos de ebullición altos y son insolubles en agua, sin embargo, se pueden separar de su fuente natural usando el punto de ebullición del agua. Desde el punto de vista fisicoquímico, este hecho se puede explicar así: cuando coexisten dos líquidos en un recipiente abierto a la atmósfera, ambos contribuyen a la presión parcial sobre la superficie de los dos líquidos. Al aumentar la temperatura, la presión de vapor sobre la superficie del líquido aumentará, debido a que se incrementa el número de moléculas que pasan a la fase de vapor.

La consecuencia de este fenómeno para la química orgánica práctica es que un componente de punto de ebullición elevado, con una presión de vapor relativamente pequeña, se puede obtener por co-destilación (o arrastre) con un líquido en el cual sea inmiscible. Para ello típicamente se usa el agua como fuente de vapor. Así los materiales de punto de ebullición alto pueden aislarse y purificarse combinándolos en un proceso de destilación con algún líquido de punto de ebullición inferior, por ejemplo, el agua.

---

<sup>13</sup> Ocampo Rogelio, Ríos Luz Amalia y Beta Luz Adriana. 2008. Curso práctico de química orgánica. Enfocado a biología y alimentos. Colombia. pp 40-41.

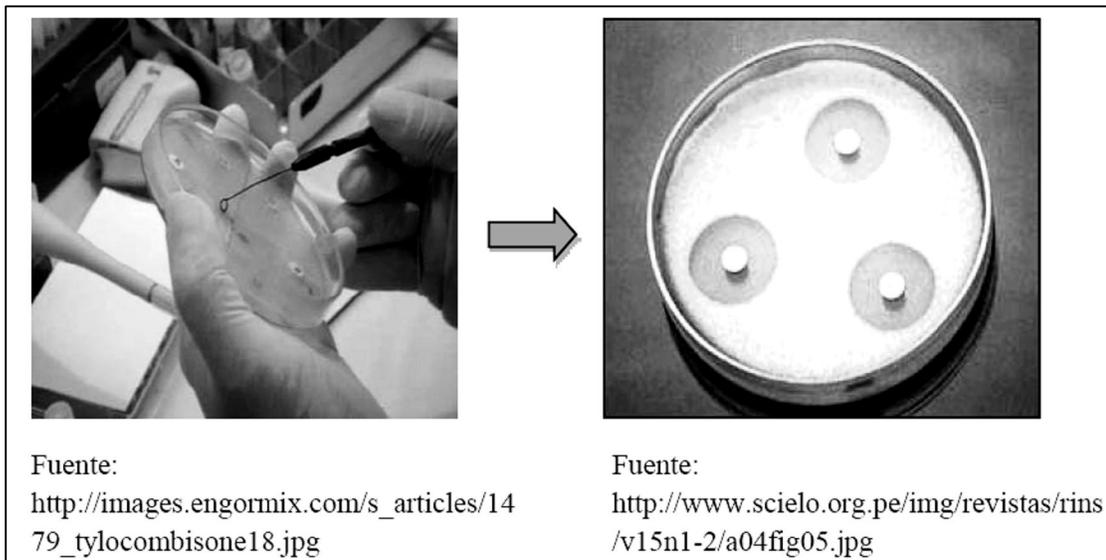
## 2.5. Método para evaluar la sensibilidad a antimicrobianos<sup>14</sup>

### El método de Kirby ó Bauer de discos de difusión

Es una prueba altamente estandarizada aprobada por la Food and Drug Administration de Norteamérica para determinación de sensibilidad o resistencia de las bacterias a un agente antimicrobiano.

1. El medio estándar es el agar de Mueller-Hinton, con o sin sangre de oveja vertido hasta una profundidad de 4 mm en una caja de Petri.
2. La placa es inoculada rayando la superficie entera en tres planos con un hisopo de algodón estéril introducido previamente en un inóculo estandarizado. El inóculo bacteriano se prepara a partir de un cultivo en caldo de 18 horas del microorganismo que se pretende probar y se estandariza con solución salina fisiológica estéril (es decir, cloruro de sodio al 0.85%) para contener  $10^5$  bacterias por mL.
3. Sobre la superficie del agar se colocan discos de papel estándar que contiene cantidades conocidas de los agentes antimicrobianos a probar. La placa se incuba en posición invertida a  $35^{\circ}$  C durante 18 horas.
4. Para cada disco se mide el diámetro de la zona de inhibición producida por el fármaco. El aislado bacteriano se designa como sensible, moderadamente sensible o resistente, a través de comparaciones entre el diámetro de la zona estándar suministrado por el fabricante de cada disco.

Los diámetros de zona que designan susceptibilidad o resistencia se determinan por análisis de regresión lineal del diámetro de la zona contra la concentración inhibitoria mínima de miles de aislamientos bacterianos para cada fármaco. Estos datos son acumulados por el fabricante del agente antimicrobiano antes de su aprobación para uso clínico.



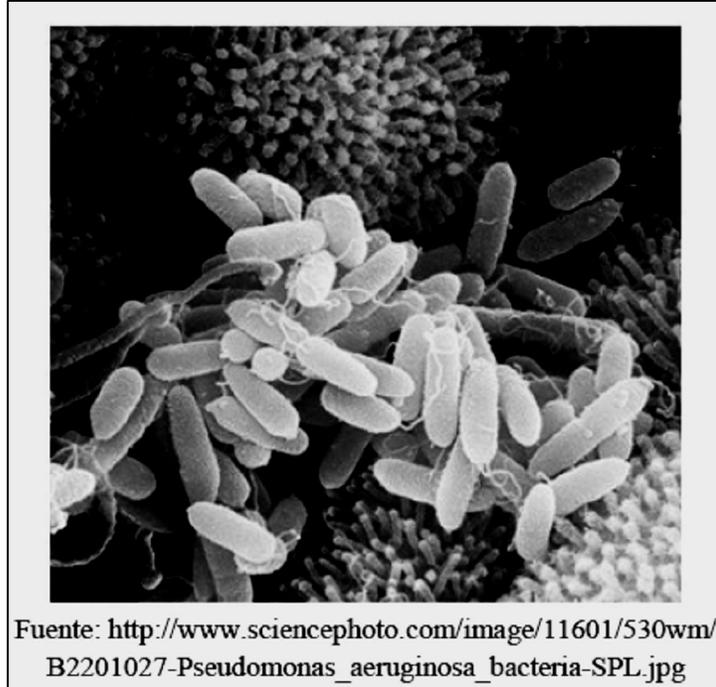
<sup>14</sup> Kingsbury David T, Wagner GERAL E, & Segal Gary P. 1989. Microbiología médica. México. p 78.

## 2.6. Descripción del microorganismo en estudio

### *Pseudomonas aeruginosa*<sup>15</sup> (Bacilo Gramnegativo)

#### Clasificación científica

- ✓ **Reino:** Bacteria
- ✓ **Filo:** Proteobacteria
- ✓ **Clase:** Gamma  
Proteobacteria
- ✓ **Orden:** :  
Pseudomonadales
- ✓ **Familia:**  
Pseudomonadaceae
- ✓ **Género:** *Pseudomonas*
- ✓ **Especie:** *P. aeruginosa*
- ✓ **Nombre binomial:**  
*Pseudomonas aeruginosa*  
(Schroeter 1872); (Migula 1900).
- ✓ **Fuente de esta información taxonómica:**  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Pseudomonas\\_aeruginosa](http://es.wikipedia.org/wiki/Pseudomonas_aeruginosa)



La *Pseudomonas aeruginosa* fue descubierta en 1862 por A. Lücke. El género *Pseudomonas* se incluye en la familia de las *Pseudomonadaceae*. Es una bacteria polimórfica, gramnegativa, móvil, monótrica, aunque a veces se encuentran organismos con dos flagelos polares o más. Sus dimensiones oscilan entre 1.5-3.0 µm de longitud y 0.5-0.8 µm de ancho. En los frotis se disponen en células aisladas o en cadenas cortas. El contenido de G+C en el ADN del nucleóide es de 76%.

Es un aerobio obligado. Se desarrolla a la temperatura óptima de 37 °C, pero puede crecer incluso a 4-41 °C. Se cultiva en los medios comunes. En agar de carne peptonado forma colonias redondas, planas y flemosas y en caldo producen un enturbiamiento formando precipitado consecutivo. La mayoría de las cepas segrega un pigmento azul, la piocianina, que toma color azul en un medio neutro o alcalino, y rojo, en un medio ácido. Hay cepas que forman un pigmento púrpuro.

El bacilo fermenta, formando ácido, glucosa, galactosa, arabinosa y xilosa, no forma indol, desprende difícilmente sulfuro de hidrógeno, licua la gelatina y el suero coagulado y elabora hemolisina.

<sup>15</sup> Kiril D Piatkin & Yuri Krivoshein. 1986. Microbiología. URSS. pp 291-292.

Sucumbe a 60 °C en una hora, es sensible a los desinfectantes, la polimixina y la neomicina. Posee una acción antagonista, es decir, produce piocianasa (piocina), el primer antibiótico obtenido por R. Emmerich (1889).

En condiciones naturales la *Pseudomonas aeruginosa* habita en el suelo, el agua y las plantas, pero a veces se aísla en los pacientes con quemaduras, así como de las heridas y en la uretra. Es el agente etiológico de la infección por pseudomonas (seudomoniasis o pus azul).

### **Manifestaciones clínicas y tratamiento**<sup>16</sup>

*Pseudomonas aeruginosa* produce infecciones nosocomiales y adquiridas en la comunidad. Puede manifestarse como infección de vías urinarias nosocomial (en pacientes con sondas), meningitis, septicemia, bacteriemia, ectima gangrenoso, enterocolitis, infecciones de quemaduras y heridas, neumonía primaria, neumonía necrotizante, infecciones pulmonares crónicas, osteomielitis, infecciones de piel y tejidos blandos, otitis crónica externa, otitis media crónica y otitis externa maligna, endocarditis, infecciones oculares, queratitis y paroniquia. (Ver anexo Imágenes 1-5).

**Tratamiento:** para su tratamiento se utilizan amikacina, gentamicina, tobramicina, **colistina**, carbenicilina y ticarcilina, cefotaxima, cefoperazona, ceftazidima, ticarcilina-ácido clavulánico, piperacilina y piperacilina-tazobactam, ciprofloxacina, azteronam e imipenem. Las medidas preventivas son similares a otros patógenos hospitalarios.

### **2.7. Antibiótico utilizado como control positivo, Polimixina B**

En las polimixinas o antimicrobianos polipeptídicos, encontramos la polimixina B y la polimixina E. las polimixinas tienen efecto bactericida al aumentar la permeabilidad de las membranas bacterianas, de modo que estas pierden sustancias de bajo peso molecular. La polimixina sólo tiene actividad contra microorganismos gramnegativos, incluyendo *pseudomonas*. Sin embargo, debido a su gran nefrotoxicidad y neurotoxicidad y la existencia de mejores opciones de antimicrobianos, su uso se ha restringido prácticamente a ungüentos y pomadas. El sensidisco de Polimixina B (300 Units) exhibe un halo de inhibición pequeño comparado con otros antimicrobianos usados como control. (Ver Anexo Tabla1).

---

<sup>16</sup> Romero Cabello Raúl. 2007. Microbiología y parasitología humana. México. pp 880-881.

# **APARTADO III**

## **Hipótesis**

### **3. HIPÓTESIS**

Los aceites esenciales de: Zacate de limón (*Cymbopogon Citratus* DC. Stapf.), Eucalipto (*Eucalyptus* ssp.) y Clavo de olor (*Syzygium aromaticum* L.), tienen actividad antibacteriana contra *Pseudomonas aeruginosa*, ATCC 27853, solos y en combinación.

# **APARTADO IV**

## **Materiales y Método**

## **4. DISEÑO METODOLOGICO**

### **4.1. Tipo de estudio:**

La presente investigación monografía es de tipo experimental, descriptivo y transversal, en la cual se analiza la actividad antibacteriana de los aceites esenciales de 3 especies de plantas.

### **4.2. Método de estudio**

Se utiliza el método hipotético- deductivo, ya que se planteó una hipótesis y se comprobó experimentalmente.

### **4.3. Descripción del ámbito de estudio:**

El ámbito de estudio en el cual se desarrolla esta investigación está conformado por dos escenarios:

El primer escenario comprende el laboratorio de Bioquímica de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua UNANóManagua, lugar donde se realizaron las extracciones de los aceites esenciales de las tres especies de plantas.

El segundo escenario comprende el laboratorio de Microbiología del Centro Nacional de Diagnóstico y Referencia (CNDR), ubicado en Costado Oeste Colonia Primero de Mayo, Managua. Aquí se realizaron las pruebas de actividad antimicrobiana para cada uno de los tipos de aceites esenciales.

### **4.4. Universo:**

Para Zacate de limón (*Cymbopogon Citratus* DC. Stapf.), está conformada por las hojas secas y los botones florales de Clavo de olor (*Syzygium Aromaticum* L), ambos adquiridos en el establecimiento de venta de productos naturales del Mercado Oriental, "La Gata".

Para el eucalipto (*Eucalyptus* ssp), están conformado por las hojas colectadas de árboles del área peri-urbana de Ciudad Sandino, entrada a residencial Sta. Eduviges. Km 10.5 Carretera nueva a León.

### **4.5. Muestra:**

De cada una de las tres especies de plantas recolectadas, se tomaron en gramos cantidades del material vegetal para realizar la extracción de aceites esenciales, durante el periodo correspondiente a Octubre ó Noviembre del 2011.

#### 4.6. Criterios de selección

##### Criterios de inclusión:

- ✓ Hojas con un grado de madurez evidenciado por el color, firmeza al tacto y ausencia de daños.
- ✓ Para botones florales (*Clavo de olor*, *Syzygium Aromaticum L*), no muy viejos y con su olor característico.

**Criterios de exclusión:** Material vegetal, picado o dañado por plagas.

#### 4.7. Variables de estudio

##### Variables independientes:

- Tipo de aceite esencial.

##### Variables dependientes:

- Nivel de actividad
- Crecimiento bacteriano

#### 4.8. Operacionalización de variables

**Cuadro 1**

Variables independientes		
VARIABLE	CONCEPTO	INDICADOR
Tipo de aceite esencial	Diferencia que caracteriza a cada aceite esencial debido a la composición química variada.	A través de la descripción Organoléptica.
Variables dependientes		
VARIABLE	CONCEPTO	INDICADOR
Nivel de actividad	Capacidad que tiene el aceite esencial de ser bactericida, semi-bactericida o no tener actividad.	Diámetro del halo de inhibición en mm.
Crecimiento bacteriano en el medio de cultivo	Proliferación de bacterias en un medio de cultivo apropiado que provee de nutrientes.	Tamaño del halo de inhibición: 6 mm negativo; 6-9 mm intermedio; mayor a 9 mm positivo

4.9. Materiales y reactivos

Cuadro 2

Equipos

Materiales	Unidades.
Matraz Erlenmeyer de 1 litro, Marca Pyrex	2
Balón redondo de 1000 mL, Marca Pyrex	1
Matraz redondo de 250 mL, Marca Pyrex	1
Pinzas de 3 dedos	2
Codo de destilación	1
Cocina eléctrica	1
Tapones de hule horadados	3
Embudo de vidrio	1
Refrigerante recto, Marca Pyrex	1
Mortero	1
Vaso de precipitados de 250 mL	1
Embudo de separación con tapón	1
Conexiones de vidrio	2
Platos Petri descartables	40 platos
Pinzas	2
Erlenmeyer 500 mL	1
Erlenmeyer 250 mL	1
Micropipeta calibre 5-50 µL (Marca LABNET INTERNATIONAL)	1
Nefelómetro de McFarland (Marca OXOID TURBIDOMETER USA PLUG)	1
Filtros fiber glass (fibra de vidrio), diámetro: 40 mm, 0.6 mm grosor. Marca <b>ADVANTEC</b>	1PK
Pie de rey (Marca MITUTOYO)	1
Balanza granataria (Marca OHAUS)	1
Incubadora (INCUBADORA 2. CU FT 120V AC 100W)	1
Autoclave (Thermo scientific)	1
Gradilla	1
Recipientes de vidrio (125 mL) color ámbar	4

Cuadro 3

Reactivos

NOMBRE	FORMULA	FUENTE
Agar Mueller Hinton	Caseína ácida hidrolizada 17.5g/L, Pasta de extracto de corazón 5g/L, Almidón 5g/L, Agar 12g/L. Marca Mastgrp.	Proporcionada por Laboratorio auspiciante (Lab. CNDR-MINSA).
Agua destilada	H <sub>2</sub> O	Proporcionada por Laboratorios auspiciantes (Lab. Bioquímica UNAN-Managua y CNDR-MINSA).
Caldo Trypticase Soya	Polisorbato 80 5g/L, Hisditina 1g/L, Peptona de Soja 5g/L, Sodio Tiosulfato 0.5g/L, Lecitina 0.7g/L, Peptona de Caseína 15g/L, Sodio Cloruro 5g/L, Agar 15g/L. Marca Mastgrp.	Proporcionada por Laboratorio auspiciante (Lab. CNDR-MINSA).

<b>NOMBRE</b>	<b>FORMULA</b>	<b>FUENTE</b>
Sensidisco Polimixina B	Polimixina B 300 units. Marca <b>Oxoid</b>	<b>Cifarma</b> Distribuidora e importadora de Reactivos de Laboratorio Clínico, Equipo y Material de Reposición Periódica, Producción de Agua Destilada
Alcohol al 95%, densidad 0.809 g/mL	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$	Proporcionado por el Laboratorio de Bioquímica Facultad de Medicina, UNAN-Managua.

#### **4.10. Microorganismo utilizado**

Pseudomonas aeruginosa <b>ATCC 27853</b>	Esta cepa fue proporcionada por el laboratorio de Microbiología del Centro Nacional de Diagnóstico y Referencia (CNDR), MINSA-Nicaragua
---	---

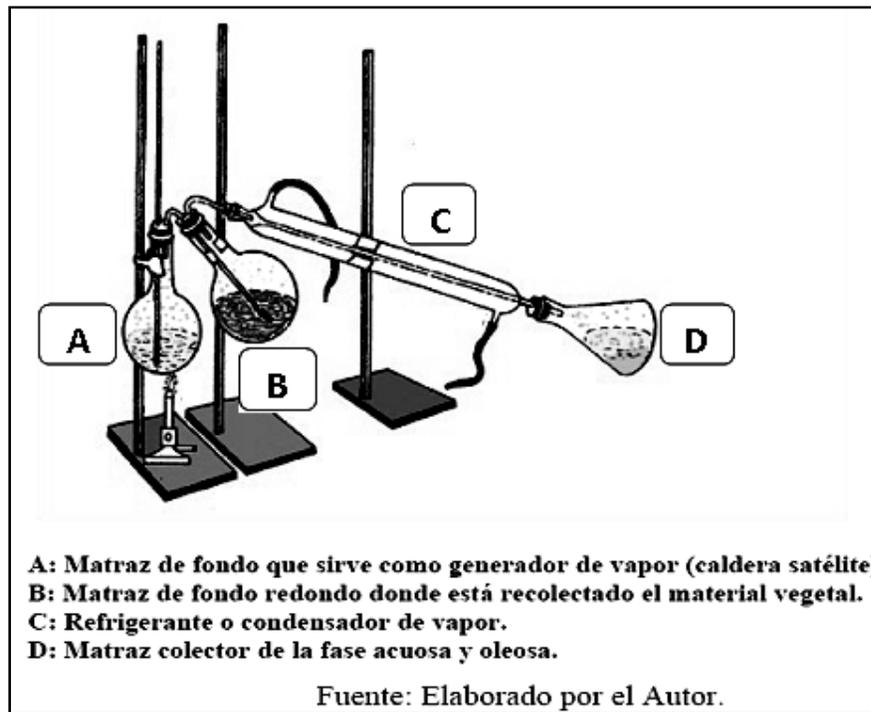
#### **4.11. Materiales para procesar la información**

Para esta investigación se auxilió de 2 herramientas de informática (ambos en Microsoft Windows):

1. Programa Microsoft Office Word 2007.
2. Programa Microsoft Office Excel 2007.

#### 4.12. Descripción del Método:

##### 4.12.1. Primera Fase de experimentación: Extracción de Aceites esenciales



Todas las especies de plantas deben de estar en buen estado físico, por lo tanto de acuerdo a un calendario elaborado se toma cada una de las muestras del material vegetal para la extracción de aceites esenciales.

Primero se extraen los aceites esenciales de cada una de las especies de plantas medicinales, por el método de arrastre con vapor de agua, se coloca aproximadamente 300 ml de agua destilada en el matraz A (generador de vapor) y se agrega cuerpos porosos (perlas de ebullición).

En el matraz B se coloca el material vegetal (200 g.) cortado en trozos pequeños. Con la cocina eléctrica, se calienta hasta ebullición en el matraz (A), con el fin de generar el vapor que pasará al matraz (B), extrayéndose de esta manera el aceite esencial de la especie de planta, que inmediatamente es arrastrado por el vapor de agua, que se condensa cuando atraviesa por el tubo refrigerante (C), hasta llegar al matraz colector (D), ahí se forma la fase oleosa y acuosa. El matraz colector se cubre con cubos de hielo para evitando la volatilización de la fase oleosa.

Este destilado se decanta cuidadosamente en un embudo de separación de 250 ml, se espera a que se separen las dos fases y se extrae primero la fase acuosa, esta se guarda en un matraz erlenmeyer de 125 mL y los extractos orgánicos oleosos se colectan en tubo de ensayo y posteriormente se decanta cada aceite esencial en recipientes adecuados (botellas de vidrio color ámbar) almacenándose a una temperatura de 4 °C.

Cabe destacar que después de cada extracción de un aceite esencial en particular, el aparato de destilación fue lavado primero con etanol al 95 % (el cual disuelve a los aceites esenciales), posteriormente se realizó una destilación de agua para eliminar el alcohol residual.

El cuadro 4 muestra el periodo en el cual se obtuvieron los aceites esenciales de las tres especies de plantas en estudio.

**Cuadro 4**

<b>Laboratorio de Bioquímica UNAN-Managua</b>			
<b>Muestra</b>	<b>Periodo de extracción</b>	<b>Estado de la muestra</b>	<b>Cantidad en gramos</b>
Clavo de olor, <i>Syzygium Aromaticum</i> L	17 ó 18 de Octubre	Botones florales secos	376 g.
Zacate de limón, <i>Cymbopogon Citratus</i> DC. Stapf	1 ó 8 de Noviembre	Hojas secas	922 g.
Eucalipto, <i>Eucalyptus</i> ssp	9 ó 10 Noviembre	Hojas frescas	1,500 g.

#### **4.12.2. Segunda Fase de Experimentación: Pruebas de actividad antibacteriana**

Se impregnan discos de papel filtro de 6 mm de diámetro y 0.6 mm de grosor con los extractos, (en este caso aceites esenciales). Se prepara platos petri con agar Müeller Hinton (AMH), se estandariza un cultivo de 24 horas en caldo tripticasa soya con el tubo No. 0.5 del nefelómetro de McFarland y se inocula masivamente en la superficie del plato petri, dejando reposar de 3 a 5 minutos, luego se aplican los discos impregnados con el aceite esencial (Se hacen 10 replicas para cada tipo de aceite), posteriormente se incuban a 35 °C por 18 horas y se miden los halos de inhibición en milímetros.

Se utilizan 4 tipos de aceites esenciales, que corresponden a las 3 especies de plantas y al aceite esencial combinado, este último se prepara mezclando volúmenes iguales del aceite esencial de las tres especies de plantas en estudio (100 µL de cada uno).

**IMPORTANTE:** Por ser compuestos muy volátiles, los aceites esenciales no se dejan secar, sino se impregnan de inmediato en cada uno de los 3 filtros (de **fibra de vidrio**) de adecuado grosor (0.6 mm) y de diámetro (6 mm) los siguientes volúmenes 5, 10 y 15 µL, respectivamente, luego se colocan en la placa de cultivo de *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, junto con el sensidisco de Polimixina B (300 units), en sentido a las manecillas del reloj en el siguiente orden:

**Primero:** Sensidisco de Polimixina B (300 units). **Segundo:** el filtro impregnado con 5 µL de aceite esencial. **Tercero:** el filtro impregnado con 10 µL de aceite esencial. **Cuarto:** el filtro impregnado con 15 µL de aceite esencial. (Ver anexo Figura 2).

**Interpretación:** La actividad se determina por el diámetro del halo de inhibición, **6 mm** es negativa, **6-9 mm** es intermedio e igual o mayor que **9 mm** es positivo.

En el cuadro 5 se muestra el periodo en el cual se realizaron las pruebas de actividad antibacteriana de los cuatro tipos de aceites esenciales

**Cuadro 5**

<b>Laboratorio de Microbiología (CNDR-MINSA)</b>	
<b>Tipo de aceite esencial</b>	<b>Periodo de Prueba de actividad antibacteriana</b>
1. Zacate de limón, Cymbopogon Citratus DC. Stapf 2. Eucalipto, Eucalyptus ssp. 3. Clavo de olor, Syzygium Aromaticum L.	21-25 de Mayo
4. Aceite esencial (Zacate de limón+Eucalipto+Clavo de olor)	31 Mayo ó 2 Junio

# **APARTADO V**

## **Análisis y Discusión de Resultados**



## 5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Utilizando el método de arrastre con vapor de agua se logró obtener aceites esenciales de las tres especies de plantas en estudio, siendo el Clavo de olor (*Syzygium Aromaticum* L.) el de mayor rendimiento, seguido de Zacate de limón (*Cymbopogon Citratus* DC. Stapf.) y Eucalipto (*Eucalyptus* ssp). (Ver anexo Imágenes 6-29).

En el cuadro 6 se muestra el rendimiento obtenido de los aceites esenciales de las tres especies de plantas.

**Cuadro 6**

<b>Rendimiento de los aceites esenciales por el método de arrastre con vapor de agua a 1 atm y a 25 °C</b>			
<b>Aceite esencial</b>	<b>Peso utilizado de materia prima en g.</b>	<b>Peso en gr. Del Vol. Extraído</b>	<b>Rendimiento</b>
Clavo de olor	375.80	14.00	3.72%
Zacate de limón	921.70	8.00	0.87%
Eucalipto	1,500.00	4.00	0.27%

Es posible que el rendimiento esté influenciado por el estado de la materia vegetal, ya que tanto las hojas de Zacate de limón así como los botones florales de Clavo de olor estaban desecados, no así las hojas de Eucalipto. Aunque exista esta posibilidad, cada especie de planta posee características propias, es decir no todas las plantas retendrán en sus hojas desecadas los mismos componentes de los aceites esenciales (por lo menos en el mismo porcentaje) que si estuvieran en estado fresco.

En las pruebas realizadas de actividad antibacteriana contra la cepa, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, los aceites esenciales que no presentaron actividad antibacteriana fueron los de Zacate de limón y Clavo de olor. (Ver anexo Imágenes 30-32 y 36- 38 respectivamente).

El aceite esencial de Eucalipto mostró significativa actividad antibacteriana, contra la cepa, a un volumen de 15  $\mu$ L, con un halo de inhibición de 13 mm, ya que según los parámetros establecidos, los halos de inhibición mayores a 9 mm se consideran positivos. (Ver anexo Imágenes 33-35).

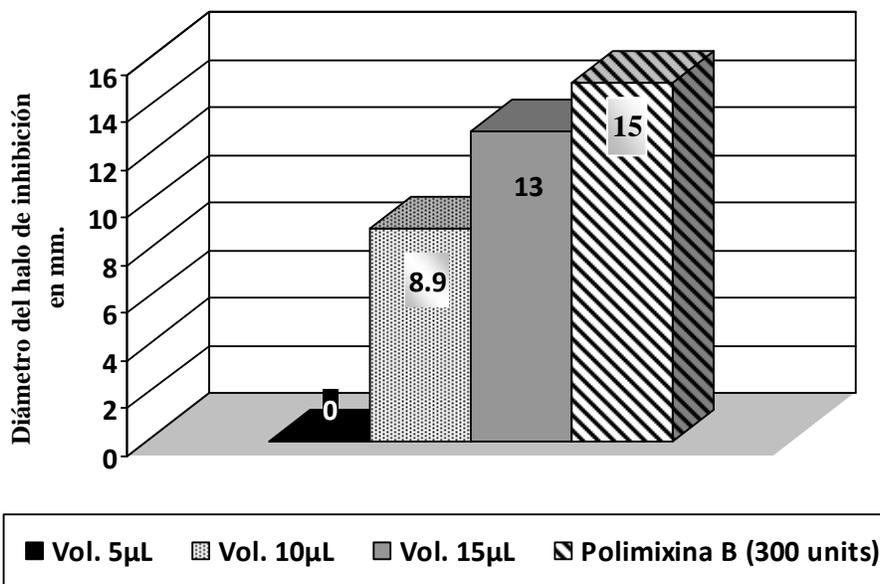
En el cuadro 7 se muestra los resultados de las pruebas de actividad antimicrobiana realizadas a los 4 tipos de aceites esenciales

**Cuadro 7**

Diámetro del Halo de inhibición del Aceite Esencial (en milímetros)												
No. Muestra	Zacate de limón (Cymbopogon Citratus DC. Stapf.)			Eucalipto (Eucalyptus ssp.)			Clavo de olor (Syzygium aromaticum L.)			Zacate de limón+ Eucalipto + Clavo de olor.		
	5µL	10µL	15µL	5µL	10µL	15µL	5µL	10µL	15µL	5µL	10µL	15µL
1	0	0	0	0	9	13	0	0	0	8	9	10
2	0	0	0	0	9	13	0	0	0	8	9	10
3	0	0	0	0	9	13	0	0	0	8	9	10
4	0	0	0	0	9	13	0	0	0	8	9	10
5	0	0	0	0	10	13	0	0	0	8	9	10
6	0	0	0	0	9	13	7	7	7	7	9	10
7	0	7	7	0	8	13	0	0	7	8	9	10
8	0	7	7	0	9	13	0	0	0	8	9	10
9	0	7	7	0	8	13	0	0	0	7	8	9
10	0	0	0	0	9	13	7	7	7	8	9	10
$\bar{x}$	0	2.1	2.1	0	8.9	13	1.4	1.4	1.4	7.8	8.9	9.9

**NOTA:** El diámetro del halo de inhibición para el Sensidisco Control, Polimixina B 300 units, fue de 15 mm en todos los platos petri.

En el gráfico 1 se muestra los promedios de los halos de inhibición del aceite esencial de Eucalipto, en los distintos volúmenes y su correspondiente control positivo (Polimixina B):



**Gráfico 1** Promedios de los halos de inhibición del Aceite Esencial de Eucalipto.

El aceite esencial combinado de las tres especies (Zacate de limón *Cymbopogon Citratus* DC. Stapf, Eucalipto *Eucalyptus* ssp y Clavo de olor *Syzygium aromaticum* L), tiene la proporción 1:1:1. A esta proporción mostraron actividad antibacteriana de intermedia a positiva. El gráfico 2 muestra los promedios de los halos de inhibición del aceite esencial combinado, en los distintos volúmenes.

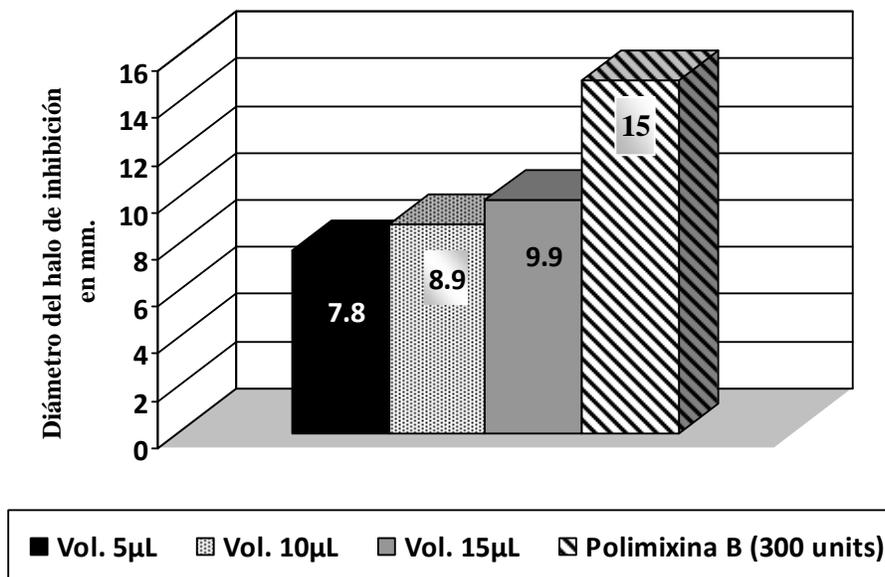


Gráfico 2 Promedio de halos de inhibición del Aceite Esencial Combinado.

Al analizar el **Gráfico 1**, el aceite esencial de Eucalipto a un volumen de 5µL no originó halo de inhibición (estando sólo), sin embargo en el **Gráfico 2** a este mismo volumen pero combinado con aceite esencial de Zacate de limón y Clavo de olor, mostró actividad antibacteriana intermedia con un halo promedio de 7.8 mm. (Ver anexo Imágenes 39- 41).

Es interesante comparar el diámetro promedio de los halos de inhibición del aceite esencial de Eucalipto a un volumen de 10 µL y el diámetro promedio de los halos de inhibición del aceite esencial Combinado a un volumen de 5 µL, los cuales están muy cercanos. Esto permite suponer que se produjo un tipo de interacción sea sinérgica, aditiva o antagónica.

# **APARTADO VI**

## **Conclusiones**

## 6. CONCLUSIONES

1. Respecto a las pruebas de actividad antibacteriana, el aceite esencial que mostró actividad antibacteriana contra la cepa *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, fue el de Eucalipto (*Eucalyptus* spp) a un volumen de 10  $\mu$ L mostró una actividad intermedia y a 15  $\mu$ L mostró actividad positiva, con un halo de inhibición promedio de 13 mm.

Los Aceites esenciales de Zacate de limón (*Cymbopogon Citratus* DC. Stapf) y Clavo de olor (*Syzygium aromaticum* L), no mostraron actividad contra la cepa bacteriana en estudio, en ninguno de los volúmenes utilizados.

2. El aceite esencial combinado (Zacate de limón + Eucalipto + Clavo de olor) mostró un nivel intermedio de actividad antibacteriana contra la misma cepa, en volúmenes de 5 y 10  $\mu$ L. A un volumen de 15  $\mu$ L mostró una actividad positiva antibacteriana, promediando un halo de inhibición de 9.9 mm.
3. Por lo tanto, se reconoce el potencial antibacteriano, que tienen las plantas de uso medicinal en Nicaragua, pese a que sólo la especie de Eucalipto manifestó la actividad biológica deseada, contra *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853.

# **APARTADO VII**

## **Recomendaciones**

## **7. RECOMENDACIONES**

Nuestro país Nicaragua, tiene la ventaja de poseer una herbolaria única, que todavía no se ha explorado en su totalidad, esta investigación sólo exploró una sub-área de la actividad biológica de los metabolitos secundarios de las plantas, particularmente los aceites esenciales con actividad antibacteriana, no obstante queda mucho por investigar dentro de la misma.

Por tal motivo insto a los futuros investigadores, estudiantes de química farmacéutica que profundicen más en el campo de la fitoquímica para que desarrollen ensayos como por ejemplo la caracterización química del aceite esencial de Eucalipto (Origen: residencial Sta. Eduvigés. Km 10.5 Carretera nueva a León) el cual tiene actividad antibacteriana contra *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853.

También es necesario decir que el aceite esencial combinado presentó actividad antibacteriana intermedia, para elucidar cuál fue el tipo de interacción sea esta sinérgica, aditiva o antagónica de sus componentes químicos. Se recomienda realizar ensayos con el aceites esenciales combinado de: Zacate de limón + Eucalipto; Zacate de limón + Clavo de olor; Eucalipto + Clavo de olor.

Los resultados de actividad antibacteriana contra *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, variaron para los aceites esenciales de Eucalipto y el aceite esencial combinado, siendo promisorio el de Eucalipto. Mientras que los aceites esenciales de Zacate de limón y Clavo de olor no mostraron actividad, sin embargo ello no significa que estos no presenten actividad antibacteriana contra otros tipos de cepas bacterianas. Por tal razón se sugiere desarrollar pruebas de actividad antibacteriana como:

La actividad antibacteriana de aceites esenciales contra gram-negativos como: *Haemophilus influenzae*, *Streptococcus pneumoniae*, *Klebsiella pneumoniae* y *Escherichia coli* y contra gram-positivos como: *Staphylococcus aureus*.

## **APARTADO VIII**

- **Bibliografía**
- **Glosario**

## BIBLIOGRAFIA

1. Alzamora Libertad, Morales Liliana, Armas Lourdes y Fernández Gilma. (2001). Medicina tradicional en el Perú: actividad antimicrobiana in vitro de los aceites esenciales extraídos de algunas plantas aromáticas. *Revista Anales de la Facultad de Medicina*, Vol. 62, N° 2, Págs. 156 ó 161. Recuperado el 18/09/2011 de: <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/379/37962208.pdf>
2. S. Ravi Kiran, P. Sita Devi & K. Janardhan Reddy. (2008). Evaluation of in vitro antimicrobial activity of leaf and stem essential oils of *Chloroxylon swietenia* DC. [Abstract]. *Review of World Journal of Microbiology and Biotechnology*. Vol. 24, N° 9, Pages: 1909-1914. Recuperado el 25/09/2011 de: <http://www.springerlink.com/content/4255583708661573/fulltext.pdf>
3. Rentsenkhand Tserennadmid, Miklós Takó, László Galgóczy, Tamás Papp, Csaba Vágvölgyi, László Ger , Judit Krisch. (2010). Antibacterial effect of essential oils and interaction with food components. [Abstract]. *Review Central European Journal of Biology*, 2010, Vol. 5, N° 5, Pages 641-648. Recuperado el 25/09/2011 de <http://www.springerlink.com/content/vrj3736302772876/fulltext.pdf>
4. K. Venkata Ratnam, L. Md. Bhakshu and R. R. Venkata Raju. (2010). Chemical characterization and antimicrobial screening of flowers of *Curcuma neilgherensis* from Eastern Ghats of India. *Review of Chemistry of Natural Compounds*. [Abstract]. *Chemistry of Natural Compounds*. Vol. 46, N° 3, Pag 484-485. Recuperado el 18/09/2011 de: <http://www.springerlink.com/content/w347442153780105/>
5. Avram Goldstein, Lewis Aronow, Sumner M. Kalman. (1978). *Farmacología*. (2 da. ed.). México.: LIMUSA S.A.
6. Pamplona Roger Jorge D. (2002). *Enciclopedia de las Plantas medicinales*. Tomo I. España.: SAFELIZ., S.L.
7. Chang Vargas Giselle. y otros. (2004). *Nuestra Medicina Tradicional*. Libro No. 6. Sn. José, Costa Rica.: Serie culturales populares Centroamericanas.
8. Universidad Politécnica de Madrid. (s.f.). *Uso Industrial de Plantas Aromáticas y Medicinales*. Tema 7: *Aceites esenciales*. Recuperado el 11/08/2011. Del Opencourseware: <http://ocw.upm.es/ingenieria-agroforestal/uso-industrial-de-plantas-aromaticas-y-medicinales/contenidos/material-de-clase/tema7.pdf>. Departamento de Ingeniería Agroforestal, Universidad Politécnica de Madrid, sitio web: <http://ocw.upm.es/ingenieria-agroforestal>
9. Saavedra A. A. Hoogerheide Marian J. (1989). *Plantas medicinales más frecuentes en la región V*. Nicaragua.: AHMED.

10. Mahabir P. Gupta. (1995). *270 Plantas medicinales iberoamericanas*. Santafé de Bogotá, D.C.-Colombia.: Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, Subprograma de Química Fina Farmacéutica.: Convenio Andrés Bello.
11. FCNMPT. Fundación Centro Nacional de la Medicina Popular Tradicional, (2002). *La salud en sus manos, manual sobre el uso de plantas medicinales*. Estelí, Nicaragua.: Impresiones ISNAYA.
12. Bravo D. Luis. (2003). *Farmacognosia*. España.: ELSEVIER España, S.A.
13. Ocampo Rogelio, Ríos Luz Amalia y Beta Luz Adriana. (2008). *Curso práctico de química orgánica. Enfocado a biología y alimentos*. Colombia.: UNIVERSIDAD DE CALDAS.
14. Kingsbury David T, Wagner Geral E, & Segal Gary P. (1989). *Microbiología médica*. México.: LIMUSA.
15. Kiril D Piatkin & Yuri Krivoshein. (1986). *Microbiología*.(2da. ed.).URSS.: MIR.
16. Romero Cabello Raúl. (2007). 3 era. ed. *Microbiología y parasitología humana*. México.: Panamericana, S:A de C.V

## GLOSARIO

**Aceite esencial:** Son aceites muy volátiles presentes en las plantas que poseen aroma característico. Puede ser extraído de las plantas a través de la destilación por arrastre de vapor.

**Aerobio:** Se denominan **aerobios** o **aeróbicos** a los organismos que pueden vivir o desarrollarse en presencia de oxígeno diatómico, mientras que si lo necesitan se denominan aerobios estrictos. El adjetivo "aerobio" se aplica no sólo a organismos sino también a los procesos implicados ("metabolismo aerobio") y a los ambientes donde se realizan. Un "ambiente aerobio" es aquel rico en oxígeno, a diferencia de uno anaerobio, donde el oxígeno está ausente, o uno microaerófilo, donde el oxígeno se encuentra a muy baja concentración.

**AFNOR:** En francés; Association française de Normalisation, es la Organización Nacional Francesa para la Estandarización.

**Agar:** Es una gelatina vegetal de origen marino. El medio de cultivo es un polisacárido sin ramificaciones obtenido de la pared celular de varias especies de algas rojas de los géneros *Gelidium*, *Euchema* y *Gracilaria* entre otros actuando como pigmento que da un color característico a cada una. La palabra agar viene del malayo agar-agar, que significa jalea.

**Alcaloides:** Son sustancias orgánicas nitrogenadas, en su constitución están presentes átomos de nitrógeno de origen vegetal, su principal acción farmacológica es sobre el sistema nervioso, frecuentemente son narcóticas, alucinógenas y tóxicas, en altas dosis. En cantidades controladas puede usarse terapéuticamente como: sedantes o anticonvulsantes. Ejemplo de plantas que contiene alcaloides: Marihuana, Floripón Digitalis, Amapola, etc.

**Anaerobio:** Los organismos anaerobios o anaeróbicos son los que no utilizan oxígeno (O<sub>2</sub>) en su metabolismo, más exactamente que el aceptor final de electrones es otra sustancia diferente del oxígeno. Si el aceptor de electrones es una molécula orgánica (piruvato, acetaldehído, etc.) se trata de metabolismo fermentativo; si el aceptor final es una molécula inorgánica distinta del oxígeno (sulfato, carbonato, etc.) se trata de respiración anaeróbica.

**Antiemético:** Detiene o previene la emesis o vómito.

**Antígenos:** Es una sustancia que desencadena la formación de anticuerpos y puede causar una respuesta inmunitaria. La definición moderna abarca todas las sustancias que pueden ser reconocidas por el sistema inmune adaptativo, bien sean propias o ajenas. Los antígenos son usualmente proteínas o polisacáridos.

**Antihelmíntico/vermífugo o antiparasitario:** Para expulsar los vermes (gusanos parásitos de los intestinos).

**Antilítico:** Que combate la formación de cálculos renales o los disuelve.

**Antimutagénica:** Sustancia que reduce o interfiere en la acción de los agentes que provocan mutaciones del ADN, que pueden derivar en el desarrollo de un cáncer.

**Antipirético o febrífugo:** Para reducir la temperatura del cuerpo en caso de fiebre.

**Antitusivo/ anticatarral:** Que remedia o previene la tos.

**Antiulceroso:** Que tiene acción contra las úlceras.

**Aromaterapia:** (del griego aroma y therapeia, atención, curación) Es una rama particular de la herbolaria, que utiliza aceites vegetales concentrados llamados aceites esenciales para mejorar la salud física, mental o ambas.

**Aromático:** Los compuestos aromáticos abarcan una amplia gama de sustancias químicas de uno dos o más anillos altamente insaturados de fórmula  $C_nH_n$  que poseen propiedades químicas singulares. La aromaticidad no es un atributo de los compuestos de C e H solamente, sino que también en su estructura pueden encontrarse otros átomos como oxígeno y nitrógeno constituyendo la gran familia de los compuestos heterocíclicos aromáticos.

**Astringente:** Para contraer los tejidos, los capilares, los orificios y tiende a disminuir las secreciones de la mucosas. Las sustancias astringentes son frecuentemente antihemorrágicas y pueden causar constipación (estreñimiento crónico y rebelde).

**Bacteremia:** Es la presencia de bacterias en la sangre.

**Bactericida o antibacteriana:** Medicina que destruye bacterias o inhibe su desarrollo.

**Balsámica:** Contiene bálsamo que suaviza las mucosas respiratorias.

**Bálsamo:** Es una secreción vegetal compuesta de resina, ácidos aromáticos, alcoholes y ésteres, por ejemplo el incienso. Los bálsamos suelen ser utilizados como desodorizadores y purificadores, dado que en ocasiones las momias egipcias eran cubiertas con bálsamos (el proceso de momificación también recibió el nombre de embalsamado).

**Bejuco:** Son términos aplicados a varias plantas trepadoras parecidas a las parras que se encuentran en Centroamérica, Suramérica, e Indias Occidentales, que son reconocidas por sus poderes curativos.

**Betalactamasas:** Es una enzima producida por algunas bacterias y es responsable por la resistencia que éstas exhiben ante la acción de antibióticos betalactámicos como las penicilinas, las cefalosporinas, monobactamicos y carbapenémicos (carbapenemasas). Todos estos antibióticos tienen un elemento en común dentro de su estructura molecular denominado anillo betalactámico, un anillo químico de cuatro átomos. Las betalactamasas rompen el anillo, desactivando las propiedades antimicrobianas de la molécula. Las betalactamasas por lo general son producidas por bacterias Gram positivas en forma secretada. Por lo general, las cepas resistentes a la penicilina se relacionan directamente con el porcentaje de cepas productoras de betalactamasa.

**Bioactivo:** Compuesto que tiene la capacidad de mermar el efecto dañino que puede ocasionar una enfermedad. Por ejemplo, un antibiótico.

**Caldo:** Líquido preparado para el desarrollo y estudio de las bacterias y otros microorganismos.

**Cardiotónica:** Tónico del corazón.

**Carminativo:** Favorece la expulsión de gases del tubo digestivo.

**Catárticas o purgativas (Purgantes, laxantes):** Para la expulsión agresiva o violenta de secreciones o excreciones del organismo, los más típicos actúan a nivel intestinal, pero no son los únicos.

**Cepa bacteriana:** Colonia microbiana procedente de un solo germen obtenido de un enfermo, y multiplicado por pases sucesivos en diferentes medios de cultivo.

**Cicatrizante:** Que produce o promueve la cicatrización.

**Cistitis:** Es la inflamación aguda o crónica de la vejiga urinaria, con infección o sin ella.

**Colagogo:** Para estimular las contracciones de la vesícula; que vierte la bilis almacenada en su interior hacia el duodeno, durante la digestión de los alimentos, especialmente los lípidos y grasas.

**Colchicina:** Es un fármaco antimitótico que detiene o inhibe la división celular en metafase o en anafase. Es un compuesto que evita el reparto de los cromátidas de un cromosoma durante la mitosis, provocando la poliploidía de la célula filial, ya que aunque no haya separación, sí hay duplicación del material genético. Su efecto se debe a su acción sobre las proteínas citoesqueléticas del huso mitótico

**Colerética:** Aumenta la secreción de bilis a nivel de la célula hepática (hepatocito) o de los conductos hepáticos.

**Culmos:** Se refiere a un falso tallo de cualquier tipo de planta.

**D****entríficos:** El dentífrico o pasta de dientes se usa para la limpieza dental, casi siempre con un cepillo de dientes. Suelen contener flúor como monofluorofosfato de sodio ( $\text{Na}_2\text{PO}_3\text{F}$ ) y fluoruro de sodio (NaF).

**Depurativa:** Purifica la sangre facilitando la eliminación de los residuos (metabolitos) naturales o sustancias tóxicas mediante una acción diurética, laxativa, sudorífica o transpirativa.

**Desinfectante:** Para destruir o neutralizar las propiedades nocivas de materias orgánicas en descomposición (putrefacción).

**Diaforética:** Estimula las glándulas sudoríficas, incrementando la producción de sudor.

**Diurética:** Aumenta la excreción de orina.

**DL<sub>50</sub>:** La dosis letal, también conocida por sus siglas en inglés LD (lethal dose), es una forma de expresar el grado de toxicidad de una sustancia o radiación. Como la resistencia a una sustancia o una radiación puede variar de un sujeto a otro, se expresa como la dosis tal a la que de una población de muestra dada, un porcentaje dado muere. Como norma general se utiliza la dosis semiletal o DL<sub>50</sub> que indica en toxicología los miligramos de una sustancia necesarios por kilogramo de peso de un animal para matar al 50% de la población.

**Drástico:** Purgante de acción enérgica.

**E****ctima grangrenoso:** Es una infección de la piel, causada típicamente por la bacteria pseudomonas aeruginosa. Se presenta como una lesión redonda u oval, de entre 1 y 15 cm de diámetro, con un halo eritematoso.

**Emenagogo:** Estimula el flujo menstrual.

**Emética o emetizante:** Medicina que provoca vómitos.

**Emoliente:** Ejerce una función calmante sobre la piel y mucosas inflamadas, protegiendo los tejidos.

**Endemismo:** Es un término utilizado en biología para indicar que la distribución de un taxón está limitado a un ámbito geográfico reducido, no encontrándose de forma natural en ninguna otra parte del mundo. Por ello, cuando se indica que una especie es endémica de cierta región, significa que sólo es posible encontrarla de forma natural en ese lugar.

**Endocarditis:** Es una enfermedad que se produce como resultado de la inflamación del endocardio, es decir, un proceso inflamatorio localizado en el revestimiento interno de las cámaras y válvulas bien sea nativas o protésicos cardíacas.

**Enteritis:** Enfermedad generalmente causada por comer o beber sustancias contaminadas con bacterias o virus. Los gérmenes se establecen en el intestino delgado causando inflamación y edema que pueden provocar dolor abdominal, cólicos, diarrea, fiebre y deshidratación.

**Enterocolitis:** Es una inflamación de la de colon y el intestino delgado.

**Enterotoxinas:** Es una sustancia dañina producida por ciertas bacterias y que es especialmente peligrosa para partes del tracto gastrointestinal. La sustancia ingresa al estómago y los intestinos cuando usted consume agua o alimentos contaminados, provocando síntomas tales como cólicos, náuseas, vómitos o diarrea.

**Espasmolítico:** Reduce los espasmos o contracciones musculares dolorosas.

**Esqueje:** Son fragmentos de plantas separados con una finalidad reproductiva. Pueden cortarse fragmentos de tallo e introducirlos en la tierra, para producir raíces. Las plantas enraizadas de esta manera serán idénticas a sus progenitoras, es decir, formarán con ellas un clon.

**Estimulante:** Excita la actividad cardiovascular o neuromuscular.

**Estomáquico:** Medicamento que favorece la función digestiva gástrica y es propio para combatir la dispepsia.

**Estrogénico:** Favorece la producción de estrógenos.

**Etnobotánica:** Ciencia que estudia las relaciones entre los grupos humanos y su entorno vegetal, es decir el uso y aprovechamiento de las plantas en los diferentes espacios culturales y en el tiempo.

**Eupéptico:** Favorece la digestión fácil.

**Expectorante:** estimula la expectoración mejorando la fluidez y eliminación de las secreciones bronquiales.

**Exudativo:** Cuando algo es exudativo / exudativa significa que produce exudación (sale por sus poros o sus grietas un líquido o una sustancia viscosa).

**F ebrífugo:** Reduce y controla la fiebre.

**Fibrosis quística:** Es una enfermedad genética recesiva que afecta mayormente a los pulmones, y también en menor medida al páncreas, hígado e intestino.

**Fitoquímica:** Es una disciplina científica que tiene como objeto el aislamiento, análisis, purificación, elucidación de la estructura y caracterización de la actividad biológica de diversas sustancias producidas por los vegetales.

**Flagelo:** Es una estructura filamentosas que sirve para impulsar la célula bacteriana. Tiene una estructura única, completamente diferente de los demás sistemas presentes en otros organismos, como los cilios y flagelos eucariotas, y los flagelos de las arqueas. Presenta una similitud notable con los sistemas mecánicos artificiales, pues es una compleja estructura compuesta de varios elementos (piezas) y que rota como una hélice.

**Flavonoides:** Son responsables del color de las planta, de las flores y frutos. Entre las propiedades farmacológicas de los flavonoides están: musculotrópico, espasmolítico, tranquilizante, antimicrobiana y antiflogística local.

**Frotis:** Se denomina frotis a la extensión que se realiza sobre un portaobjetos de una muestra o cultivo con objeto de separar lo más posible los microorganismos, ya que si aparecen agrupados en la preparación es muy difícil obtener una imagen clara y nítida.

**G alactógena:** Que favorece la producción de leche.

**Gastralgias:** Irritación o dolor de estómago, podría ocurrir si tienes el estómago muy sensible o tomas la pastilla sin haber ingerido ningún alimento por muchas horas.

**Gramnegativo:** Se denominan bacterias Gram negativas a aquellas bacterias que no se tiñen de azul oscuro o violeta por la tinción de Gram, y lo hacen de un color rosado tenue: de ahí el nombre de "Gram-negativas" o también "gramnegativas".

**H alo de inhibición:** Zona alrededor de un disco de antibiótico en un antibiograma en el que no se produce crecimiento bacteriano en una placa de agar inoculada con el germen. Es una medida de la potencia del antibiótico frente al germen.

**Hemolisina:** Es una proteína de bajo peso molecular que produce lisis de los eritrocitos, leucocitos y plaquetas mediante la producción de poros en la membrana citoplasmática. Es un factor de virulencia de Staphylococcus aureus, Vibrio parahemolyticus y otro gran número de bacterias patógenas.

**Herbolaria:** Es una actividad que consiste en extraer, para luego usar en un tratamiento, plantas que ostentan características medicinales, o en su defecto, los derivados de estas, como dijimos, con absolutos fines terapéuticos, ya sea para prevenir o tratar enfermedades.

**Hidrofóbico:** En el contexto fisicoquímico, el término se aplica a aquellas sustancias que son repelidas por el agua o que no se pueden mezclar con ella. Un ejemplo de sustancias hidrófobas son los aceites.

**Hidropesía:** Edema o retención de líquido en los tejidos

**I****nfusión:** es una bebida obtenida de las hojas secas, partes de las flores o de los frutos de diversas hierbas aromáticas, a las cuales se les vierte o se los introduce en agua a punto de hervir

**Inmunodeficientes:** Es un estado patológico en el que el sistema inmunitario no cumple con el papel de protección que le corresponde dejando al organismo vulnerable a la infección. Las inmunodeficiencias causan a las personas afectadas una gran susceptibilidad a padecer infecciones y una mayor prevalencia de cáncer.

**Inmunocomprometido:** Describe un sistema inmunológico que funciona por debajo del índice de normalidad. Debido a que los mecanismos de defensa son limitados en pacientes inmunodeprimidos (personas con una respuesta inmunológica defectuosa), ellos son susceptibles a las infecciones por microorganismos que están presentes en todas partes, pero que no causan enfermedad en personas saludables, e igualmente más susceptibles a las causas habituales de neumonía que puede afectar a cualquier persona.

**Inóculo:** Suspensión de microorganismos que se transfieren a un ser vivo o a un medio de cultivo a través de la inoculación.

**L****axante:** Que tiene efecto purgante. (Evacuante intestinal).

**Linimento:** Se denomina linimento a la preparación menos espesa que el ungüento en la cual entran como base aceites y bálsamos y se aplica exteriormente en fricciones. Mícela emoliente para fricciones externas.

**Lipopolisacárido:** Son polímeros complejos con restos de ácidos grasos como parte lipófila y cadenas características de oligosacáridos y polisacáridos, que forman la parte mayoritaria de la capa externa de la membrana externa de bacterias Gram negativas. En su conjunto, forman una capa protectora hidrófila en torno a la célula bacteriana que no puede ser atravesada por moléculas lipófilas.

**M****etabolito primario:** Se llama a los procesos químicos que intervienen en forma directa en la supervivencia, crecimiento y reproducción de las plantas. Son procesos químicos pertenecientes al metabolismo primario de las plantas: la fotosíntesis, la respiración, el transporte de solutos, la translocación, la síntesis de proteínas, la asimilación de nutrientes, la diferenciación de tejidos, y en general la formación de carbohidratos, lípidos y proteínas que intervienen en estos procesos o son parte estructural de las plantas.

**Metabolito secundario:** A los compuestos químicos sintetizados por las plantas que cumplen funciones no esenciales en ellas, de forma que su ausencia no es fatal para la planta, ya que no intervienen en el metabolismo primario de las plantas. Los metabolitos secundarios de las plantas intervienen en las interacciones ecológicas entre la planta y su ambiente

**Mucolítico:** Aquellas sustancias que tienen la capacidad de destruir las distintas estructuras quimiofísicas de la secreción bronquial anormal, consiguiendo una disminución de la viscosidad y, de esta forma, una más fácil y pronta eliminación.

**Mutágeno:** Es un agente físico, químico o biológico que altera o cambia la información genética (usualmente ADN) de un organismo y ello incrementa la frecuencia de mutaciones por encima del nivel natural.

**Narcótico:** Sustancia depresora del sistema nervioso central, producen narcosis o entorpecimiento de los reflejos sensorceptivos.

**Nefrotoxicidad:** Es la toxicidad ejercida sobre los riñones, órganos cuya integridad funcional es esencial para el mantenimiento de la homeostasia corporal de los seres humanos.

**Nocosomial:** En el ámbito médico se denomina **infección nosocomial** (Del latín nosocom um, hospital de enfermos), es la contraída por pacientes ingresados en un recinto de atención a la salud (no sólo hospitales).

**Osteomielitis:** Es una infección súbita o de larga data del hueso o médula ósea, normalmente causada por una bacteria piógena o micobacteria y hongos.

**Paroniquia:** Llamada también uñero o panadizo de primer grado o panadizo periungueal agudo, es la infección en la piel que rodea a las uñas de los dedos en pies o manos

**Patogenicidad:** Se define como su capacidad para producir enfermedad en huéspedes susceptibles

**Pielonefritis:** Es una infección de las vías urinarias que ha alcanzado la pelvis renal. Normalmente, los microorganismos ascienden desde la vejiga hasta el parénquima renal.

**Plato petri:** Es un recipiente redondo, de cristal o plástico, con una cubierta de la misma forma que la placa, pero algo más grande de diámetro, para que se pueda colocar encima y cerrar el recipiente, aunque no de forma hermética. Se utiliza en los laboratorios principalmente para el cultivo de bacterias, mohos y otros microorganismos.

**Queratitis:** Es una inflamación que afecta a la córnea, es decir la porción anterior y transparente del ojo.

**Quimiotipo:** En función del biotopo (días de sol, clima, composición del suelo, altitudí ), una misma planta puede secretar esencias muy diferentes desde el punto de vista bioquímico. De estas variaciones de composición bioquímicas de los aceites esenciales surge la noción de quimiotipo.

**Resina:** Es una secreción orgánica que producen muchas plantas, particularmente los árboles del tipo conífera. Es muy valorada por sus propiedades químicas y sus usos asociados, como por ejemplo la producción de barnices, adhesivos y aditivos alimenticios. También es un constituyente habitual de perfumes o incienso.

**Sepsis:** Infección que cursa con síndrome de respuesta inflamatoria sistémica (SRIS), entendiéndose que esta infección supone la presencia de gérmenes patógenos en cualquier tejido o fluido muestral del organismo y no exclusiva ni necesariamente en la sangre.

**Septicemia:** Presencia y crecimiento de gérmenes en la sangre.

**Sinergismo:** Interacción farmacológica o toxicológica en la cual el efecto biológico combinado de una o más sustancias químicas es mayor que la suma de los efectos de cada elemento solo.

**Taxón:** En biología, un **taxón** (del griego *τάξις*, transliterado como taxis, "ordenamiento") es un grupo de organismos emparentados, que en una clasificación dada han sido agrupados, asignándole al grupo un nombre en latín, una descripción, y un "tipo", de forma que el taxón de una especie es un espécimen o ejemplar concreto. Cada descripción formal de un taxón es asociada al nombre del autor o autores que la realizan, los cuales se hacen figurar detrás del nombre.

**Termolábil:** Dícese de la sustancia que se descompone o se desnaturaliza por el calor, perdiendo, generalmente, su actividad.

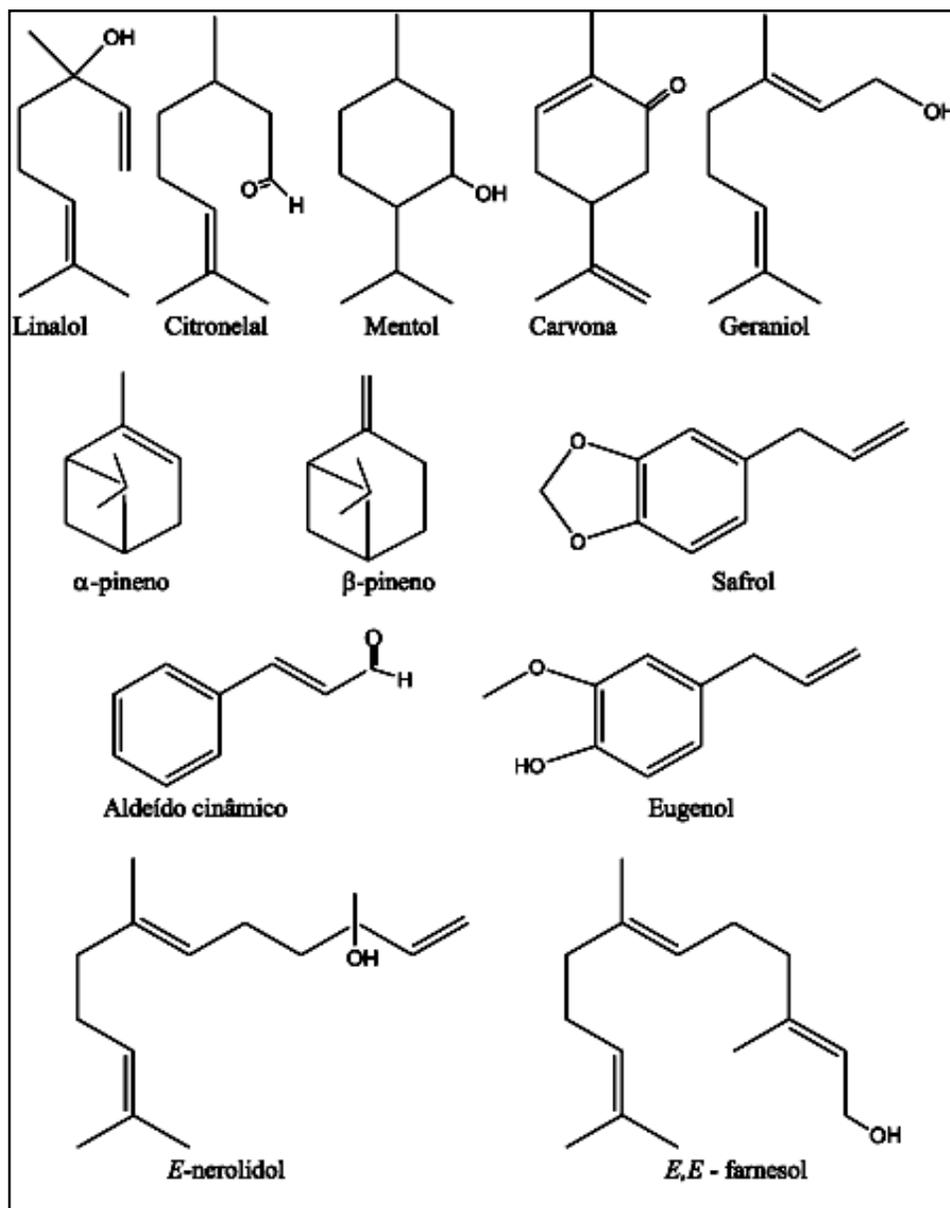
**Termoestable:** De termo, y del latín *stabilis*, estable. Adjetivo. Dícese de una sustancia que soporta una temperatura determinada sin perder ninguna de sus cualidades.

**Terpenos:** Compuestos constituidos por carbono e hidrógeno. Están formados por 2 moléculas de isopreno. Se encuentran principalmente en los aceites esenciales, siendo responsables de la fragancia de las plantas y de la actividad terapéutica. Ejemplo: Hierbabuena de pipermin, Melisa, Albahaca, Eucalipto, Zacate de limón, etc. Estas se clasifican al número de moléculas que las conforman en: monoterpenos, sesquiterpenos, diterpenos.

**Volátil:** En el contexto de la química, la física y la termodinámica es una medida de la tendencia de una sustancia a pasar a vapor. Se ha definido también como una medida de la facilidad con que una sustancia se evapora. A una temperatura dada, las sustancias con mayor presión de vapor se evaporan más fácilmente que las sustancias con una menor presión de vapor.

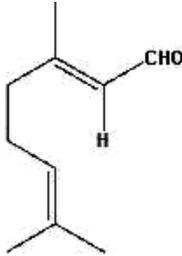
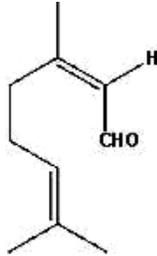
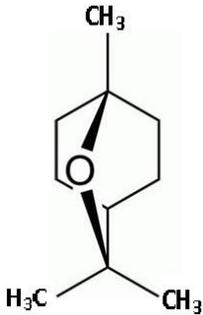
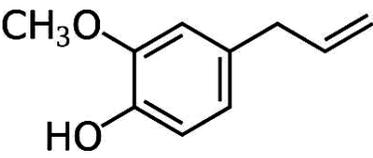
# **APARTADO VIX**

## **Anexos**

**Figura 1:** Ejemplo de monoterpenos, fenil propanoides y sesquiterpenos

Fuente: <http://www.scielo.br/img/revistas/qn/v27n1/18807f1.gif>

**Esquema 1:** Estructuras del aceite esencial característico para cada una de las 3 especies de plantas vegetales en estudio.

	Material vegetal	Aspecto	Aceite esencial característico
Hojas	Zacate de limón (Cymbopogon Citratus DC. Stapf.)		<p><b>Citral A, Citral B</b></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>Citral-a(Geranial)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Citral-b(Neral)</p> </div> </div> <p>Poco soluble en agua y glicerol, soluble en alcohol y éter. Peso molecular: 152, Densidad: 0.88, Punto de ebullición: Citral A: 92-93; B: 91-92.</p>
	Eucalipto (Eucalyptus ssp.)		<p><b>Eucaliptol</b></p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>Insoluble en agua, soluble an alcohol, cloroformo y éter. Peso molecular: 154, Punto de ebullición: 176 0C, Densidad: 0.921-0.923, Índice de refracción: 1.456, CAS 470-82-6</p>
Botones florales	Clavo de olor (Syzygium Aromaticum L.)		<p><b>Eugenol</b></p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>Insoluble en agua. Se disuelve 1:2 en alcohol al 70%. Peso molecular: 164, Punto de ebullición: 255 0C, Densidad: 1.0664, Índice de refracción: 1.5410 CAS 97-53-0</p>
<b>Fuente: Elaborado por el autor.</b>			

**Algunas enfermedades causadas por *Pseudomonas aeruginosa***

**Imagen 1:** Sepsis por *Pseudomonas aeruginosa* en un lactante previamente sano.



Fuente: <http://www.scielo.cl/fbpe/img/rci/v28n6/fig14-02.jpg>

**Imagen 2:** Ectima gangrenosa por *Pseudomonas aeruginosa*.



Fuente: <http://www.scielo.cl/fbpe/img/rci/v28n6/fig14-03.jpg>

**Imagen 3:** Queratitis por *Pseudomonas aeruginosa* con seis días de evolución.



Fuente: [http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0716-10182008000400011&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0716-10182008000400011&script=sci_arttext)

**Imagen 4:** Otitis necrotizante.



**Fuente:** <http://www.aafp.org/afp/2006/1101/afp20061101p1510-f2.jpg>

**Imagen 5:** Paroniquia, por *Pseudomonas aeruginosa*.



**Fuente:** <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Paronychia.jpg>

## ANEXO

**Tabla 1: Diámetro de la zona de inhibición e interpretación de la CIM para la *Pseudomonas aeruginosa*.**

### Zone Diameter and MIC Interpretive Standards for *Pseudomonas aeruginosa*

#### Testing Conditions

**Medium:** Disk diffusion: MHA  
 Broth dilution: CAMHB  
 Agar dilution: MHA

**Inoculum:** Growth method or direct colony suspension, equivalent to a 0.5 McFarland standard

**Incubation:** 35 ± 2 °C; ambient air;  
 Disk diffusion: 16 to 18 hours  
 Dilution methods: 16 to 20 hours

#### Minimal QC Recommendations (See Tables 3A and 4A for acceptable QC ranges.)

*Escherichia coli* ATCC® 25922  
*Pseudomonas aeruginosa* ATCC® 27853  
*Escherichia coli* ATCC® 35218 (for β-lactam/β-lactamase inhibitor combinations)

Test/Report Group	Antimicrobial Agent	Disk Content	Zone Diameter Breakpoints, nearest whole mm			MIC Interpretive Standard (µg/mL)			Comments
			S	I	R	S	I	R	
<b>PENICILLINS</b>									
(5) <i>Rx</i> : The susceptible category for these drugs implies the need for high-dose therapy for serious infections caused by <i>P. aeruginosa</i> . For these infections, monotherapy has been associated with clinical failure.									
A	Piperacillin	100 µg	≥ 18	–	≤ 17	≤ 64	–	≥ 128	
B	Ticarcillin	75 µg	≥ 15	–	≤ 14	≤ 64	–	≥ 128	
O	Azlocillin	75 µg	≥ 18	–	≤ 17	≤ 64	–	≥ 128	
O	Carbenicillin	100 µg	≥ 17	14–16	≤ 13	≤ 128	256	≥ 512	
O	Mezlocillin	75 µg	≥ 16	–	≤ 15	≤ 64	–	≥ 128	

**ANEXO**

**Continuación**

Test/Report Group	Antimicrobial Agent	Disk Content	Zone Diameter Breakpoints, nearest whole mm			MIC Interpretive Standard (µg/mL)			Comments
			S	I	R	S	I	R	
<b>β-LACTAM/β-LACTAMASE INHIBITOR COMBINATIONS</b>									
See comment (4).									
B	Piperacillin-tazobactam	100/10 µg	≥ 18	–	≤ 17	≤ 64/4	–	≥ 128/4	
O	Ticarcillin-clavulanic acid	75/10 µg	≥ 15	–	≤ 14	≤ 64/2	–	≥ 128/2	
<b>CEPHEMS (PARENTERAL) (Including cephalosporins I, II, III, and IV. Please refer to Glossary I.)</b>									
A	Ceftazidime	30 µg	≥ 18	15–17	≤ 14	≤ 8	16	≥ 32	(6) Interpretive criteria are based on a dosage regimen of 1 g every 6 h or 2 g every 8 h.
B	Cefepime	30 µg	≥ 18	15–17	≤ 14	≤ 8	16	≥ 32	(7) Interpretive criteria are based on a dosage regimen of 1 g every 8 h or 2 g every 12 h.
<b>MONOBACTAMS</b>									
B	Aztreonam	30 µg	≥ 22	16–21	≤ 15	≤ 8	16	≥ 32	(8) Interpretive criteria are based on a dosage regimen of 1 g every 6 h or 2 g every 8 h.
<b>CARBAPENEMS</b>									
B	Imipenem	10 µg	≥ 16	14–15	≤ 13	≤ 4	8	≥ 16	
B	Meropenem	10 µg	≥ 16	14–15	≤ 13	≤ 4	8	≥ 16	
<b>LIPOPEPTIDES</b>									
O	Colistin	10 µg	≥ 11	–	≤ 10	≤ 2	4	≥ 8	
O	Polymyxin B	300 units	≥ 12	–	≤ 11	≤ 2	4	≥ 8	
<b>AMINOGLYCOSIDES</b>									
A	Gentamicin	10 µg	≥ 15	13–14	≤ 12	≤ 4	8	≥ 16	
A	Tobramycin	10 µg	≥ 15	13–14	≤ 12	≤ 4	8	≥ 16	
B	Amikacin	30 µg	≥ 17	15–16	≤ 14	≤ 16	32	≥ 64	
O	Netilmicin	30 µg	≥ 15	13–14	≤ 12	≤ 8	16	≥ 32	
<b>FLUOROQUINOLONES</b>									
B	Ciprofloxacin	5 µg	≥ 21	16–20	≤ 15	≤ 1	2	≥ 4	
B	Levofloxacin	5 µg	≥ 17	14–16	≤ 13	≤ 2	4	≥ 8	
U	Lomefloxacin or ofloxacin	10 µg	≥ 22	19–21	≤ 18	≤ 2	4	≥ 8	
U	Norfloxacin	5 µg	≥ 16	13–15	≤ 12	≤ 2	4	≥ 8	
U	Norfloxacin	10 µg	≥ 17	13–16	≤ 12	≤ 4	8	≥ 16	
O	Gatifloxacin	5 µg	≥ 18	15–17	≤ 14	≤ 2	4	≥ 8	(9) These interpretive criteria apply to isolates from the urinary tract only.

Fuente: CLSI: Clinical and Laboratory Standards Institute, M100-S21 Vol 31, No. 1, January 2011.

**Botones florales secos de Clavo de olor (*Syzygium aromaticum* L.) y pesada de la muestra.**

**Imagen 6**



**Imagen 7**



**Extracción del Aceite esencial de Clavo de olor por método de Arrastre con vapor de agua.**

**Imagen 8**



Refrigerante

Generador de Vapor

Muestra: Clavo de olor.

Matraz colector cubierto de hielo.

**Imagen 9**



Como el aceite esencial de Clavo de olor es más denso que el agua se puede observar la formación de pequeñas gotas oleosas al fondo del recipiente.

Hojas secas de Zacate de limón (*Cymbopogon Citratus* DC.Stapf.) y pesada de la muestra.

Imagen 10



Imagen 11



Extracción del aceite esencial de Zacate de limón por el método de Arrastre con vapor de agua.

Imagen 12



Imagen 13

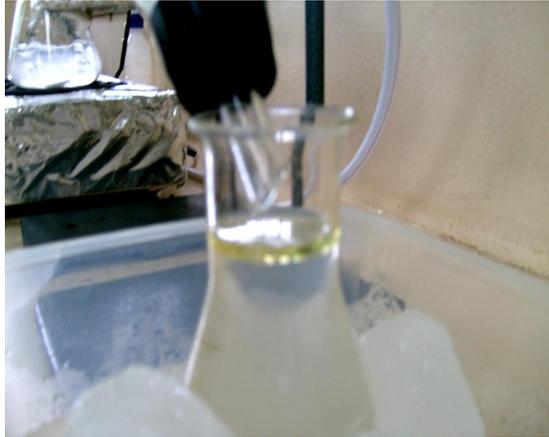


Formación de las fases oleosas y acuosas en el proceso de extracción.

Imagen 14



Imagen 15



**Arboleda de Eucaliptos. Área peri-urbana de Ciudad Sandino, entrada a Sta. Eduvigés. Km 10.5  
Carretera nueva a León.**

**Imagen 16**



**Imagen 17**



Preparación del Eucalipto (*Eucalyptus* spp).

Imagen 18



Imagen 19



Pesada de la muestra y extracción del aceite esencial de Eucalipto por el método de Arrastre con vapor de agua.

Imagen 20



Imagen 21



Imagen 22



Imagen 23



Proceso de separación de las fases (oleosa y acuosa) y obtención del aceite esencial.

Imagen 24



Imagen 25



Imagen 26



Imagen 27



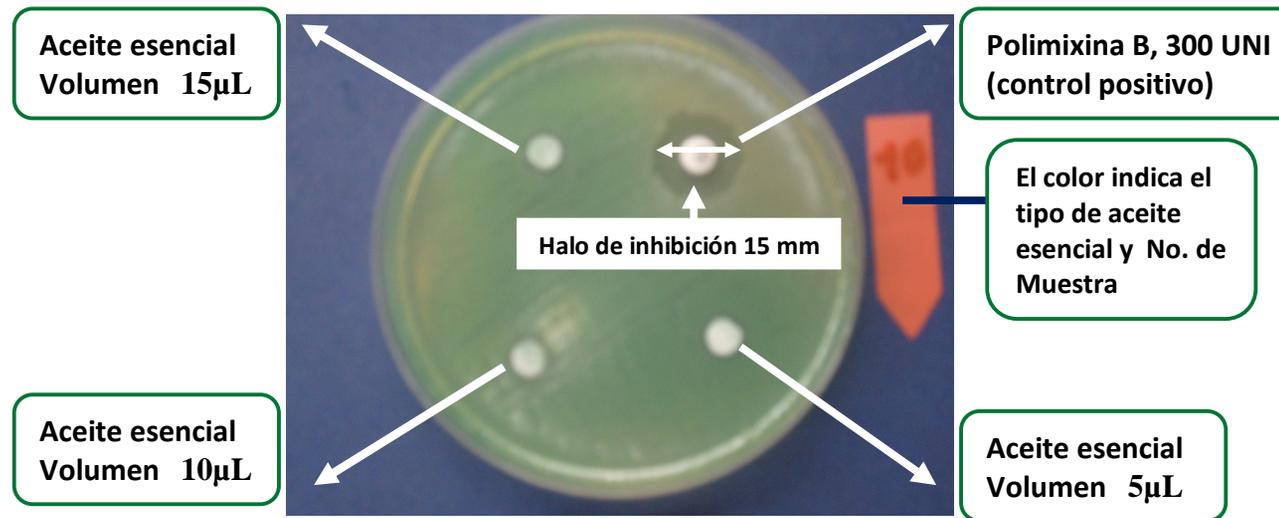
Imagen 28



Imagen 29



Figura 2: Ejemplo de las posiciones de los sensidiscos en el plato petri



ANTIBIOGRAMA UTILIZANDO LA CEPA, PSEUDOMONAS AERUGINOSA (ATCC 27853)

Aceite esencial de Zacate de limón (*Cymbopogon Citratus* DC. Stapf.) →

Imagen 30

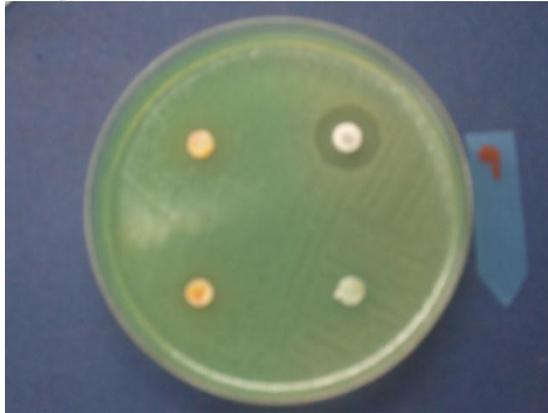


Imagen 31



Imagen 32



Aceite esencial de Eucalipto (*Eucalyptus* spp.) →

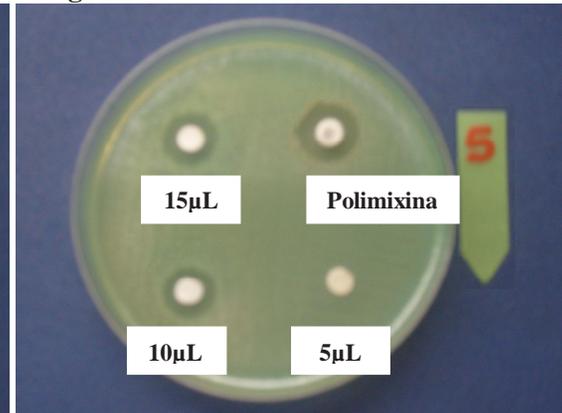
Imagen 33



Imagen 34



Imagen 35



Aceite esencial de Clavo de olor (*Syzygium aromaticum* L.) →

Imagen 36



Imagen 37



Imagen 38



Aceite esencial combinado de Zacate de limón + Eucalipto + Clavo de olor. →

Imagen 39



Imagen 40

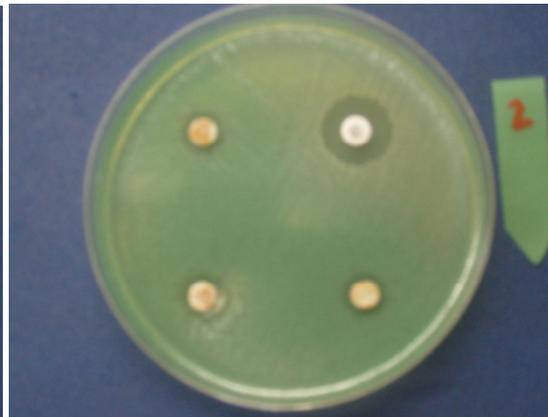


Imagen 41

