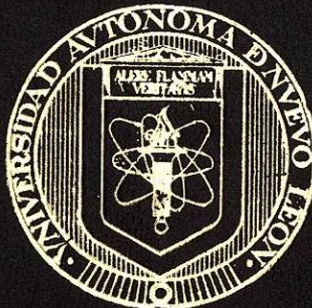


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE EXTRACTOS  
DE 15 PLANTAS NATIVAS DE NUEVO LEON

TESIS  
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER  
EL TITULO DE  
QUIMICO BACTERIOLOGO PARASITOLOGO

PRESENTA  
GERARDO MAYEL CANTU CABELLO

San Nicolás de los Garza, N. L.

Diciembre de 2001

FCB

TL  
QK99  
.M6  
C3  
2001  
c.1

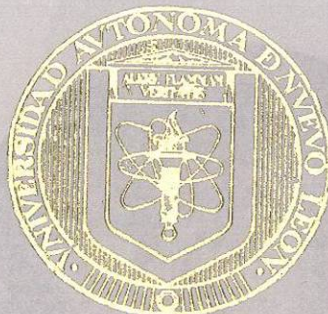
GMCC



1080117225

30443

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE EXTRACTOS  
DE 15 PLANTAS NATIVAS DE NUEVO LEON

ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE EXTRACTOS  
DE 15 PLANTAS NATIVAS DE NUEVO LEÓN

TESIS  
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER  
EL TITULO DE  
QUIMICO BACTERIOLOGO PARASITOLOGO

PRESENTA  
GERARDO MAYEL CANTU CABELLO

San Nicolás de los Garza, N. L.

Diciembre de 2001

San Nicolás de los Garza, N. L.

Diciembre de 2001



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE EXTRACTOS  
DE 15 PLANTAS NATIVAS DE NUEVO LEÓN

TESIS

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE  
QUÍMICO BACTERIÓLOGO PARASITÓLOGO

PRESENTA

GERARDO MAYEL CANTÚ CABELLO

San Nicolás de los Garza, N. L.

Diciembre de 2001.

TL  
QK99  
oM6  
C3

# UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE EXTRACTOS  
DE 15 PLANTAS NATIVAS DE NUEVO LEÓN

TESIS

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE  
QUÍMICO BACTERIÓLOGO PARASITÓLOGO

PRESENTA  
GERARDO MAYEL CANTÚ CABELLO

COMISIÓN DE TESIS:

Dra. Azucena Oranday Cárdenas

Presidente

Dra. Catalina Rivas Morales

Vocal

M.C. Glafiro J. Alanís Flores

Asesor Invitado

Dra. Graciela García Díaz

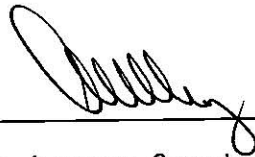
Secretario

Dra. Adriana Muñoz González

Suplente



Este trabajo se realizó en el Laboratorio de Química de Productos Naturales de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León, bajo la asesoría de la Dra. Azucena Oranday Cárdenas. Apoyado parcialmente por el Programa PAICYT 2000 de la Universidad Autónoma de Nuevo León, con clave: SA-238



---

Dra. Azucena Oranday Cárdenas

Presidente de tesis

## DEDICATORIA

A mi Padre Dios, por permitirme la oportunidad de existir.

A mi Madre, Maria del Carmen Cabello que ha estado a mi lado en todo momento para alentarme y corregirme en este difícil trayecto de la vida.

A mi Padre, Ismael Cantú Quintanilla por darme la libertad de decidir y hacer hasta lo imposible para que lograra mis metas.

A mis hermanos Cora Pamela y Jesús Emanuel por ser mis mejores y más grandes amigos.

A mi abuelita Ma. Cruz Quintanilla y abuelito Federico Cantú (Q.E.P.D) por ser una parte importante de mi vida.

Y con todo mi amor a mis abuelitos Cora Barbosa y Nemesio Cabello, quienes han sido como mis padres y me han alentado para lograr todos y cada uno de mis planes.

## AGRADECIMIENTOS

A Dios por ayudarme a estar siempre a su lado.

A mi maestra, Dra. Azucena Oranday Cárdenas por darme la oportunidad de trabajar con ella, a pesar de mi forma de ser, por sus consejos y su tiempo, por la libertad y la confianza que me brindo para poder expresar mis inquietudes en todo momento. Gracias totales.

A mis sinodales la Dra. Graciela García Díaz, por los consejos para la mejora de este trabajo, la Dra. Catalina Rivas Morales por la ayuda para la realización de este proyecto, al M.C. Glafiro J. Alanís por su apoyo en todo lo referente a la parte botánica de esta tesis.

Al Q.B.P. Juan Antonio Rodríguez Arzave, por ser quien me dio la primera oportunidad para desarrollarme como Q.B.P. , gracias por su amistad y sus consejos.

A la M.C. Esperanza Castañeda quién además de ser una maestra excepcional es para mí una amiga extraordinaria, gracias por su tiempo, consejos y por permitirme conocerla y ser su amigo.

Al M.C. Félix Barrera un maestro por el que vale la pena estudiar en la Facultad de Biología, le agradezco en todo lo posible su sincera amistad y sus consejos.

A la maestra Eufemia y el maestro Jaime, por apoyarme en mi trabajo y estar siempre ahí, por si algo se necesitaba.

A mi tía Maria de los Ángeles Cantú por la ayuda en la revisión de esta tesis, y sus consejos para mejorarla.

A Susana De la Torre Zavala, quien no es solo una compañera sino una de mis mejores amigas, gracias por ser parte de esta historia.

A mis amigos, Juana de Jesús Malvaéz, Marco A. Contreras, Daniel Muñoz, Hamlet Avilés, Rafael Galván, Ricardo Salinas, Jorge Rodríguez, Virginia A. García, Luis Hernández por su amistad y por todos los buenos momentos que compartimos durante nuestros estudios.

A Mariana Pérez M.H. quién se encargo de que el trabajo práctico de esta tesis no se volviera impractico y participo de manera activa en la realización de este proyecto. Gracias por tu ayuda, tu tiempo y tu amistad.

A mis amigos del Departamento de Bioquímica, Maestra Lilia Miranda, Mary Paz, Juany, Evelia, Rito, Toño, por hacerme sentir como en casa estos cuatro años que hemos compartido.

Al Sr. Blas Villarreal Garza por su ayuda en la colecta y obtención de los ejemplares utilizados en esta tesis.

A quienes han estado a mi lado s estos cinco años gracias por su tiempo, su amor y su esperanza.

A todos los que de alguna u otra forma han ayudado a la elaboración de este trabajo. Gracias.

Quisiera agregar algo, a pesar de que lean esta tesis pasara lo siguiente:  
Las preguntas importantes seguirán sin ser resueltas. Por ejemplo, ¿Cómo hacer que la persona deseada se interese en uno?, ¿Cómo sobreponerse a un a equivocación o a una situación vergonzosa?, ¿Cómo hacer para disfrutar de nuestras vidas?

Por lo tanto creo que no basta con hacer las cosas hay que hacer que las cosas sucedan.

LISTA DE FIGURAS	PÁG.
Figura 1. Daños celulares generados por los radicales libres	5
Figura 2. Métodos extractivos a partir de la planta	17
Figura 3. Representación geográfica del estado de Nuevo León en la República Mexicana	21
Figura 4. Distribución vegetal del estado de Nuevo León	36
Figura 5. Metodología para la evaluación de la actividad antioxidante	40
Figura 6. Áreas de colecta, amarillo Gral. Escobedo, azul Cadereyta Jiménez y rojo Salinas Victoria.	42

#### LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Flora presente en el estado de Nuevo León.	22
Tabla 2. Tipos de climas presentes y su superficie estatal.	23
Tabla 3. Plantas nativas del estado de Nuevo León.	39
Tabla 4. Porcentaje de rendimiento de la extracción por agitación constante a temperatura ambiente.	46
Tabla 5. Extractos con significativa actividad antioxidante.	48
Tabla 6. Actividad antioxidante de los extractos con éter de petróleo a 50,000 ppm.	49
Tabla 7. Actividad antioxidante de los extractos con acetona a 50,000 ppm.	50
Tabla 8. Actividad antioxidante de los extractos con metanol a 50,000 ppm.	51

#### LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. $IC_{50}$ de extractos con elevada actividad antioxidante.	48
Gráfica 2. Actividad antioxidante de extractos etéreos a 50,000ppm.	49
Gráfica 3. Actividad antioxidante de extractos acetónicos a 50,000ppm.	50
Gráfica 4. Actividad antioxidante de extractos metanólicos a 50,000ppm.	51
Gráfica 5. Actividad antioxidante de los controles TBHQ y BHA en etanol.	51

## ABREVIATURAS

Abs	Absorbancia
ADN	Ácido desoxirribonucleíco
BHA	Butilhidroxianisol
DPPH	1,1-difenil-2-picrilhidrazil
IC <sub>50</sub>	Concentración requerida para inhibir el 50% de radical libre
LDL	Lipoproteínas de baja densidad
N.D.G.A.	Nordihidroguayarético
SOD	Enzima superóxido dismutasa
TBHQ	Terbutilhidroxiquinona
L	Litro
mL	Mililitro
μL	Microlitro
nm	Nanómetro
m	Metro
cm	Centímetro
mm	Milímetro
°C	Grados Celsius

## RESUMEN

Gerardo Mayel Cantú Cabello

Fecha de Obtención de Grado:

Universidad Autónoma de Nuevo León

Diciembre, 2001

Facultad de Ciencias Biológicas

### ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE EXTRACTOS DE 15 PLANTAS NATIVAS DE NUEVO LEÓN

Palabras clave: Radical libre, DPPH, Antioxidante,  $IC_{50}$

Área de Estudio: Química de Productos Naturales

**Propósito y Método de Estudio:** Los antioxidantes naturales presentes en plantas han llamado recientemente la atención por su rol en la protección del cuerpo humano en contra de un número considerable de enfermedades degenerativas. Una creciente evidencia experimental sugiere recientemente que estos compuestos protegen de manera importante las funciones biológicas de las células en contra de la actividad de los radicales libres. Se evaluó la actividad antioxidante de los extractos etéreos, acetónicos y metanólicos obtenidos a partir de 15 plantas nativas del estado de Nuevo León, por medio de la técnica del radical libre 1,1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH) estandarizada para la determinación de la actividad antiradical en los extractos de las mismas, utilizando una solución de DPPH 0.1mM en etanol y midiendo la absorbancia después de 20 minutos de la adición de la muestra, a 3 mL de la solución del radical libre, a una longitud de onda de 519nm en el espectro visible. Se determinó la  $IC_{50}$ , la cual nos indica la concentración necesaria para inhibir el 50% del radical libre, de los extractos con marcada actividad antioxidante y se separó en sus compuestos con actividad antioxidante por medio de una cromatografía en capa fina revelada con una solución de DPPH al 0.1% en metanol, dando como positivo la aparición de manchas amarillas sobre fondo violeta que después de 15 minutos de realizar el revelado.

**Contribuciones y Conclusiones:** El extracto metanólico de Chaparro prieto *Acacia rigidula* Benth. (Leguminosae) presentó una  $IC_{50}$  de 5,000 ppm siendo esta la más alta junto con la del Palo azul *Eysenhardtia polystachya* (Ortega) Sarg. (Leguminosae) con una  $IC_{50}$  de 5,500 ppm. Los componentes presentes en estos dos extractos se separaron en la cromatografía en capa fina resultando para *Acacia rigidula* Benth. un compuesto con  $R_f$  de 0.81 mientras que para *Eysenhardtia polystachya* (Ortega) Sarg. un  $R_f$  de 0.72 ambos con marcada actividad antioxidante.

## ABSTRACT

Gerardo Mayel Cantú Cabello

Universidad Autónoma de Nuevo León

Facultad de Ciencias Biológicas

### ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE EXTRACTOS DE 15 PLANTAS NATIVAS DE NUEVO LEÓN

Keywords: Free Radical, DPPH, Antioxidant,  $IC_{50}$

Research Area: Chemistry of Natural Products

Method: Natural antioxidants present in plant have recently attracted considerable attention for their presumed role in protecting human body against a wide number of degenerative diseases. A growing experimental evidence has recently suggested that these compounds can affect a wide range of cell biological functions by virtue of their radical scavenging activity. The evaluation of scavenging activity from the extracts obtain for 15 plants natives from Nuevo León state, by the DPPH Free radical scavenging activity method with a DPPH 0.1mM ethanol solution and read the absorbance at 519nm wave long after 20 in a VIS spectrophotometer. The  $IC_{50}$  values, are the concentration necessary for decreces the 50% of radical activity. The extracts with a remarkable antioxidant activity are separated by planar chromatography and revealed with a solution of DPPH 0.1% in ethanol, positive points appears in yellow colour in a purple background.

Conclusion: The metanolic extract of Chaparro prieto *Acacia rigidula* Benth. (Leguminosae) present an  $IC_{50}$  of 5,000 ppm the major for all extracts, and the metanolic extract of Palo azul *Eysenhardtia polystachya* ( Ortega ) Sarg. (Leguminosae) have an  $IC_{50}$  around the 5,500 ppm. The components presents in both extracts was separated by thin layer chromatography this compound for *Acacia rigidula* Benth. have an  $R_f$  of 0.81 then the extract of *Eysenhardtia polystachya* ( Ortega ) Sarg. an  $R_f$  de 0.72 both with a remarkable radical scavenging capacity.



	CONTENIDO	Página
	Dedicatoria	i
	Agradecimientos	ii
	Lista de figuras, tablas y gráficas	iv
	Abreviaturas	v
	Resumen	vi
	Abstract	vii
1	INTRODUCCIÓN	1
2	ANTECEDENTES	4
2.1	Radicales libres	4
2.2	Antioxidantes	9
2.2.1	Clasificación de los antioxidantes	10
2.2.1.1	Ácido Lipoíco	10
2.2.1.2	Ácido Úrico	11
2.2.1.3	Coenzima Q10 (CoQ10)	11
2.2.1.4	Enzimas	11
2.2.1.5	Fitonutrientes	11
2.2.1.6	Minerales	13
2.2.1.7	Péptidos	13
2.2.1.8	Vitaminas	13
2.2.2	Presencia de los antioxidantes	14
2.2.3	Métodos para la identificación y cuantificación de antioxidantes	15
2.2.3.1	Técnicas espectrofotométricas	15
2.2.3.1.1	Decoloración de la Crocina	15
2.2.3.1.2	Respuesta de la relajación endotelio- dependiente en anillos aórticos de rata	16
2.2.3.1.3	Actividad antioxidante específica (SAA)	16
2.2.3.1.4	Actividad antioxidante equivalente en Trolox (TEAC)	16
2.2.3.1.5	Actividad atrapadora del radical Superóxido (SOSA)	16
2.2.3.1.6	Evaluación de la reducción del 1,1-difenil-2- picrilhidrazil (DPPH)	17
2.2.3.2	Métodos cromatográficos	17

2.2.3.2.1	Técnicas de decoloración en cromatografía de capa fina	17
2.2.4	Métodos para la obtención de los principios antioxidantes	17
2.3	Zona de estudio	19
2.3.1	Localización	20
2.3.2	Recursos naturales	21
2.3.3	Climatología	22
2.4	Hábitat ecológico	23
2.4.1	Vegetación	23
2.4.2	Flora sujeta a estudio	24
2.4.2.1	Descripción de algunas familias	24
2.4.2.1.1	Boraginaceae	24
2.4.2.1.2	Compositae	25
2.4.2.1.3	Euphorbiaceae	26
2.4.2.1.4	Labiatae	28
2.4.2.1.5	Leguminosae	28
2.4.2.1.6	Rhamnaceae	29
2.4.2.1.7	Rutaceae	30
2.4.2.1.8	Scrophulariaceae	31
2.4.2.1.9	Simaroubaceae	31
2.4.2.1.10	Turneraceae	32
2.4.2.1.11	Zygophyllaceae	33
2.4.3	Distribución según su localización	33
2.4.3.1	Matorral espinoso y mezquital	33
2.4.3.2	Matorral submontano	34
2.4.3.3	Matorral desértico	34
2.4.3.3.1	Matorral desértico micrófilo	35
3	HIPÓTESIS	37
4	OBJETIVO GENERAL	38
4.1	Objetivos específicos	38
5	MATERIAL Y MÉTODOS	39
5.1	Muestras	39

5.2	Equipo	39
5.3	Reactivos	40
5.4	Metodología	40
5.4.1	Estrategia general	40
5.4.1.1	Selección de la muestra	41
5.4.1.2	Obtención de la muestra	41
5.4.1.2.1	Localización de los lugares de colecta	41
5.4.1.2.1.1	Cadereyta Jiménez	41
5.4.1.2.1.2	General Escobedo	41
5.4.1.2.1.3	Salinas Victoria	42
5.4.1.3	Identificación botánica	43
5.4.1.4	Secado y Triturado	43
5.4.1.5	Extracción	43
5.4.1.6	Evaluación de la actividad antioxidante	43
5.4.1.7	Separación de los compuestos con actividad antioxidante.	44
6	RESULTADOS	46
6.1	Porcentaje de rendimiento	46
6.2	Técnica para la determinación de la actividad antiradical	47
6.3	Actividad antioxidante de los extractos	47
7	DISCUSIONES	53
8	CONCLUSIONES	58
9	LITERATURA CONSULTADA	59
9.1	Direcciones "on line"	62
	ANEXO	64

## 1. INTRODUCCIÓN

Actualmente nos encontramos en un México en transición, en el cual las tradiciones ancestrales contrastan día a día con la modernidad del siglo XXI. Afortunadamente algunas de ellas, como es la del uso de las plantas para el tratamiento de ciertos padecimientos patológicos, han tomado un arraigo en este México de cambios. Hoy en día, el estudio de los componentes de aquellas plantas cuyas propiedades han beneficiado a nuestros indígenas se ha incrementado y tenemos una serie de compuestos que nos ayudan a llevar una vida mejor, gracias al aporte de las plantas nativas de nuestro país y a su gran diversidad etnobotánica ha sido posible la identificación de compuestos que ayudan a la prevención, tratamiento y/o curación de diversas enfermedades o secuelas de las mismas.

El cambio que se ha gestado en México desde la antigüedad hasta la época contemporánea, se ha traducido en un trastorno de la forma de vida de cada uno de los individuos que componemos este país, estamos expuestos a una serie de factores distintos a los que se expusieron nuestros antepasados y no es precisamente a agentes positivos, convivimos diariamente con agentes cancerígenos, contaminantes ambientales, radiaciones ultravioleta, el humo del cigarro, el aceite o las grasas rancias, estrés y algunos otros elementos (40). Nuestros cuerpos se ven afectados constantemente por estos componentes, durante los procesos de exposición a éstos, el organismo puede verse afectado en una amplia gama de formas, sin embargo una de ellas es la que nos interesa, la producción de "radicales libres".

Nuestro cuerpo, al igual que todo lo que nos rodea, está constituido por átomos que a su vez se agrupan en moléculas. Aproximadamente 60 condiciones físicas no óptimas son causadas por los radicales libres (61). Una forma en que los radicales libres causan daño es alterando la estructura de las proteínas presentes en las paredes celulares, de tal forma que las células pierden su capacidad de transferencia de nutrientes, y da lugar al inicio de los desórdenes en la liberación de

los componentes de desecho que se generan de manera natural dentro de la célula, impidiendo así la expulsión de los desperdicios y su propia capacidad de reproducirse, que inevitablemente las llevan a la muerte. Esta es la forma en que los radicales libres aceleran el proceso de envejecimiento (6,8), además de que pueden dañar la información genética en las células y producir desde una mutación que induzca a la apoptosis, hasta un crecimiento incontrolado de las mismas para dar origen a un cáncer (6,8).

Sin embargo, el cuerpo ha creado sus propias protecciones en contra de estos daños. Para neutralizar los radicales libres, el sistema inmunológico usa antioxidantes que existen en forma natural en plantas y minerales (53), que los mantienen funcionando al máximo cuando son usados por el cuerpo en forma regular, además de los sistemas enzimáticos encargados del desdoblamiento de los agentes oxidantes. Podemos decir, que un compuesto tiene propiedades antioxidantes cuando es capaz de neutralizar la acción oxidante de una molécula inestable o bien, de un radical libre, sin perder su propia estabilidad electroquímica (52). Hay poco que podamos hacer para evitar la formación de radicales libres, pero podemos prevenir el daño que éstos causan, asegurándonos de obtener una buena dosis de antioxidantes diariamente.

Algunas de las fuentes principales de antioxidantes son las plantas, debido a que están estrechamente asociados con la calidad sensorial y nutritiva de las comidas vegetales frescas y procesadas, es por esta razón que participan como coadyuvantes con nuestro cuerpo para proporcionarnos de estos compuestos vitales.

En la región noreste del país comprendida por los estados de Tamaulipas, Coahuila y Nuevo León, encontramos características geográficas, fisiográficas y climatológicas muy especiales que difieren de manera sustancial con las que se presentan en otras regiones de México, es por eso que presentan una diversidad etnobotánica particular y de la cual se ha hecho uso de una serie de plantas de

manera tradicional, para su empleo ya sea en el ámbito terapéutico o en la elaboración de diversos alimentos tradicionales.

En la región que comprende al estado de Nuevo León se encuentra presente la gobernadora *Larrea divaricata* de la cual se obtiene el antioxidante nordihidroguayarático el cual es específico para ciertas aplicaciones obteniéndose muy buenos resultados de su uso, pero limitado a otros por su toxicidad <sup>(29,32)</sup>, es esta una de las razones por la cual se busca en la región otras plantas que cuenten con estos compuestos. De aquí se desprende la búsqueda de antioxidantes en diversas plantas nativas del estado de Nuevo León.

## 2. ANTECEDENTES

### 2.1 Radicales libres

Últimamente se ha registrado un marcado interés por los radicales libres y la función que desempeñan en los sistemas biológicos. Definiremos a un radical libre como una especie química – con existencia propia- que en su conformación involucre electrones desapareados en los orbitales que participan en las uniones químicas (38). Los radicales libres pueden ser formados tanto por la pérdida como por la ganancia de un electrón. En el primer caso, se trata de una oxidación inducida por el radical, mientras que en el segundo caso estamos hablando de una reducción.

Las reacciones de radicales libres son parte integral de la química de los sistemas vivos. Por ejemplo: durante el proceso de desdoblamiento de carbohidratos a glucosa, que a su vez sea convertida en  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  y energía, se requiere de una serie larga de reacciones de oxidación-reducción para realizar esta conversión. En los pasos finales de la oxidación, los electrones que se precisan para la reducción de  $\text{O}_2$  a  $\text{H}_2\text{O}$  son proporcionados por el ion  $\text{Fe}^{2+}$  y éste a su vez es regenerado en las células a partir del ion  $\text{Fe}^{3+}$  por la acción de una hidroquinona. La conversión del ion  $\text{Fe}^{3+}$  a  $\text{Fe}^{2+}$  es el cambio de un electrón. La acción de la dihidro-ubiquinona depende de la capacidad de una hidroquinona de perder un electrón cada vez, siendo el intermediario semiquinona, un radical libre relativamente estable (23). También se forman radicales cuando se rompe la unión covalente entre dos átomos, de modo que los dos electrones que son compartidos por dicha unión se separan, quedando uno en cada átomo teniendo así dos radicales libres. Sea cual fuere el mecanismo de la formación de un radical, el electrón en más o menos desestabiliza al átomo, ya que eleva su contenido energético y lo torna altamente reactivo. Como su tendencia espontánea es volver al estado de menor energía, cediendo o recibiendo electrones, reacciona rápidamente con otros átomos o moléculas que se encuentran cerca.

Ahora expongo un ejemplo en el cual hay formación de radicales libres indeseables en algún sistema biológico, ciertos tipos de radiación ( $\alpha, \beta$  y  $\gamma$ ; Rayos  $\chi$ ) se les conoce como radiaciones ionizantes y se sabe que dañan las células activas, al producir una ruptura de las moléculas en iones y radicales libres (19,24). Estas rupturas pueden causar un daño celular por una de estas dos rutas: la destrucción directa de los componentes celulares y la formación de radicales libres o iones, que sufren reacciones anormales con otros componentes celulares. Algunas de las formas en las que los radicales libres pueden afectar directamente a nuestras células como lo es el daño a las membranas o la generación de mutaciones en el material genético, se presentan en la figura 1.

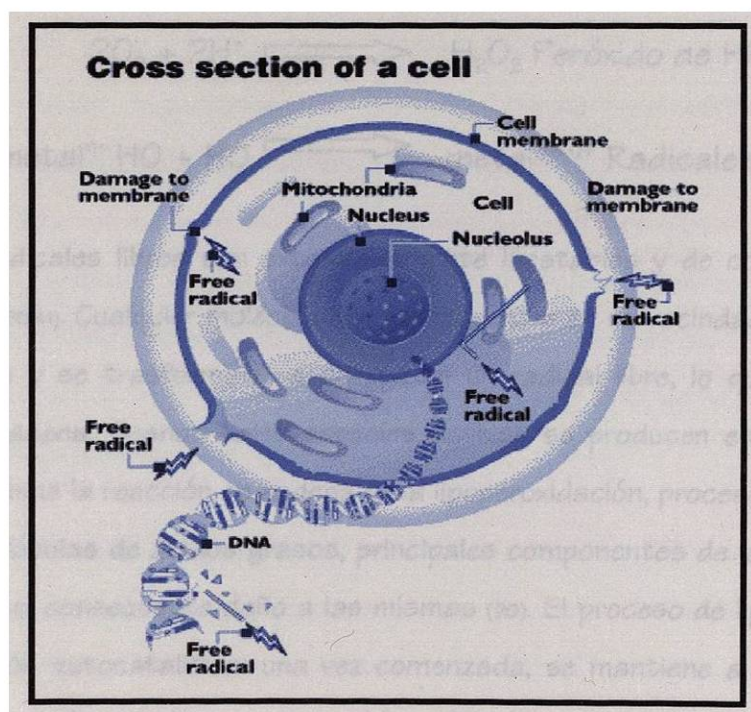
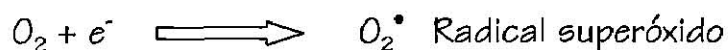


Figura 1. Daños celulares generados por los radicales libres.\*<sup>1</sup>

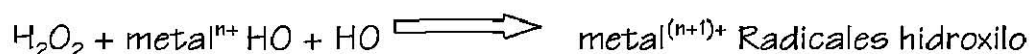
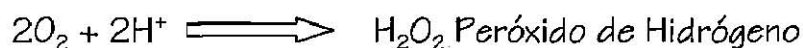
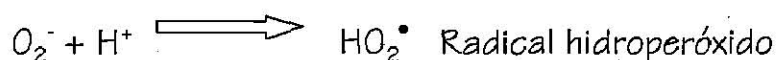
Uno de los radicales libres que se producen normalmente en los seres vivos es el  $O_2^{\bullet}$ , denominado radical superóxido, que consiste en una molécula de oxígeno que ha adquirido un electrón adicional, según la siguiente reacción:

<sup>1</sup> <http://www.angine.alternative-healthcare/>





Este radical libre es uno de los productos finales de la respiración celular, la cual tiene lugar en las mitocondrias, corpúsculos intracelulares que son blanco de sus mismos subproductos. Durante dicha respiración, la mayor parte del oxígeno que llega a las mitocondrias es completamente reducido y se transforma en agua. Sin embargo, aproximadamente un 5% del oxígeno se reduce sólo parcialmente, con la consecuente producción del radical superóxido (20). Esta especie activa puede, a su vez, originar otros radicales libres, de acuerdo con las reacciones siguientes:



Los radicales libres son extremadamente inestables y de corta vida (vida media  $10^{-9}$ s) (25,41). Cualquier molécula que se encuentre en su vecindad inmediata se verá afectada y se transformará, a su vez en un radical libre, lo que desata una reacción en cadena. Cuando tales especies activas se producen en la membrana celular, predomina la reacción en cadena de la lipoperoxidación, proceso por el cual se oxidan las moléculas de ácidos grasos, principales componentes de las membranas celulares, con el consecuente daño a las mismas (20). El proceso de lipoperoxidación es una reacción autocatalítica: una vez comenzada, se mantiene a si misma. Los productos secundarios de esta reacción, aldehídos, etano, pentano, cetonas, malondialdehído y 4-hidroxinonenal, son altamente reactivos (43) y también contribuyen al efecto tóxico producido (44). La reacción con los sustratos biológicos como las proteínas, aminas y el ácido desoxirribonucleico (ADN). Estos procesos juegan un papel importante en las enfermedades degenerativas y representan una contribución importante al riesgo de adquirir un cáncer (43). En determinadas circunstancias, la producción de radicales libres puede aumentar en forma descontrolada, situación conocida con el nombre de estrés oxidativo. Este concepto

expresa la existencia de un desequilibrio entre las velocidades de producción y de destrucción de las moléculas tóxicas que da lugar a un aumento en la concentración celular de los radicales libres.

Estas moléculas inestables recorren nuestro cuerpo intentando "robar" un electrón con vistas a recuperar su estabilidad electroquímica, lo que las hace muy peligrosas porque para conseguirlo atacan moléculas estables. Una vez que el radical libre ha conseguido "robar" el electrón que necesita para emparejar su electrón libre, la otra molécula se convierte a su vez en un radical libre, iniciándose así un ciclo destructivo para nuestras células (51).

Recientemente se han acumulado evidencias que sugieren la existencia de una relación entre el estrés oxidativo y el origen de numerosas enfermedades. Por ejemplo, las células fagocíticas del sistema inmune -neutrófilos, monocitos, macrófagos y eosinófilos- que defienden al organismo contra la agresión de agentes extraños, producen grandes cantidades de radicales libres como parte del mecanismo de defensa que les permite destruir dichos agentes. Aunque esto constituye una defensa esencial contra la infección, hay enfermedades tales como la artritis reumatoide la cual se produce por el exceso de activación fagocitaria y el consecuente daño a los tejidos.

El ADN, principal componente de los cromosomas, también constituye uno de los mayores blancos de los radicales libres. Las mutaciones resultantes del daño producido por estos al ADN podrían conducir, en última instancia, a la pérdida del control de la división celular con la consiguiente formación de tumores.

Existen además, otras patologías en cuya generación podrían participar efectos de los radicales libres. Entre ellas se han considerado, por ejemplo, las enfermedades degenerativas del sistema nervioso (enfermedades de Alzheimer, de Parkinson y de Hodgkin); cataratas; arteriosclerosis; adicciones como el alcoholismo y el tabaquismo; el daño tóxico agudo del hígado, el proceso de isquemia y reperusión que ocurre cuando un tejido sufre una interrupción transitoria del aporte sanguíneo, seguida por su restauración parcial o total como es el caso de los

infartos del miocardio, en los trasplantes de órganos, cirugía cardíaca etcétera, así como agresiones físicas o químicas, por ejemplo las radiaciones o la contaminación ambiental.

Todas estas situaciones significan la presencia de un estado de estrés oxidativo, que puede ser tanto la causa como la consecuencia de la patología en cuestión.

Más sin embargo los radicales libres no son intrínsecamente malos. Como mencionamos anteriormente nuestro organismo los fabrica en cantidades moderadas para luchar contra bacterias y virus. Estos radicales libres producidos por el cuerpo para llevar a cabo determinadas funciones son neutralizados fácilmente por nuestro propio sistema. Con este fin, contamos con mecanismos enzimáticos, como la catalasa o la dismutasa que se encargan de su neutralización. Estas enzimas tienen la capacidad de desdoblar a los radicales libres sin desestabilizar su propio estado.

El problema para las células se produce cuando se da un exceso sostenido (durante años) de radicales libres en nuestro sistema. El exceso tiende a ser producido mayormente por contaminantes externos que penetran en nuestro cuerpo. La contaminación atmosférica, el humo del tabaco, los herbicidas, pesticidas o ciertas grasas son algunos ejemplos de elementos que generan radicales libres que ingerimos o inhalamos. Este exceso no puede ya ser eliminado por el cuerpo y, en su labor de captación de electrones, los radicales libres dañan las membranas de las células, llegando finalmente a destruir y mutar su información genética, facilitando así el proceso de formación de diversos tipos de enfermedades (21,35). La acción de los radicales libres está ligada al cáncer (6) así como al daño causado en las arterias por el colesterol "oxidado", lo que relaciona directamente estas moléculas con las enfermedades cardiovasculares (14).

La incapacidad de nuestro cuerpo para neutralizar los radicales libres a los que nos exponemos diariamente nos obliga a recurrir a nutrientes con la propiedad de neutralizarlos. Estos nutrientes actúan liberando electrones en nuestra sangre

que son capturados por los radicales libres convirtiéndose así en moléculas estables. Los compuestos con esta capacidad reciben el nombre de antioxidantes y recientes estudios han demostrado que pueden ser la protección más eficaz contra el envejecimiento celular y las enfermedades degenerativas.

## 2.2 Antioxidantes

Millones de radicales libres bombardean diariamente nuestras células. El hecho de que necesiten tantos años para causar daños mayores es un tributo a la eficacia de las enzimas que produce nuestro propio organismo para neutralizarlos. "nuestro sistema está luchando contra radicales libres a cada momento del día", dice la doctora Pamela Starke-Reed, directora de la Oficina de Nutrición del Instituto Nacional de Estudios sobre el Envejecimiento de Bethesda en Maryland, Estados Unidos. El problema para nuestro sistema se produce cuando tiene que tolerar de forma continua un exceso de radicales libres.

La incapacidad de nuestro cuerpo para neutralizar los radicales libres a los que nos exponemos diariamente nos obliga a recurrir a componentes con la propiedad de neutralizarlos (35). Estos compuestos actúan liberando electrones en nuestra sangre que son captados por los radicales libres convirtiéndose así en moléculas estables (20).

Los compuestos con esta capacidad se conocen como inhibidores de radicales libres, algunas veces se designa a este inhibidor como una trampa de radicales libres (24). La acción usual del inhibidor de radicales es la de reaccionar con los radicales reactivos para incitar la formación de otros radicales libres relativamente estables y no reactivos. A un inhibidor utilizado para controlar la autoxidación se le llama antioxidante (6).

Recientes estudios han demostrado que estos compuestos pueden ser la protección más eficaz en contra del envejecimiento celular y las enfermedades degenerativas. Diversos investigaciones han demostrado que unos adecuados

niveles en sangre de estos antioxidantes pueden proteger contra diversos tipos de cáncer y enfermedades cardiovasculares (2,21,45).

### 2.2.1 Clasificación de los antioxidantes

Existen dos clases de antioxidantes: los endógenos y los exógenos que a su vez tienen diferentes integrantes. Inicialmente describiré los mecanismos enzimáticos, llamados antioxidantes endógenos que incluyen a las enzimas superóxido dismutasa, catalasa, glutatión-peroxidasa y la coenzima Q10, éstos son diseñados por cada organismo para realizar una protección activa dentro del mismo y requieren de elementos como el selenio, (53) cobre, zinc y magnesio para un funcionamiento más adecuado, además de que se apoyan de algunas vitaminas del complejo B (54).

La otra clase de antioxidantes, los exógenos que son aquéllos que ingresan al organismo por la vía de los alimentos, dentro de esta clase tenemos a los antioxidantes liposolubles, éstos protegen a las grasas contra la peroxidación lipídica, la cual ataca las membranas celulares de todas y cada una de nuestras células estos están representados por la vitamina E (21,30) y los carotenoides principalmente. Por último, está el grupo de los hidrosolubles, compuestos fundamentalmente por los flavonoides (32) y la vitamina C (55) éstos tienen la función de proteger todos los componentes acuosos de la célula y además, los líquidos intra y extracelulares presentes.

#### 2.2.1.1 Ácido Lipoíco

El ácido lipoíco es necesario en la mitocondria debido a su función antioxidante, es producido por nuestras células y participa como cofactor en la conversión de los carbohidratos en energía. Como antioxidante, el ácido lipoíco es inusual debido a su solubilidad tanto en agua como en lípidos. Actúa eliminando los radicales libres de la parte acuosa de la célula similar a la vitamina C, y protege a los lípidos de la oxidación como la vitamina E.

### 2.2.1.2 Ácido Úrico

El ácido úrico producido en el organismo, neutraliza los radicales libres del líquido celular. El mineral molibdeno se requiere para su producción y funcionamiento adecuado.

### 2.2.1.3 Coenzima Q10 (CoQ10)

La CoQ10, coenzima Q10 o ubiquinona se encuentra dentro de la célula establecida en las mitocondrias, se le conocen dos funciones, el transporte de electrones en la producción de energía y como antioxidante en contra de los radicales libres formados durante el metabolismo (4). Ésta trabaja con otras enzimas y las vitaminas E y C para reducir los riesgos de infarto. Su intervención en el sistema inmune en contra de los efectos producidos por la quimioterapia es primordial. Las concentraciones de CoQ10 producidas por el organismo disminuyen con la edad.

### 2.2.1.4 Enzimas

La enzima superóxido dismutasa (SOD) y la glutatión-peroxidasa, son dos enzimas que estimulan el sistema inmunológico y ayudan a las moléculas de ADN a autorepararse. La enzima SOD convierte los radicales superóxido en peróxido de hidrógeno el cual a su vez es transformado en agua por la catalasa o la glutatión-peroxidasa además de otras peroxidases. Estas enzimas requieren de la ayuda de minerales antioxidantes que utilizan en sus reacciones como cofactores tal es el caso del selenio para la glutatión-peroxidasa; el cobre y el zinc para la SOD en las células, manganeso para la SOD en la mitocondria; hierro para la catalasa y algunas peroxidases (20).

### 2.2.1.5 Fitonutrientes

Los fitonutrientes son componentes de las plantas que contribuyen en la estabilización de los radicales libres en el cuerpo. Estos incluyen los polifenoles, como la catequina, localizada en el té verde (7); antocianinas encontradas en las

semillas de la uva; ácido elálgico encontrado en uvas y nueces; ácidos fenólicos del vino tinto y el frijol de soya; tioles en la cebolla y ajo; carotenos en los frutos y vegetales rojos y amarillos; limonoídes en las cáscaras de los cítricos; indoles en brócoli y repollo; y bioflavonoides en los frutos cítricos. Algunos de estos compuestos como los isotiocianatos y el sulfuro de alilo presente en el ajo bloquean la acción carcinogénica de diversos químicos (46).

Los flavonoides son compuestos fenólicos que se encuentran en diversos vegetales y semillas (22,48). Representan un grupo grande de metabolitos encontrados como constituyentes de un número importante de familias de plantas, investigaciones recientes has demostrado su estructura, propiedades y biosíntesis (5). Las uvas contienen grandes concentraciones de flavonoides incluyendo catequina, antocianinas y resveratrol, el cual en células animales actúa como anti-carcinógeno al bloquear la producción de las sustancias de la inflamación.

La catequina es el antioxidante más activo del té verde y negro (49), y protege la peroxidación de los lípidos de las membranas celulares y suprime el crecimiento de diversos tipos de cáncer producidos por radiaciones UV y agentes químicos. Las isoflavonas también actúan en contra de los radicales libres. Otros componentes que también presentan actividad antioxidante son los flavonoides incluidos en *Ginkgo biloba* así como quercetinas y ginkgolidos que protegen contra el daño oxidativo (20). Varios investigadores han demostrado *in vitro* la capacidad de los flavonoles para inactivar a los radicales libres.

Los carotenoides comprenden una familia de más de 600 antioxidantes, el  $\beta$ -caroteno,  $\alpha$ -caroteno, licopenos, luteína y zeaxantina. Similar a la vitamina E ( $\alpha$ -tocoferol), los carotenos toman las especies reactivas del oxígeno producidas por la luz del sol, rompiendo la cadena de reacciones y previniendo el daño por la oxidación (50). El  $\beta$ -caroteno no es el más importante de los antioxidantes de esta familia, el licopeno un componente esencial de los tomates y responsable del color rojo es al menos 10 veces más efectivo como antioxidante comparado con el  $\beta$ -caroteno. La luteína y la zeaxantina presentes en altas concentraciones en las espinacas

protegen al ojo de la degeneración causada por los radicales libres. Además de que el consumo de  $\beta$ -caroteno se asocia con la protección a los problemas cardíacos. Una mezcla de carotenos comprendida por 4 de estos carotenos a sido reportada como protectora de la formación del cáncer *in vitro*.

#### 2.2.1.6 Minerales

El zinc, cobre, hierro, magnesio, manganeso y selenio, son minerales esenciales para la producción de enzimas antioxidantes. Y no se producen por nuestro cuerpo, por lo cual se hace necesario su ingestión, para realizar las funciones antioxidantes. El selenio es un componente esencial de la glutatión-peroxidasa y trabaja con la vitamina E para neutralizar los radicales libres. El hierro por su parte es un componente de la catalasa. Estos minerales además de forma parte importante de los sistemas enzimáticos antiradicales, contribuyen con diversas funciones metabólicas dentro del organismo. El selenio es un conocido nutriente anti-cáncer y protege a las células de manera eficiente en contra de la radiación, además de que incrementa los niveles de catalasa y glutatión-peroxidasa para al destrucción de los peróxidos (59).

#### 2.2.1.7 Péptidos

El glutatión, es el principal antioxidante del cuerpo, y requiere del azufre para un funcionamiento óptimo, junto con la vitamina E y algunos aminoácidos, el glutatión protege al hígado del daño de los radicales libres. En contra de la lipoperoxidación el glutatión es la principal defensa del organismo, quizá este sea el más eficiente los "atrapadores" de radicales libres.

#### 2.2.1.8 Vitaminas

Las vitaminas así como los minerales no son producidas por nuestro cuerpo, de manera que ingresan a nuestro sistema por medio de los alimentos que consumimos (60). Las vitaminas E, C y la provitamina A ( $\beta$ -caroteno), son los antioxidantes que se requieren en mayores cantidades cuando los niveles de



radicales libres se incrementan. Además protegen a los lípidos presentes en las membranas celulares de la lipoperoxidación al depositarse en las membranas. La vitamina C ataca los radicales libres en la sangre y ayuda a la regeneración de la vitamina E, actúa también previniendo el daño por oxidación del ADN y otras moléculas, bloquea la producción de nitrosaminas producidas en el estómago por el cáncer (6). La vitamina C también se ha asociado con un rol protector en los casos de arteriosclerosis y ataques al corazón. Debido a que esta vitamina es soluble en agua y no se almacena en nuestra células es necesario consumirla frecuentemente en nuestra dieta.

Cuando menos dos estudios demuestran que la combinación de vitamina E y C con selenio trabajan menor en conjunto contra algunos de los factores inductores del cáncer. De las ocho formas de vitamina E que se localizan en la naturaleza como tocoferoles y tocotrienoles el  $\alpha$ -tocoferol (58) es el mayor neutralizador de radicales libres en tejidos grasos y es la mejor defensa en contra de la oxidación de los lípidos.

Otra investigación reporta recientemente el incremento en la actividad antioxidante debido a la protección creada por la vitamina E y su relación con las lipoproteínas de baja densidad (LDL) (14). A diferencia de la vitamina C la vitamina E se almacena en las membranas celulares. El folato un miembro del grupo de la vitamina B y la vitamina B12 ayudan a mantener en buen estado la síntesis de ADN.

### 2.2.2 Presencia de los antioxidantes

Los antioxidantes son componentes esenciales de diversas hortalizas crucíferas. Las fuentes naturales de carotenos son por ejemplo, las fresas, los jitomates, las zanahorias, los duraznos, las calabazas, los pimientos, los chabacanos, los berros, las espinacas, las acelgas y el nopal. Por su parte los flavonoides se pueden encontrar en zarzamoras, capulines, frambuesas, arándanos, uvas, cebollas moradas y betabeles, cerezas, fresas, perejil, habas, endibias, manzanas, peras y el té verde *Camellia sinensis* (18) además de que junto con la vitamina C se localiza en general en todos los cítricos.

El zinc es proporcionado por chícharos y frijoles además de granos enteros, mientras que el selenio por diversos vegetales verdes. La vitamina E la podemos obtener de aceites vegetales crudos de diversas semillas como el girasol y el maíz (56). Se conoce además de la presencia de compuestos fenólicos que actúan como sustancias bioactivas estando presentes en muchas plantas comestibles, debido a que están estrechamente asociados con características sensoriales y nutritivas de estos vegetales ya sean frescos o procesados (54,60). El té verde es una buena fuente de polifenoles que son antioxidantes naturales (39). Es de gran interés debido a que muchos compuestos fenólicos en la comida tienen efectos inhibitorios en el mutagénesis y carcinogénesis (7,51).

### 2.2.3 Métodos para la identificación y cuantificación de antioxidantes

Para la detección de antioxidantes así como para su cuantificación se han diseñado una diversidad de métodos que involucran desde colorimétricos hasta por cromatografía de gases, pasando por las cromatografías en papel y las de capa fina (13).

Para la identificación de componentes antioxidantes provenientes de extractos obtenidos de una planta, con probable actividad antioxidante pueden realizarse diferentes técnicas analíticas como las que se muestran a continuación (38).

#### 2.2.3.1 Técnicas espectrofotométricas

##### 2.2.3.1.1 Decoloración de la Crocina

Para esta técnica se emplea un compuesto donador de electrones conocido como crocina el cual al estar en contacto con el extracto que supone contiene al agente antioxidante es decir el aceptor del electrón comienza a disminuir su absorción en el espectro visible si se observa a 440nm (10).

#### 2.2.3.1.2 Respuesta de la relajación endotelio-dependiente en anillos aórticos de rata

El efecto de los compuestos a evaluar se mide en contra del daño causado a partir de la electrólisis inducida en la relajación endotelio-dependiente en segmentos de aorta aislados de ratas. Al realizar la electrólisis de la solución se forman radicales libres como peróxido de hidrógeno, superóxido y radicales hidroxilo. Si la actividad antirradical fuese efectiva, el daño generado por la electrólisis en los anillos aórticos de rata no impedirá que se genere una respuesta de la relajación endotelio-dependiente (2).

#### 2.2.3.1.3 Actividad antioxidante específica (SAA)

La actividad antioxidante específica SAA por sus siglas en inglés, es la relación molar de la actividad antioxidante con los equivalentes de ácido gálico. Para la medición de mezclas o compuestos puros, se evalúan utilizando su capacidad para retrasar la producción de dienos conjugados *in vitro* en las lipoproteínas de baja densidad (14).

#### 2.2.3.1.4 Actividad antioxidante equivalente en Trolox (TEAC)

El valor TEAC esta basado en la habilidad del antioxidante para atrapar al catión radical 2,2'-azinobis(3-etilbenzotiozolin-6-sulfonato) (ABTS<sup>•+</sup>) en un ensayo espectrofotométrico (11,28).

#### 2.2.3.1.5 Actividad atrapadora del radical Superóxido (SOSA)

El valor de SOSA es determinado por el sistema generador del superóxido hipoxantina-xantina oxidasa. Y el ensayo se lleva acabo en un espectrofotómetro de resonancia espin-electrón (ESR) (43).

### 2.2.3.1.6 Evaluación de la reducción del 1,1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH)

Para la evaluación de la actividad antiradical de los extractos se colocan con el DPPD y se mezclan, después de 20 minutos de incubación a temperatura ambiente se hace la lectura de absorbancia a 519 nm (11,17,23,28,33).

### 2.2.3.2 Métodos cromatográficos

#### 2.2.3.2.1 Técnicas de decoloración en cromatografía de capa fina

Para el desarrollo de esta técnica se emplean los extractos de las plantas ya sea puros o mezclados y se separan en una cromatografía de capa fina, posteriormente se pueden aplicar dos tratamientos:

Ensayo autobiográfico, después del corrimiento y el secado de la placa cromatográfica se revela con el radical libre 1,1-difenil-2-picrilhidrazil observándose, después de 30 minutos, los compuestos activos en color amarillo sobre fondo violeta (9,16,17). Un segundo ensayo revelado con el  $\beta$ -caroteno, en el cual los componentes activos separados previamente aparecen de color amarillo sobre el fondo blanco (15,38).

### 2.2.4 Métodos para la obtención de los principios antioxidantes

Hay diversas metodologías para la obtención de los principios activos de las plantas que se muestran en la figura 2.

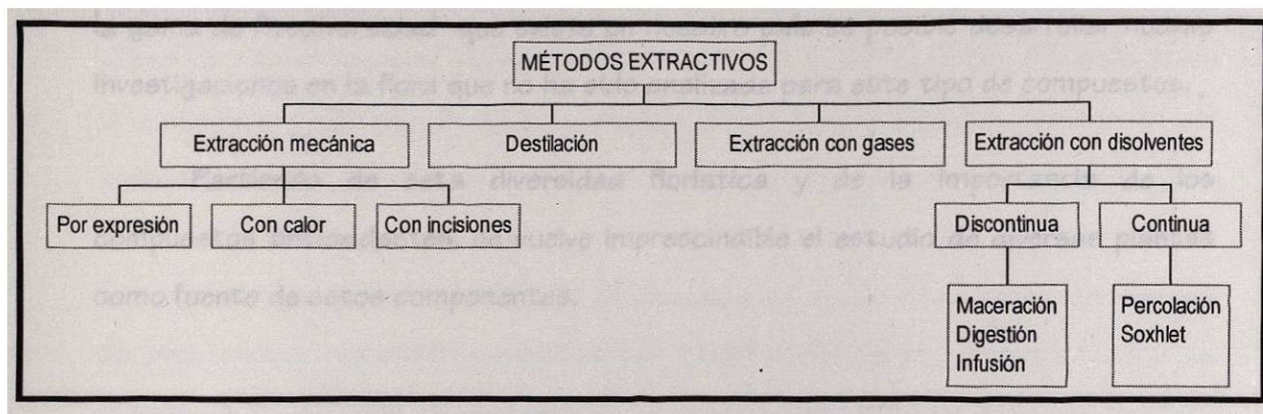


Figura 2. Métodos extractivos a partir de la planta.

De los métodos que se presentan anteriormente en la figura 2, tomaré solamente aquéllos que se conocen como extracción con disolventes, este proceso consiste en poner en contacto a la planta sujeta a estudio con un disolvente capaz de solubilizar los principios activos. Estos componentes activos deben pasar de la planta al disolvente de manera que se obtenga un extracto líquido. Posteriormente, dicho extracto se puede concentrar eliminando la parte del solvente que ya no se requiera. La extracción con disolventes es uno de los métodos que se emplea con mayor frecuencia para la obtención de los principios activos (31).

Para que la extracción con disolventes se lleve a cabo correctamente hay que tener en cuenta varios factores, como lo son las características de la planta: se debe trabajar con la planta seca y con un grado de división adecuado para facilitar al máximo el contacto entre los principios activos y el disolvente; así como la naturaleza del disolvente: se utilizan disolventes de polaridades variables para obtener los compuestos deseados de acuerdo a su polaridad etcétera (31).

Con la ayuda de estas tecnologías y el conocimiento de la diversidad de compuestos que generan las plantas, Se han aislado una serie de antioxidantes vegetales, que en su momento fueron metabolitos secundarios con actividad y que ahora son componentes sintéticos desarrollados en la industria. Uno de ellos es el nordihidroguayarático o N.D.G.A., un antioxidante muy potente utilizado para evitar la rancidez de las grasas, obtenido de la gobernadora *Larrea divaricata* la cual es una planta presente en la zona norte de México (18). Con esta información y debido a la gama de fitodiversidad que existe en nuestro país es posible desarrollar nuevas investigaciones en la flora que no ha sido analizada para este tipo de compuestos.

Partiendo de esta diversidad florística y de la importancia de los compuestos antioxidantes, se vuelve imprescindible el estudio de diversas plantas como fuente de estos componentes.

### 2.3 Zona de estudio

Desde el punto de vista ecológico, México posee un patrimonio único en vegetación natural: las selvas tropicales, bosques templados y matorrales semidesérticos tapizan extensas planicies, mesetas y cordilleras. Los pastizales, matorrales y nopaleras configuran el paisaje de casi todo el Altiplano, un Altiplano desértico, dilatado y espectacular. Así pues, heterogeneidad y contraste, es decir, diversidad ecológica y biótica, son los signos distintivos de nuestra flora y vegetación. Un reciente inventario nacional consigna la cifra en 22,000 especies de plantas con flores, 1,200 especies de musgos, 800 especies de hepáticas, 1,100 de helechos y afines, así como un total de 747 especies acuáticas (de diversos grupos taxonómicos) (3).

“El paisaje natural de Nuevo León – monótono a primera vista - representa para el buen observador un mosaico de vegetación extraordinariamente rico en elementos florísticos.”<sup>2</sup> Si recorremos el estado nos encontraremos con una serie de contrastes climáticos, orográficos, geográficos y geológicos y por lo tanto de tipos de vegetación que se agrupan en las tres provincias fisiográficas: la Planicie Costera del Golfo, la Sierra Madre Oriental y el Altiplano Mexicano, presentando así una fitodiversidad sorprendente (3).

En la Planicie Costera del Golfo, con climas calientes y secos, y alturas entre 50 y 250 metros sobre el nivel del mar, encontramos los matorrales espinosos y mezquitales en donde dominan especies de *Acacia*, *Opuntia*, *Prosopis*, y se presenta *Cordia boissieri*, especie característica de Nuevo León (37). Por otra parte la zona central del estado se encuentra la Sierra Madre Oriental, compuesta por paisajes accidentados y abruptos, con montañas, cañones estrechos valles; con climas más templados y húmedos, precipitaciones hasta de 900 mm y masas de aire húmedo que soplan del Golfo de México, es aquí donde se localizan los bosques de pino, encino, madroños y mezclas con otras coníferas (3). Hacia el oeste del estado de Nuevo León está localizado el Altiplano Mexicano, con altitudes de 1,500

<sup>2</sup>Julia Carabias, 1996. Vegetación y Flora de Nuevo León. Impresora Monterrey, S.A. 1 pp.

a 2,000 metros sobre el nivel del mar, esta zona no alcanza a recibir los 200 mm de precipitación fluvial por año, y tiene temperaturas extremas que rebasan los 40 grados centígrados o bajan a cero grados. Aquí se encuentran los matorrales desérticos de *Larrea*, *Flourensia*, *Prosopis*, *Agave*, y *Echinocactus*, entre otras, y los pastizales de *Bouteloua*, *Sporobolus* y *Atriplex* entre otras especies.

Cuenta con 64,210 Km<sup>2</sup> que representan el 3.3% de la superficie del territorio nacional, Nuevo León alberga cerca del 10% de la flora de plantas superiores, más de 2,400 especies (3). Por todo lo antes mencionado se ha ubicado al estado de Nuevo León como la zona adecuada para seleccionar las plantas a estudiar en esta investigación (3).

### 2.3.1 Localización

Nuevo León se encuentra localizado al noreste de la República Mexicana; colinda al norte con los Estados Unidos de Norteamérica, al noroeste y oeste con los estados de Coahuila y Zacatecas, al sur y sureste con el estado de San Luis Potosí, y al noreste y sureste con el estado de Tamaulipas (57). Se ubica entre los paralelos 23° 27' y 27° 46' 06" de latitud norte, y los meridianos 98° 26' 24" y 101° 13' 55" de longitud oeste. El trópico de cáncer, situado en el paralelo 23° 27' , atraviesa el estado en el extremo sur (3).

Por su latitud, Nuevo León está comprendido de la gran zona árida mundial, sin embargo, la presencia de cadenas montañosas y la cercanía con el Golfo de México mitigan en parte el clima extremoso, propiciando la existencia de bosques y materiales altos. En la figura 3 se muestra la localización geográfica del estado de Nuevo León teniendo como marco la República Mexicana ( INEGI 2000).



Figura 3. Representación geográfica del estado de Nuevo León en la República Mexicana.

### 2.3.2 Recursos Naturales

En cuanto a la recursos naturales del estado se describen en la tabla 1 (INEGI 1998).



Tabla 1. Flora presente en el estado de Nuevo León.

Concepto	Nombre Científico	Nombre Local	Utilidad
<b>Agrícola</b> 6.72% de la superficie estatal	<i>Zea mays</i>	Maiz	Comestible
	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Frijol	Comestible
	<i>Sorghum bicolor</i>	Sorgo	Forraje
<b>Pastizal</b> 1.89% de la superficie estatal	<i>Cenchrus ciliaris</i>	Buffel	Forraje
	<i>Bouteloua breviseta</i>	ND	Forraje
	<i>Bouteloua chasei</i>	Navajita de yeso	Forraje
<b>Bosque</b> 9.00% de la superficie estatal	<i>Pinus teocote</i>	Pino chico	Madera
	<i>Pinus pseudostrobus</i>	Pino lacio	Madera
	<i>Quercus laeta</i>	Encino prieto	Madera
<b>Matorral</b> 67.25% de la superficie estatal	<i>Agave lechuguilla</i>	Lechuguilla	Fibras
	<i>Cordia boissieri</i>	Anacahuita	Madera
	<i>Leucophyllum frutescens</i>	Cenizo	Medicinal
<b>Mezquital</b> 9.46% de la superficie estatal	<i>Prosopis glandulosa</i>	Mezquite	Madera
	<i>Acacia rigidula</i>	Chaparro prieto	Forraje
	<i>Helietta parviflora</i>	Barreta	Postería
<b>Chaparral</b> 2.75% de la superficie estatal	<i>Juniperus monosperma</i>	Cedro	Madera
	<i>Arctostaphylos sp</i>	Manzanita	Madera
	<i>Quercus intricata</i>	Charrasquillo	Madera
<b>Otro</b> 2.93% de la superficie estatal	<i>Flourensia cernua</i>	Hojasén	Medicinal
	<i>Castela texana</i>	Chaparro-amargoso	Medicinal
	<i>Atriplex canescens</i>	Chamiso	Forraje

### 2.3.3 Climatología

El clima del estado de Nuevo León es extremoso, predomina el clima caliente y seco, es decir, está asociado a los climas "B" secos de la clasificación de Köppen, Bw árido o muy seco, y Bs semiárido o seco. La mayor parte del año es muy caliente, sobre todo en las planicies, ya que en las regiones montañosas la altura atenúa las temperaturas cálidas; en estas áreas los meses de noviembre a febrero son sumamente fríos. También se presentan otros tipos de climas, aunque en menos dominancia, como el semicálido y el templado subhúmedo. Para confirmar los contrastes climáticos del Estado, en los altos picos de las sierras tenemos el clima alpino. Pueden presentarse temperaturas bajo cero y superiores a 40°C en las áreas

de la Planicie Costera y el Altiplano (3). Los climas del estado según su proporción en el territorio se ubican en la tabla 2.

Tabla 2. Tipos de climas presentes y su superficie estatal (INEGI 1998).

Tipo o Subtipo	Símbolo	% de la superficie estatal
Semicálido subhúmedo con lluvias en verano	ACw	9.11
Semicálido subhúmedo con lluvias escasas todo el año	ACx	10.60
Templado subhúmedo con lluvias en verano	C(w)	4.88
Templado subhúmedo con lluvias escasas todo el año	Cx	2.15
Semifrío subhúmedo con lluvias en verano	C(E)(w)	0.10
Semiseco muy cálido y cálido	BS1(h')	16.80
Semiseco semicálido	BS1h	6.56
Semiseco templado	BS1k	5.37
Seco muy cálido y cálido	BS(h')	16.88
Seco semicálido	BSh	14.45
Seco templado	BSk	8.27
Muy seco semicálido	BWh	4.83

## 2.4 Hábitat ecológico.

El relieve, el contraste altitudinal, la exposición a la energía solar y los regímenes de precipitación, influenciados por la penetración de las masas de aire húmedo provenientes del Golfo de México, así como los tipos de suelos y su capacidad para retener la humedad, constituyen un intrincado sistema de factores ecológicos que regulan la distribución y la presencia de especies en las diversas regiones fisiográficas del estado de Nuevo León.

### 2.4.1 Vegetación

Los tipos de vegetación presentes en el estado se relacionan de manera intrínseca con las provincias fisiográficas a las que pertenecen de tal forma que en

la Planicie Costera del Golfo encontramos zonas de matorral espinoso y mezquital, mientras que el Altiplano Mexicano esta compuesto por áreas de matorral desértico y pastizales, por otro lado contamos con bosques de pino, otras coníferas, bosques de pino-encino, de encino, bosques de niebla además de matorral submontano (3).

#### 2.4.2 Flora sujeta a estudio.

Para la realización del presente trabajo se seleccionaron 15 plantas permanentes en las diversas zonas que presenta el estado de Nuevo León, para la clasificación de los tipos de vegetación se emplearon los criterios de naturaleza fisonómica, florística y ecológica, según el trabajo de Alanís (et al. 1996). El herbario de la Facultad de Ciencias Biológicas cuenta con un ejemplar de cada una de las plantas que se presentan en esta investigación.

##### 2.4.2.1 Descripción de algunas familias

La flora nativa del estado de Nuevo León comprende alrededor de 2,400 especies, algunas de ellas consideradas como nativas, es decir, de presencia exclusiva en nuestra región. Desde el punto de vista jerárquico-taxonómico, estas especies se distribuyen en familias botánicas, de las cuales en Nuevo León existen 146. De éstas se selecciono el conjunto que involucra las familias de los ejemplares sujetos a estudio, para señalar una breve descripción de las principales características de algunas de ellas.

##### 2.4.2.1.1 Boraginaceae

Hierbas, arbustos o árboles, con hojas alternas simples. La inflorescencia a menudo en racimos, con flores perfectas y con cinco pétalos unidos. Los frutos son drupas o bayas. La anacahuita *Cordia boissieri* A.DC. es una planta muy común en el estado, adaptada a una gran variedad de climas y suelos. Forma parte del matorral submontano, esta ampliamente distribuida en la Planicie Costera del Golfo de México y su flor blanca es oficialmente reconocida como la flor representativa del estado de Nuevo León. Las hojas ovaladas a oblongas de 8 a 12 cm de longitud,

obtusas, redondeadas o cordadas en la base, tienen pubescencia que les da un aspecto grisáceo o blanquecino. Las anacahuítas pueden ser arbustos bajos de 1 a 1.5 m de altura hasta pequeños árboles hasta de 5 m de altura (3,34,36). Con un tronco de hasta 20 cm de diámetro. Flores en grupos de 5 a 8, blancas de 3 a 4 cm de longitud y con el centro amarillento. Fruto ovoide de 2.5 a 3 cm, café-rojizo oscuro, carnoso y dulce, con una sola semilla.

Esta planta funciona bien en reforestación urbana y en jardines, aunque anteriormente no ha sido apreciada para este fin. Además de ser utilizada como ornamento, la anacahuíta también se emplea como forraje, fuente de madera, implementos agrícolas y su flor y fruto como medicinales. Dentro de las características que presenta son: propiedades antitusígenas de tallos, hojas y flores; por su parte, los frutos de esta planta han sido ampliamente utilizados desde la época de la conquista, Francisco Hernández en su relación (1575) hace mención de este uso. El Dr. José Eleuterio González (Gonzalitos) mencionaba en 1888 que “ los frutos dulces de esta planta consumidos en cantidad producen efectos narcóticos (borrachera) causada por las mismas sustancias que le infieren sus propiedades pectorales” señalando además el efecto sudorífico de las flores. La Sociedad Farmacéutica de México hace también mención de las propiedades pectorales de los tallos de esta planta. También se le atribuyen propiedades febrífugas. La jalea de los frutos es un antiguo y excelente remedio para la tos y los resfriados (27,62).

#### 2.4.2.1.2 Compositae

Son hierbas anuales o perennes, algunas especies son arbustivas y pequeños árboles o enredaderas de distribución mundial. Las hojas son casi siempre alternas, pero pueden presentarse opuestas o verticiladas, simples o compuestas, o incluso superpuestas como en la lechuga, o en roseta abierta como el diente de león. Las inflorescencias son capítulos, compuestos de flores individuales, de donde viene el nombre de la familia. Las compuestas constituyen una de las familias más numerosas de las plantas superiores o fanerógamas. Tienen cerca de 1,000 géneros

y 20,000 especies en todo el mundo, contando algunas con importancia alimenticia, farmacéutica e industrial (3). En Nuevo León destacan varias especies de importancia dentro de la familia de las compuestas, entre las especies útiles se encuentra el guayule *Parthenium argentatum*, del cual se extrae hule, la manzanilla *Matricaria chamomilla*, además del Yerbanis *Tagetes lucida Cav.* (1,3,26,34).

Esta planta se localiza abundantemente en las partes bajas de la Sierra Madre, el Cerro de la Silla y el Cerro de las Mitras, presenta flores amarillas en cabezuelas de 7 a 9 mm de alto, hierba erecta que mide de 30 a 40 cm de altura con un característico olor a anís, sus hojas son opuestas, sésiles, oblongas finamente aserradas, aromáticas, y miden de 2.5 a 3.5 cm de largo, por 7 a 9 mm de ancho. Dentro de las propiedades del yerbanis *Tagetes lucida Cav.* se emplea para preparar un té que es comunmente tomado como bebida por su agradable aroma y sabor. La tradición popular de la región señala el uso de este té para la indigestión y el dolor estomacal. Al exterior, se aplican lavados o cataplasmas para infecciones de la piel. Se dice que el humo de esta planta repele los insectos. La Sociedad Farmacéutica de México lo menciona como estimulante. Planta originaria de México de uso antiguo y muy frecuente, a la cual se le han comprobado sus efectos diuréticos y su actividad antibiótica contra *Salmonella pyogenes* y *Candida albicans*. Contiene un aceite esencial del cual se ha identificado el estragol; además de contener flavonoides, particularmente glicósidos de quercetina, quercetagrutin, tagetona, tegetina y camferol, taninos, pectinas y gomas (27).

#### 2.4.2.1.3 Euphorbiaceae

Son árboles, arbustos, hierbas o plantas suculentas cactiformes con o sin espinas, con jugo lechoso o sin él; de hojas alternas o raramente opuestas, simples o compuestas; con flores unisexuales, plantas fundamentalmente monoicas, el fruto es una cápsula o drupa. Es una familia cosmopolita, cuyos miembros ocupan los hábitat más diversos. Comprende alrededor de 280 géneros y más de 8,000 especies. Entre las más relevantes encontramos a la candelilla, especies medicinales como la higuera, alimenticias como las mandiocas y ornamentales como la

nochebuena y la chaya. En los matorrales destacan algunas especies silvestres como la oreja de ratón *Bernardia myricaefolia*, la salvia *Croton torreyanus* Muell y la sangre de drago *Jatropha spathulata* (Ortega) Muell. (1,36).

En lo que concierne a la salvia, este arbusto de 1 a 2 m de altura, crece en los lomeríos y en las faldas de los cerros, sus hojas son oblongas de 1.5 a 6 cm de largo, 2 a 3 veces tan largo como ancho, ápice agudo con ángulo de  $40^{\circ}$  o más, o redondeado o truncado, la base redondeada, cubierta de vellos cortos, presenta flores de sexos separados en el mismo racimo. Las flores masculinas con 5 sépalos de 1.7 a 2 mm de largo, 5 pétalos tan largos como los sépalos, con 11 a 16 estambres. Flores femeninas con 5 sépalos de 1.2 a 2.3 mm de largo, pétalos ausentes, ovario subgloboso con 3 estilos de 1.8 a 3.5 mm de largo, partidos casi desde la base. Esta planta es de un uso muy generalizado en el noreste del país, se acostumbra dar a los niños en el período de la lactancia para “hacerles el estómago”. Aparte del uso antes mencionado, la infusión de hojas y tallos se emplea para el dolor de estómago, como tónico sanguíneo, estomáquico en general y para las mujeres que están amamantando.

Por su parte, sangre de drago *Jatropha spathulata* (Ortega) Muell (1,36) es una planta muy común en los matorrales desérticos, presentándose sin hojas la mayor parte del año, presenta flores masculinas y femeninas en plantas separadas, sus hojas en fascículos subsésiles y caducas, en forma de espátula, ocasionalmente con 2 o 3 lóbulos. Esta planta perenne escasamente leñosa, de consistencia más o menos carnosa, raíces horizontales de color naranja, de hasta 1 m de longitud o más presenta tallos simples o poco ramificados, naciendo a intervalos, como varitas enterradas, de color rojizo-moreno, de entre 20 a 60 cm de altura. La raíz y el tallo poseen una savia incolora que al contacto con el aire se torna rojiza como sangre, de aquí su nombre de sangre de drago. Esta savia es astringente debido a su alto contenido de taninos y es utilizado en la medicina doméstica para endurecer las encías, contra la piorrea, en heridas como cicatrizante y antiséptico, en erupciones de la piel, para la garganta irritada en gargarismos, como “shampoo” para evitar la

caída del pelo y para darle brillo. Localmente se aplica el cocimiento de la raíz contra las hemorroides y al interior como astringente débil. (26)

#### 2.4.2.1.4 Labiatae

Son plantas en su mayor parte herbáceas, aromáticas, algunas arbustivas. De hojas opuestas o verticiladas simples, tallos y ramas cuadrangulares. Esta familia consta de 180 géneros y 3,500 especies distribuidas por todo el planeta, muchas de ellas cultivadas como especias, otras por sus propiedades medicinales o bien como fuente de materia prima para la industria de los cosméticos. Entre las especies más importantes están la menta o hierbabuena y el orégano (1,36,42). Algunas se cultivan ampliamente como la mejorana, la salvia y el poleo *Hedeoma drummondii* Benth.

Esta planta herbácea pequeña, aromática y con olor característico a menta tiene hojas simples y sésiles así como flores color lavanda en las axilas de las hojas superiores (27). Todas las especies mencionadas son condimentos o con usos medicinales (1,26,34). Sin embargo, hay muchas labiadas que se consumen localmente como verdura, para preparar bebidas refrescantes, o se cultivan como ornamentales. Su distribución es a lo largo de la Sierra Madre y en lomeríos pedregosos del Altiplano (36,42). En cuanto a las infusiones que se preparan con el poleo se observa su utilización para calmar los nervios y para el insomnio así como digestivo. Las hojas por su parte se frotan entre los dedos y se inhala para la gripa y los resfriados (27).

#### 2.4.2.1.5 Leguminosae

Árboles, arbustos, enredaderas o hierbas, de hojas simples o compuestas. Esta es una familia extraordinariamente importante desde el punto de vista ecológico por la fijación simbiótica de nitrógeno, ser plantas hospederas y fuente alimenticia de fauna silvestre. Son también modeladoras de comunidades y paisajes naturales, así como útiles al hombre como granos básicos, forrajes, hortalizas y frutas. También tienen importancia industrial por sus taninos, tintes, gomas;

medicinal por sus bálsamos, laxantes y desinfectantes; forestal por la madera y carbón así como usos artesanales y en perfumería. Este grupo se integra por alrededor de 500 géneros y 12,000 especies, que ocupan prácticamente todos los hábitats del globo.

En Nuevo León en forma silvestre son muy comunes la pata de vaca, el huizache, la retama *Parkinsonia aculeata* L. el palo azul *Eysenhardtia polystachya* (Ortega) Sarg. y el chaparro prieto *Acacia rigidula* Benth. Estos últimos son arbustos de 1 a 4 m de altura con tallos numerosos de corteza gris, rígidos y espinosos. Las hojas son verde oscuras, compuestas; folíolos de 5 a 15 mm de largo, ovados y lisos. Las flores blancas en pequeñas espigas de 1 a 5 cm de longitud son melíferas y fuente de esencias; frutos oscuros de 6-8 cm largo. Su corteza contiene taninos que son útiles en curtiduría (4). Esta planta se utiliza como antivomitivo, para el dolor de estómago; y para dolores por golpes (27). Las hojas y las ramas finas son fuente de forraje, el tallo es utilizado para leña, carbón y para la fabricación de implementos agrícolas y construcción de casas rurales (4).

El palo azul o vara dulce *Eysenhardtia polystachya* (Ortega) Sarg. arbustos que miden de 4 a 6 m, con frutos de 10 a 15 cm de largo, que se curva hacia el exterior y tienen además glándulas más conspicuas, flores blancas a cremas en racimos de 3 a 15 cm de longitud. Maderable y con importancia en la extracción de aceites esenciales, las hojas y tallos jóvenes son fuente de forraje, además de utilizarse de manera ornamental (4).

La retama *Parkinsonia aculeata* L. este arbusto o árbol pequeño, es utilizado para leña, estantes y construcción rural; las hojas y la corteza se utilizan en la medicina tradicional, las flores son melíferas, se presenta en las zonas de disturbio cerca de las poblaciones y se ha utilizado como ornamental.

#### 2.4.2.1.6 Rhamnaceae

Plantas por lo regular arbustivas, arbóreas o enredaderas, raramente herbáceas; hojas simples y alternas, flores pequeñas, amarillas, verdosas o azules.



El fruto es una baya o cápsula, a veces drupa o drupáceo. En nuestros bosques y matorrales destacan por su abundancia el coyotillo, la manzanita, la chaquirilla y el brasil *Condalia hookeri* M.C. Johnst. De este árbol pequeño se utilizan los tallos para construcción rural, para estantes, leña y carbón; las hojas jóvenes son consumidas por el ganado directamente del campo; los frutos son de consumo humano (4).

#### 2.4.2.17 Rutaceae

Árboles y arbustos; ocasionalmente herbáceas perennes. Hojas simples o compuestas, aromáticas, siempre verdes; flores bisexuales, pequeñas, nectaríferas; fruto bacciforme, drupáceo o capsular. Familia de gran relevancia económica, debido al cultivo del naranjo, pomelo, limonero, mandarino, tangerino y satsuma todos ellos cítricos. En los matorrales submontanos se encuentran silvestres la limonaria, la colima o limoncillo y la barreta *Helietta parvifolia* (Gray) Benth. La colima *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg. Es un árbol o arbusto de tallo maderable, las hojas son forrajeras, la corteza se utiliza como curtiente mientras que las hojas y las yemas se usan en medicina tradicional (4).

En lo que respecta a la barreta *Helietta parvifolia* (Gray) Benth. son arbustos sin espinas de 2 a 4 m de alto o pequeños árboles que alcanzan hasta 6 m de altura; hojas aromáticas, opuestas, trifoliadas, de 3 a 5 mm de largo, lisas, verde-brillantes, folíolos oblongo-ovados presentan un principio activo que actúa como biocida. Las flores en panículas terminales, pequeñas, blancas; fruto seco, alado.

La madera es valiosa por su resistencia a la putrefacción. La encontramos distribuida en los lomeríos o faldas de cerros, en los suelos pedregosos. En cuanto a su uso tradicional el cocimiento de tallos y hojas se usa en bucheros para afianzar las encías y los dientes y contra la piorrea. La barreta se encuentra en una situación de sobre explotación en nuestra región, debido a su comercialización como postera para cercas y como soporte en los viñedos (27).

#### 2.4.2.1.8 Scrophulariaceae

Familia del cenizo, *Leucophyllum frutescens* (Berl) I.M. Johnston. arbusto muy común en el norte de la Planicie Costera del Golfo, se desarrolla en los lomeríos o cerca de los arroyos, en suelos pedregosos. En el municipio de Lampazos de Naranjo y municipios vecinos de Nuevo León se observan grandes extensiones de comunidad vegetales dominadas por esta planta conocidas como cenizales. Estos arbustos alcanzan los 2.5 m de altura, densamente pubescente, dándole una coloración ceniza a todo el follaje. Hojas sésiles, elíptico-ovadas, de 25 mm de longitud, obtusas a redondeadas en el ápice, cuneadas en la base, son fuente de forraje principalmente para el ganado caprino (4). Flores campanuladas de color lila (raramente blancas) de 25 mm de ancho, con aplicación ornamental.

La infusión de esta planta se utiliza oralmente para bajar la fiebre, contra la tos, para el asma, problemas del hígado. Al exterior, es muy común el uso de esta planta en baños contra enfermedades cutáneas, contra lo que la patología popular denomina "tiricia" o "mal amarillo" (hepatitis), y en frotaciones como calmante de dolores reumáticos. Históricamente, Berlandieri comenta que la infusión de esta planta era utilizada por los indios habitantes de esta región como febrífugo. En la tradición popular de nuestra zona, el cenizo es considerado como una planta que acarrea la "buena suerte" y aleja la tristeza (26).

#### 2.4.2.1.9 Simaroubaceae

Chaparro amargoso o bisvirinda *Castela texana* (T. & G.) Rose, arbustos con ramas espinosas de 1 a 2 m de altura; ramas nuevas con una corteza cenicienta e intensamente amarga; hojas casi sésiles, linear-oblongas, brillantes en el haz; gris-plateadas en el envés. Las flores son pequeñas de 3 a 4 mm de largo, solas o en fascículos, en las axilas de las hojas, de coloración rojas, salmón-rosadas o anaranjadas. Hojas con márgenes marcadamente revolutos, de 25 mm de largo y 7 mm de ancho, subsésiles, linear-oblongas o lanceoladas, gris ceniciento en la parte inferior. Fruto de 6 a 10 mm de color rojo brillante, subgloboso, ligeramente comprimido.

Este arbusto generalmente crece en los lomeríos o faldas de cerros, generalmente en suelos pedregosos. Algunos de los usos que se le atribuyen a esta planta son como febrífugo, aperitivo, estimulante de la bilis, contra úlceras, cólicos estomacales y hepáticos y para aliviar la vista, es una planta de utilidad local contra disentería y otros trastornos del aparato digestivo. Presenta compuestos anti-amibianos reportados por Alcántar, Rodríguez y Segura 1985, del tipo simarubólidos con cetona insaturada que los autores llamaron S-228 por la absorción máxima que presenta en la región ultravioleta. Además de que las hojas son fuente de alimento para el ganado caprino (4). Por otra parte desde antes de la Colonia, de los indios del desierto utilizaban la el chaparro amargoso contra diarreas y fiebres, cólicos estomacales y en cuadros de tipo disentérico. Las observaciones hechas sobre el uso de esta planta contra el problema de la amibiasis han revalidado su acción (26).

#### 2.4.2.1.10 Turneraceae

Hierba del venado, *Turnera diffusa* arbustos de hasta 2 m de altura, comunmente mucho más pequeño, posee un olor y sabor aromático, agradable. Flores amarillas, solitarias de 8 a 10 mm de longitud, comunmente unidas a los pecíolos de las hojas (35); hojas agudas en la base, obtusas o sub-agudas en el ápice, dentadas o aserradas vellosas en la parte inferior, alternas oblongo-elípticas a elíptico-lanceoladas de 35 mm de largo y 15 mm de ancho o más pequeñas. Crece en los lomeríos secos entre los matorrales desérticos de la Planicie Costera del Golfo. Las hojas desecadas de esta planta constituyen la damiana del comercio, esta planta se recolecta en México y Bolivia.

Así mismo contiene de 0.5 a 1% de aceite esencial con cinecol, cymol, pinemo, arbutina, glicósido hidrociánico, cafeína, principio-amargo, taninos y resina. Tiene una amplia reputación como afrodisíaco y es reportada también como auxiliar en el tratamiento de la disentería, malaria, sífilis, dolores estomacales, dispepsia e impotencia sexual. Esta planta fue introducida a Europa en 1874 y fue recomendada por un tiempo para todo tipo de enfermedades renales y vesicales. Actúa como

diurético y dentro de las propiedades que se le atribuyen la más importante en definitiva es la de ser un excelente tónico nervioso útil para aliviar las tensiones.

#### 2.4.2.1.11 Zygophyllaceae

El guayacán *Porlieria angustifolia* (Engelm.) Gray es un arbusto o arbolito siempre verde, de hasta 7 m de altura, nudosos y muy ramificados; corteza gris, fisurada. Las flores son azules o púrpuras, el fruto una cápsula plana, coriácea y pubescente. Se desarrolla en los lomeríos pedregosos de la Planicie Costera del Golfo y en el desierto del Altiplano Mexicano. Esta planta es rica en taninos, su corteza o raíz se prepara en cocimiento y se utiliza en el interior como antidiarréico y como enjuague bucal para “afianzar los dientes”; al exterior se utiliza como enjuague o mezclada con el “shampoo” para evitar la caída del cabello.

Esta planta es usualmente utilizada como “arbolito de navidad” por los habitantes de las zonas áridas (27). Los tallos son usados como leña y en construcción rural, las hojas y los frutos son fuente de forraje para el ganado caprino, el fruto por su parte es medicinal. La raíz se utiliza como curtiente (4).

#### 2.4.3 Distribución según su localización.

Debido a la diversidad ecológica que muestra el estado de Nuevo León se agruparon las plantas sujetas a estudio a una descripción según su presencia dentro de las provincias fisiográficas del estado.

##### 2.4.3.1 Matorral espinoso y mezquital.

Dentro de la Planicie Costera del Golfo encontramos las comunidades vegetales naturales del matorral espinoso y los mezquitales, presentando variantes fisonómicas, las especies pueden ser altas espinosas o medianas subinermes, y representan las comunidades vegetales típicas de esta provincia fisiográfica (3). En condiciones de suelo y humedad favorables, los tallos poseen fustes bien definidos y se presentan formas arbóreas de más de seis metros de altura, entre los que destacan por abundancia y cobertura el chaparro prieto *Acacia rigidula* (1,42)

chaparro amargoso *Castela texana*, anacahuita *Cordia boissieri*, cenizo *Leucophyllum frutescens*, guayacán *Porlieria angustifolia*, colima *Zanthoxylum fagara*.

Este tipo de vegetación se localiza en los municipios de Anáhuac, Lampazos de Naranjo, Sabinas Hidalgo, Vallecillo, Parás, Agualeguas, Gral. Treviño, Dr. Coss, Gral. Bravo, Los Ramones, China, Gral. Terán, Cerralvo, Salinas Victoria, Ciénega de Flores, Higueras, El Carmen, Abasolo, Salinas Victoria, Los Herreras, Hualahuises, Montemorelos, Cadereyta, Allende, Monterrey, Linares, San Nicolás de los Garza, Guadalupe, Juárez, Apodaca, Zuazua, Marín y Rayones (4).

#### 2.4.3.2 Matorral submontano

Localizados en los taludes inferiores de las montañas, formando un extenso umbral en la Sierra Madre Oriental, descubrimos una formación arbustiva y subarbórea muy rica en formas de vida. Las formas biológicas dominantes son arbustos o árboles de cuatro a seis metros de alto, con hojas pequeñas, caducifolias y subespinosas (4). Aunque tiene variantes morfológicas y ecológicas, en términos generales en este matorral las especies más representativas son barreta *Helietta parvifolia*, cenizo *Leucophyllum frutescens*, chaparro prieto *Acacia rigidula* y algunas otras especies. En algunas áreas con habitats protegidos con abundante humedad y suelos profundos, podemos encontrar agrupaciones pequeñas de encino molino. (4)

El matorral submontano se localiza en Santa Catarina, San Pedro Garza García, Monterrey, Guadalupe, Santiago, Juárez, Cadereyta, Allende, Montemorelos, Rayones, Linares, Lampazos, Villaldama, Hidalgo, El Carmen, Abasolo, Marín e Higueras.

#### 2.4.3.3 Matorral desértico

Son característicos de los climas áridos y semiáridos del estado. Su distribución irregular obedece principalmente al patrón de humedad disponible en el

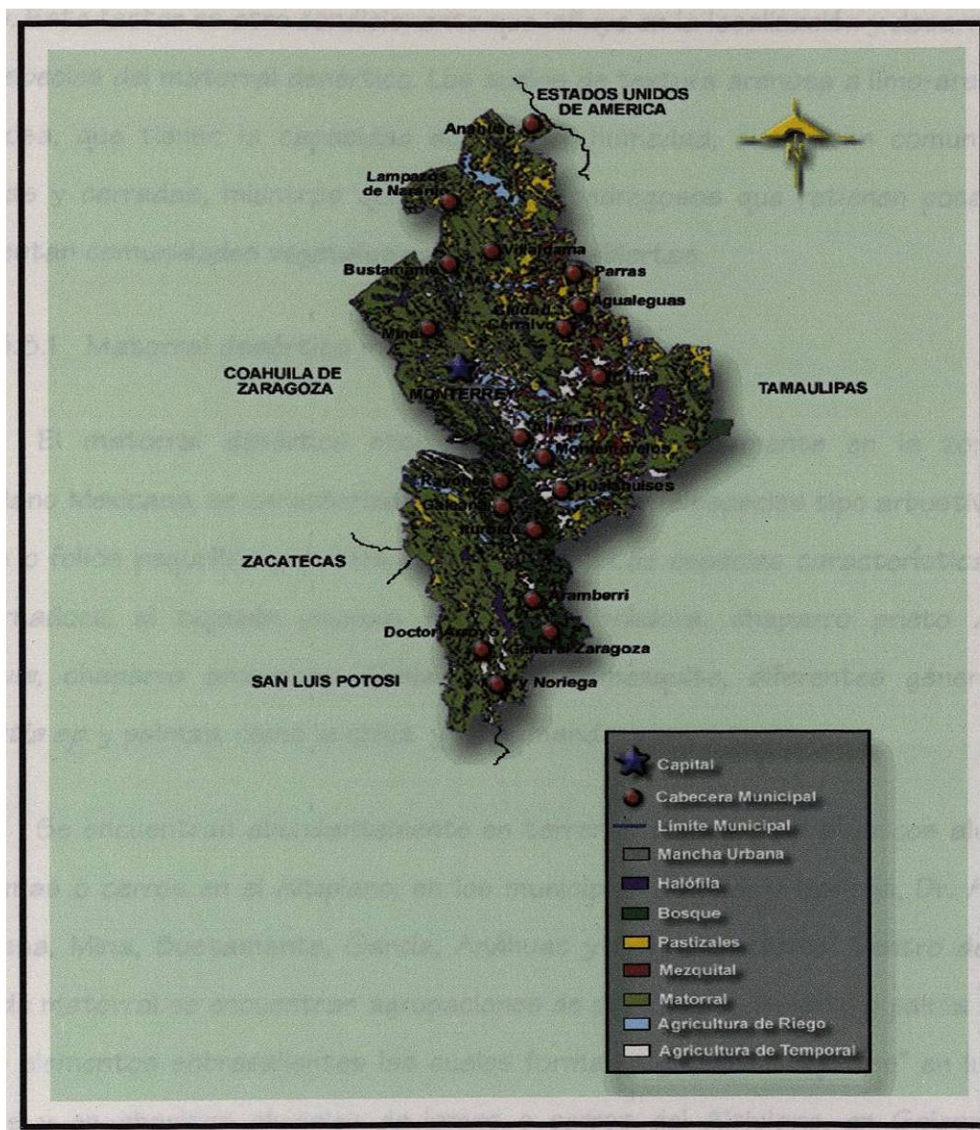


Figura 4. Distribución vegetal del estado de Nuevo León.

suelo. Este factor es otro condicionante que influye en la localización y desarrollo de las especies del matorral desértico. Los suelos de textura arenosa a limo-arenosa y arcillosa, que tienen la capacidad de retener humedad, sustentan comunidades densas y cerradas, mientras que los suelos pedregosos que retienen poca agua presentan comunidades vegetales pobres y muy abiertas.

#### 2.4.3.3.1 Matorral desértico micrófilo

El matorral desértico micrófilo localizado ampliamente en la zona del Altiplano Mexicano, se caracteriza por la dominancia de especies tipo arbustivo, con hojas o folios pequeños y a menudo olorosos (4). Las especies características son gobernadora, el hojaseñ (34,36,42) guayule, quebradora, chaparro prieto *Acacia rigidula*, chaparro amargoso *Castela texana*, mezquite, diferentes géneros de *Opuntia sp.* y palmas, como la china y la samandoca (4).

Se encuentran abundantemente en terrenos planos o en abanicos aluviales de lomas o cerros en el Altiplano, en los municipios de Mier y Noriega, Dr. Arroyo, Galeana, Mina, Bustamante, García, Anáhuac y Santa Catarina. Dentro de este tipo de matorral se encuentran agrupaciones de palmas del desierto o palma ixtiera como elementos sobresalientes las cuales forman algunos "bosquetes" en lugares planos y en abanicos aluviales de lomas o cerros del Altiplano, en Galeana, Dr. Arroyo y Mier y Noriega. Las especies que forman este tipo de agrupación son la palma china *Yuca filifera* y la palma samandoca *Yuca carnerosana*. La figura 4 nos presenta las diversas áreas florísticas presentes en el estado.

### 3. HIPÓTESIS

*Los componentes obtenidos de plantas nativas provenientes de ocho familias presentes en el estado de Nuevo León presentan actividad antioxidante.*



#### 4. OBJETIVO GENERAL

Determinar si los extractos obtenidos de plantas neoleonesas poseen compuestos antioxidantes.

##### 4.1 *Objetivos específicos.*

*Seleccionar 15 plantas nativas del estado de Nuevo León.*

*Obtener los extractos de plantas nativas con solventes de polaridades crecientes.*

*Estandarizar la técnica del DPPH para la evaluación de la actividad antirradical en extractos de plantas.*

*Evaluar la actividad antioxidante de los extractos de las plantas por medio de la técnica del radical libre DPPH.*

*Determinar la  $IC_{50}$  de los extractos con significativa actividad antioxidante.*

*Separar por cromatografía en capa fina los compuestos con actividad antirradical relevante.*

## 5. MATERIAL Y MÉTODOS

### 5.1 Muestras

Partes aéreas de las plantas presentes seleccionadas en el estado de Nuevo León se presentan en la tabla 3.

Tabla 3. Plantas nativas del estado de Nuevo León.

Nombre científico	Nombre común
<i>Cordia boissieri</i> A.DC	Anacahuita
<i>Helietta parvifolia</i> (Gray) Benth.	Barreta
<i>Condalia hookeri</i> M.C. Johnst.	Brasil
<i>Leucophyllum frutescens</i> (Berl) I.M. Johnst.	Cenizo
<i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg.	Colima
<i>Castela texana</i> (T. & G.) Rose	Chaparro amargoso
<i>Acacia rigidula</i> Benth.	Chaparro prieto
<i>Porlieria angustifolia</i> (Engelm.) Gray	Guayacán
<i>Tumera difusa</i> L.	Hierba de venado
<i>Eysenhardtia polystachya</i> (Ortega) Sarg.	Palo azul
<i>Hedeoma drummondii</i> Benth.	Poleo
<i>Parkinsonia aculeata</i> L.	Retama
<i>Croton torreyanus</i> Muell	Salvia
<i>Jatropha spathulata</i> (Ortega) Muell	Sangre de drago
<i>Tagetes lucida</i> Cav.	Yerbanis

### 5.2 Equipo

Balanza granataria. OHAUS	Cronómetro
Balanza analítica. Sartorius	Vortex. Lab-Line
Placa térmica. Fisher scientific	Campana de Extracción
Base magnética. Fisher scientific	Centrífuga. Fisher scientific
Espectrofotómetro de Luz VIS. JENWAY 6300	Micropipeta de 0.1-1 µL BRAND
Agitador automático. Dual Actino Shaker Lab line	Micropipeta de 1-100 µL BRAND
Cámara de Luz UV(365 nm). Spectroline EN-140L	Micropipeta de 0.5 – 5 mL BRAND

### 5.3 Reactivos

1,1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH). SIGMA	Metanol R.A. CTR Scientific
Éter de Petróleo A.C.S. CTR Scientific	1-Butanol A.C.S J.T. Baker.
Ácido Acético Glacial R. A. CTR Scientific	Acetona A.C.S. CTR Scientific
Terbutilhidroxiquinona (TBHQ). TENOX	Butilhidroxianisol (BHA) RHODIA
Placas de Silica G Macherey-Nagel	Etanol R.A. CTR Scientific

### 5.4 Metodología

#### 5.4.1 Estrategia general

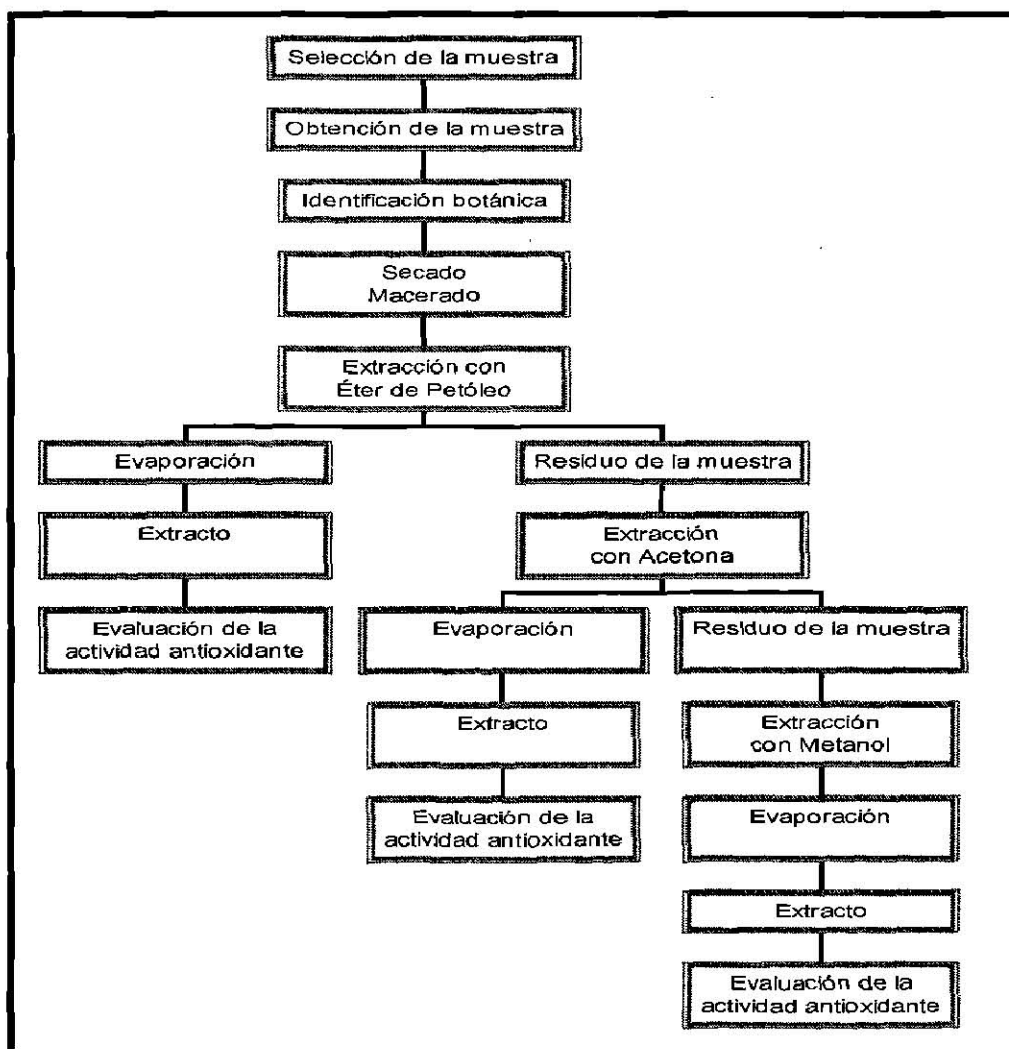


Figura 5. Metodología para la evaluación de la actividad antioxidante.

#### 5.4.1.1 Selección de la muestra

Las plantas fueron seleccionadas debido a su representatividad como plantas nativas del estado de Nuevo León, además de presentar características etnobotánicas particulares para todas ellas. La muestra es colectada, según la distribución presentada en el estado, en el campo, buena parte del material biológico se puede obtener de gracias a su permanencia durante todo el año.

#### 5.4.1.2 Obtención de la muestra

Las plantas fueron colectadas en tres municipios del estado, Cadereyta Jiménez, General Escobedo y Salinas Victoria. Se ubicaron las zonas de vegetación más abundantes y se seleccionaron las plantas que presentaban las mejores características.

##### 5.4.1.2.1 Localización de los lugares de colecta

###### 5.4.1.2.1.1 Cadereyta Jiménez

El municipio de Cadereyta Jiménez, N. L., se encuentra situado en la porción central del estado cuenta con una superficie de 1,145 Km<sup>2</sup> y tiene una población de 74,866 habitantes, reportado por la INEGI en el año 2000. La localización de este municipio dentro del estado se muestra en la figura 6. En este municipio se colectaron las siguientes muestras: cenizo *Leucophyllum frutescens* (Berl) I.M. Johnst., poleo *Hedeoma drummondii* Benth. y salvia *Croton torreyanus* Muell. La colecta fue realizada con la ayuda de Nemesio Cabello Guzmán el día 07 de abril de 2001.

###### 5.4.1.2.1.2 General Escobedo

El municipio de General Escobedo, N. L. se encuentra localizado en el área metropolitana de Monterrey cuenta con una superficie de apenas 168 Km<sup>2</sup> y está densamente poblado por 234,961 habitantes (INEGI 2000). Su presencia en el estado se establece en la figura 6. En este municipio se colectaron las siguientes muestras: anacahuita *Cordia boissieri* A.DC, brasil *Condalia hookeri* M.C. Johnst., colima

*Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg., chaparro prieto *Acacia rigidula* Benth., guayacán *Porlieria angustifolia* (Engelm.) Gray., retama *Parkinsonia aculeata* L. y sangre de drago *Jatropha spathulata* (Ortega) Muell. Estas muestras fueron colectadas el 05 de mayo de 2001 asesorado por Nemesio Cabello Guzmán.

#### 5.4.1.2.1.3 Salinas Victoria

El municipio de Salinas Victoria, N. L. cuenta con una población de 19,013 habitantes distribuidos en un área que corresponde a 1,668 Km<sup>2</sup> Se encuentra situado en la parte norte del área metropolitana de Monterrey. (INEGI 2000) En cuanto su localización, la observamos en la figura 6. En este municipio se colectaron las siguientes muestras: barreta *Helietta parvifolia* (Gray) Benth., chaparro amargoso *Castela texana* (T. & G.) Rose, hierba del venado *Turnera difusa* y palo azul *Eysenhardtia polystachya* (Ortega) Sarg. La colecta se efectuó el 07 de junio de 2001, con la colaboración de Nemesio Cabello Guzmán y Blas Villarreal Garza.

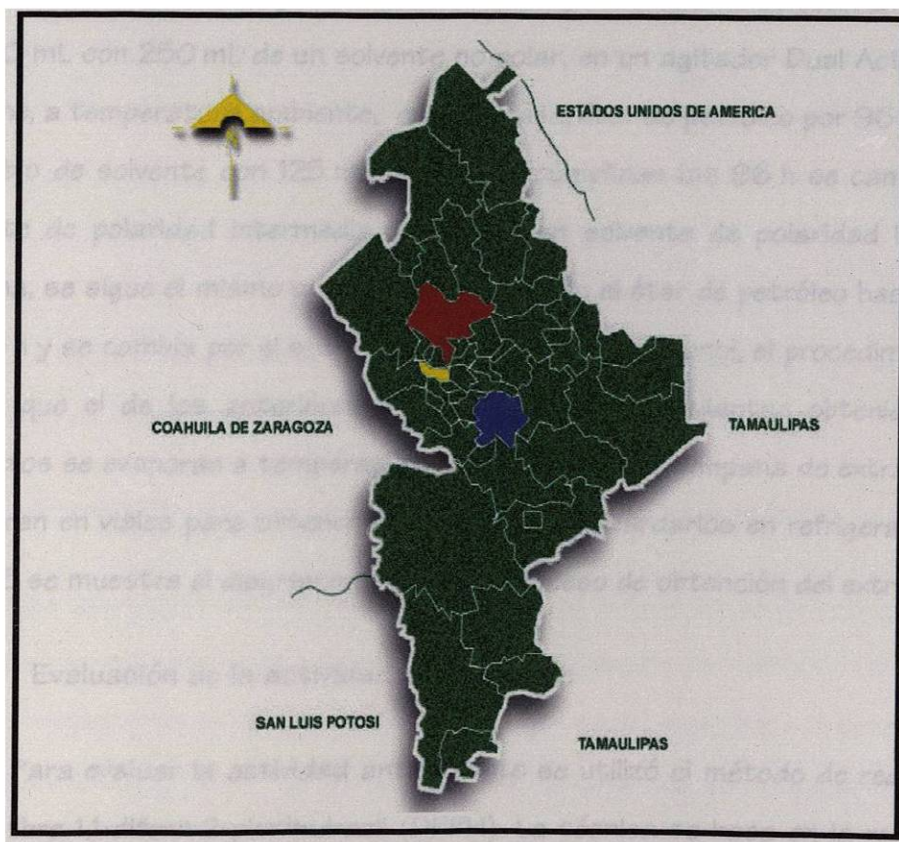


Figura 6. Áreas de colecta, amarillo Gral. Escobedo, azul Cadereyta Jiménez y rojo Salinas Victoria.

#### 5.4.1.3 Identificación botánica

Las muestras obtenidas son llevadas al departamento de ecología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la U.A.N.L., donde son clasificadas taxonómicamente por el especialista en botánica y ecología M.C. Biol. Glafiro J. Alanís Flores.

#### 5.4.1.4 Secado y triturado

Las plantas fueron secadas en una prensa botánica y posteriormente se trituraron de acuerdo a sus características de dureza, en un mortero y/o en un molino. Se empacaron y etiquetaron para su posterior utilización.

#### 5.4.1.5 Extracción

Para la extracción, por medio de la técnica de maceración a temperatura ambiente se utilizaron 25 g de la muestra seca y triturada se colocan en un matraz de 500 mL con 250 mL de un solvente no polar, en un agitador Dual Actino Shaker Lab Line, a temperatura ambiente, en este caso, éter de petróleo por 96 h haciendo recambio de solvente con 125 mL cada 24 h cumplidas las 96 h se cambia por un solvente de polaridad intermedia, utilizando un solvente de polaridad intermedia, acetona, se sigue el mismo procedimiento que con el éter de petróleo hasta cumplir las 96 h y se cambia por el solvente polar, utilizando metanol, el procedimiento es el mismo que el de los anteriores solventes. Los sobrenadantes obtenidos de los recambios se evaporan a temperatura ambiente en una campana de extracción y se recuperan en viales para obtener el rendimiento y guardarlos en refrigeración. En la figura 5 se muestra el diagrama de flujo del proceso de obtención del extracto.

#### 5.4.1.6 Evaluación de la actividad antioxidante

Para evaluar la actividad antioxidante se utilizó el método de reducción del radical libre 1,1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH). La técnica se basa en la reacción que sucede en el momento en que el DPPH estabiliza su estereoquímica de radical catión y sufre una pérdida en su capacidad de absorción al momento en que entra

en contacto con un compuesto capaz de anular su capacidad radical, siendo éste un compuesto antiradical o antioxidante. Al ganar el electrón cedido por el compuesto antioxidante presente en el extracto, ésta reacción comienza a disminuir la absorbancia siendo ésta la indicadora indirecta de la presencia de un componente con actividad antioxidante, la decoloración se percibe en un espectrofotómetro de luz visible a una longitud de onda de 519 nm. La técnica se rediseñó para emplearla en la detección de los componentes presentes en los extractos de las plantas, debido a la interferencia provocada por el color de los extractos, fue necesario realizar una serie de ajustes en cuanto al volumen de muestra a utilizar, siendo 10 µL de la muestra problema el volumen adecuado para realizar el ensayo, mezclados con 3 mL de una solución de DPPH en etanol, esta solución fue otro factor a modificar debido a que la concentración influía directamente en la velocidad de la reacción así como en la capacidad de detección de la actividad antiradical, siendo 0.1 mM del DPPH en etanol la concentración adecuada, el tiempo de reacción se evaluó estableciendo la fase estacionaria del proceso haciendo la lectura a 519 nm en el espectrofotómetro dando lugar a 20 minutos de incubación a temperatura ambiente. Para obtener el porcentaje de inhibición del DPPH se utiliza la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de inhibición} = (\text{Abs}_{\text{CONTROL}} - \text{Abs}_{\text{MUESTRA}} / \text{Abs}_{\text{CONTROL}}) \times 100\%.$$

La determinación de la actividad antioxidante se realizó por quintuplicado y los valores se verificaron tomando solo las cifras significativas (12,47).

#### 5.4.1.7 Separación de los compuestos con actividad antioxidante

Los extractos con una marcada actividad antioxidante se seleccionan y se les practica una cromatografía en capa fina en placas de Silica G. Se probó con varias mezclas de eluentes para obtener la mejor separación. Para la detección de la actividad antioxidante en las cromatografías de capa fina se utiliza como revelador una solución de DPPD al 0.1% en metanol y se toma un resultado positivo cuando después de 15 m de la aspersion aparecen marcas amarillas sobre el fondo violeta.

Para la obtención del  $R_f$  o relación de frente del compuesto encontrado se emplea la siguiente fórmula:

$R_f = \text{distancia del compuesto desde el origen} / \text{distancia del solvente desde el origen hasta el frente (12)}$ .



## 6. RESULTADOS

## 6.1 Porcentaje de rendimiento.

A las plantas anteriormente citadas en la tabla 3, se les sometió al proceso de extracción con un solvente no polar (éter de petróleo), uno medianamente polar (acetona) y por último uno polar (metanol), cada extracto fue obtenido mediante la evaporación del solvente originando los siguientes porcentajes de rendimiento para cada uno de los extractos. El rendimiento del proceso de extracción se presenta en la tabla 4.

Tabla 4. Porcentaje de rendimiento de la extracción por agitación constante a temperatura ambiente.

% de Rendimiento por solvente				
Nombre científico	Nombre común	Éter de Petróleo	Acetona	Metanol
<i>Cordia boissieri</i> A.DC	Anacahuita	7.05	12.7	5.41
<i>Helietta parvifolia</i> (Gray) Benth.	Barreta	0.92	3.50	5.73
<i>Condalia hookeri</i> M.C. Johnst.	Brasil	0.62	15.5	11.7
<i>Leucophyllum frutescens</i> (Berl) I.M. Johnst.	Cenizo	2.26	14.4	14.6
<i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg.	Colima	1.76	14.6	10.9
<i>Castela texana</i> (T. & G.) Rose	Chaparro amargoso	1.38	5.26	11.5
<i>Acacia rigidula</i> Benth.	Chaparro prieto	0.58	13.1	13.1
<i>Portieria angustifolia</i> (Engelm.) Gray	Guayacán	0.99	3.67	11.7
<i>Tumera difusa</i> L.	Hierba de venado	1.47	3.07	4.50
<i>Eysenhardtia polystachya</i> (Ortega) Sarg.	Palo azul	1.89	3.68	8.18
<i>Hedeoma drummondii</i> Benth.	Poleo	1.93	8.76	6.87
<i>Parkinsonia aculeata</i> L.	Retama	3.31	4.89	4.24
<i>Croton torreyanus</i> Muell	Salvia	1.29	22.3	11.8
<i>Jatropha spathulata</i> (Ortega) Muell	Sangre de drago	0.73	4.33	8.57
<i>Tagetes lucida</i> Cav.	Yerbanis	1.41	1.79	2.57

## 6.2 Técnica para la determinación de la actividad antiradical.

Para la determinación de la actividad antioxidante de los extractos de las plantas, se colocan 10  $\mu$ L de la muestra a la concentración deseada y se mezclan con 3 mL de DPPD 0.1 mM en etanol, se realizan lecturas de absorbancia a 519 nm después de 20 minutos de incubación a temperatura ambiente. El porcentaje de reducción del a lo DPPH es calculado de acuerdo a la siguiente ecuación: % de inhibición =  $(Abs_{CONTROL} - Abs_{MUESTRA} / Abs_{CONTROL}) \times 100$ . Esto nos da como resultado la actividad antioxidante de la muestra. Todos los experimentos fueron evaluados por quintuplicado y se utilizó como controles Terbutilhidroxiquinona (TBHQ), y Butilhidroxianisol (BHA) dos antioxidantes sintéticos utilizados de manera frecuente en la industria de los alimentos, La concentración a la cual el TBHQ alcanza una actividad antioxidante de 58.4 es de 1,560 ppm siendo esta su  $IC_{50}$  mientras que para BHA se requirió de 3,125 ppm para alcanzar su  $IC_{50}$  con una actividad de 59.5. Los controles fueron preparados en etanol.

## 6.3 Actividad antioxidante de los extractos

Los extractos se prepararon a una concentración de 50,000 ppm en el solvente de extracción para obtener las soluciones base de los ensayos. Los extractos con actividad (tabla 5) se presentan en la gráfica 1 y nos señala aquéllos con una actividad antioxidante significativa así como la concentración a la cual se determinó el valor  $IC_{50}$  siendo esta la concentración de la muestra requerida para inhibir el 50% del radical libre DPPH.

Los extractos que presentaron una baja actividad antioxidante a 50,000 ppm se observan en la gráfica 2 para el éter de petróleo (tabla 6), para los acetónicos en la gráfica 3 (tabla 7), mientras que los extractos metanólicos (tabla 8) en la gráfica 4. Los controles utilizados para la evaluación de la actividad antiradical se presentan en la gráfica 5.

Tabla 5. Extractos con significativa actividad antioxidante.

Muestra	% Actividad antioxidante	Concentración	Solvente
Palo azul	51.1	5,000 ppm	Metanol
Chaparro prieto	51.9	5,500 ppm	Metanol
Poleo	50	12,500 ppm	Metanol
Chaparro prieto	52.9	15,000 ppm	Acetona
Cenizo	50.1	20,000 ppm	Metanol
Colima	52.8	20,000 ppm	Metanol
Salvia	54.1	25,000 ppm	Metanol
Yerbanis	59.7	25,000 ppm	Metanol
Hierba de venado	54.7	35,000 ppm	Metanol
Hierba de venado	55.4	35,000 ppm	Acetona

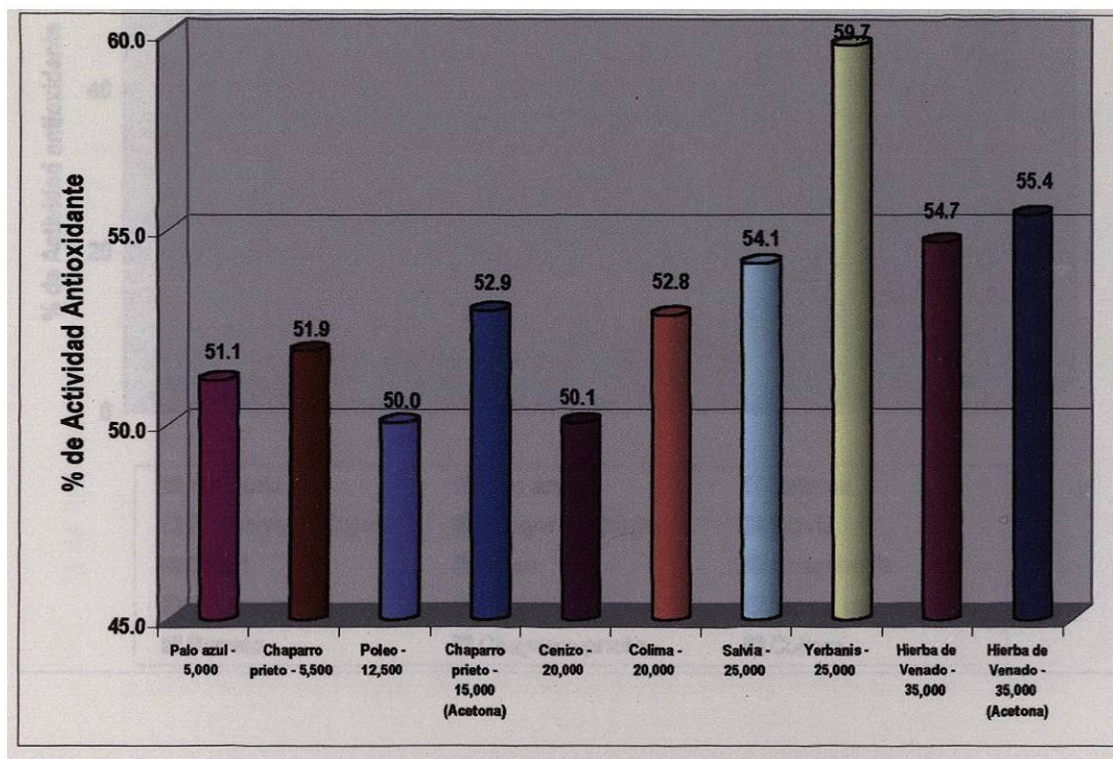
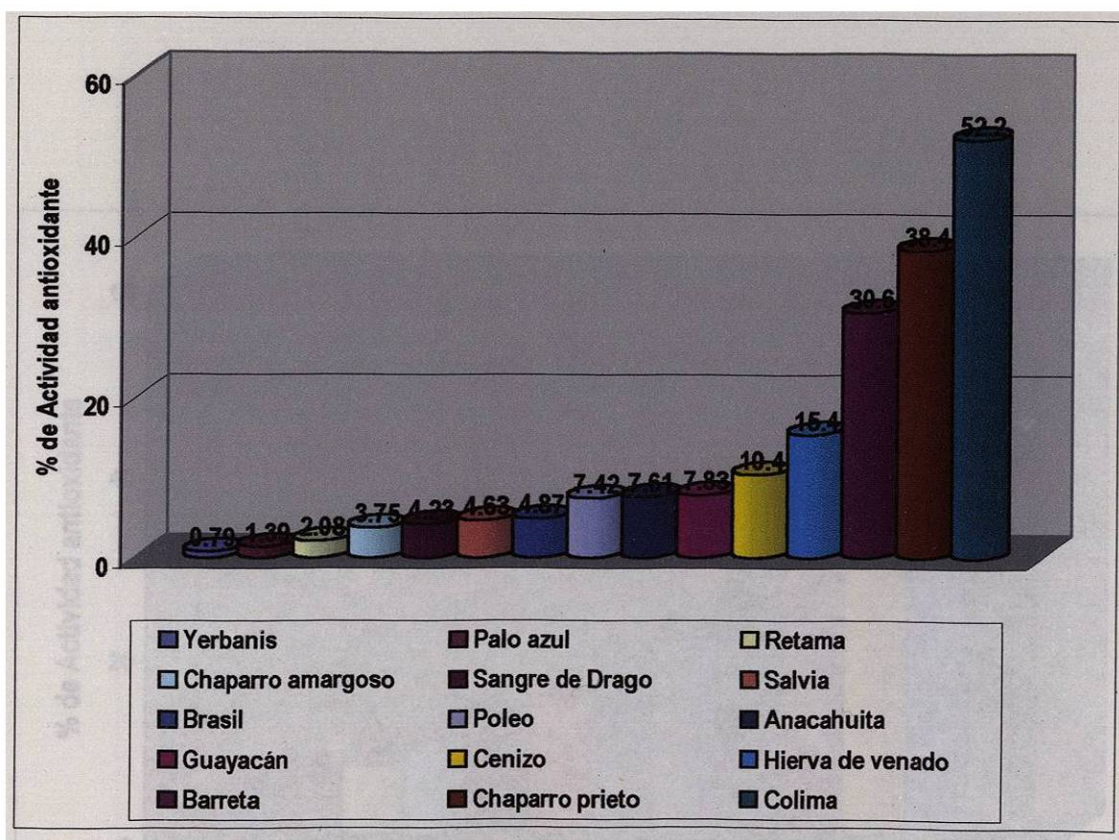
Gráfica 1. IC<sub>50</sub> de extractos con elevada actividad antioxidante

Tabla 6. Actividad antioxidante de los extractos con éter de petróleo a 50,000 ppm.

Muestra	% Actividad antioxidante	Muestra	% Actividad antioxidante	Muestra	% Actividad antioxidante
Anacahuita	7.61	Chaparro amargoso	3.75	Poleo	7.42
Barreta	30.6	Chaparro prieto	38.4	Retama	2.08
Brasil	4.87	Guayacán	7.83	Salvia	4.63
Cenizo	10.4	Hierba de venado	15.4	Sangre de drago	4.23
Colima	52.2	Palo azul	1.39	Yerbanis	0.79



Gráfica 2. Actividad antioxidante de extractos etéreos a 50,000ppm.

Tabla 7. Actividad antioxidante de los extractos con acetona a 50,000 ppm.

Muestra	% Actividad antioxidante	Muestra	% Actividad antioxidante
Anacahuita	6.17	Palo azul	50
Barreta	31.9	Poleo	14
Brasil	4.42	Retama	15.2
Cenizo	19.5	Salvia	27.8
Colima	51.2	Sangre de Drago	9.07
Chaparro Amargoso	21.4	Yerbanis	26.6
Guayacán	7.56		

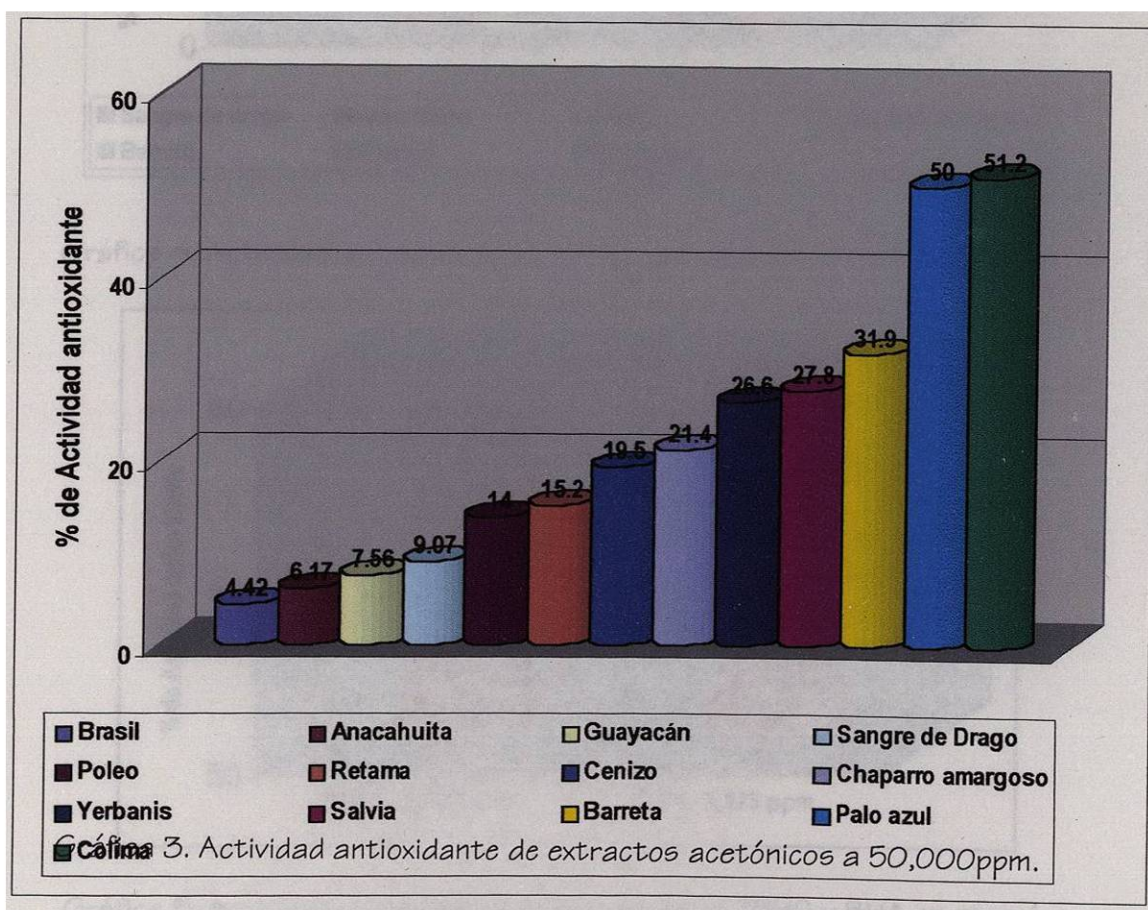
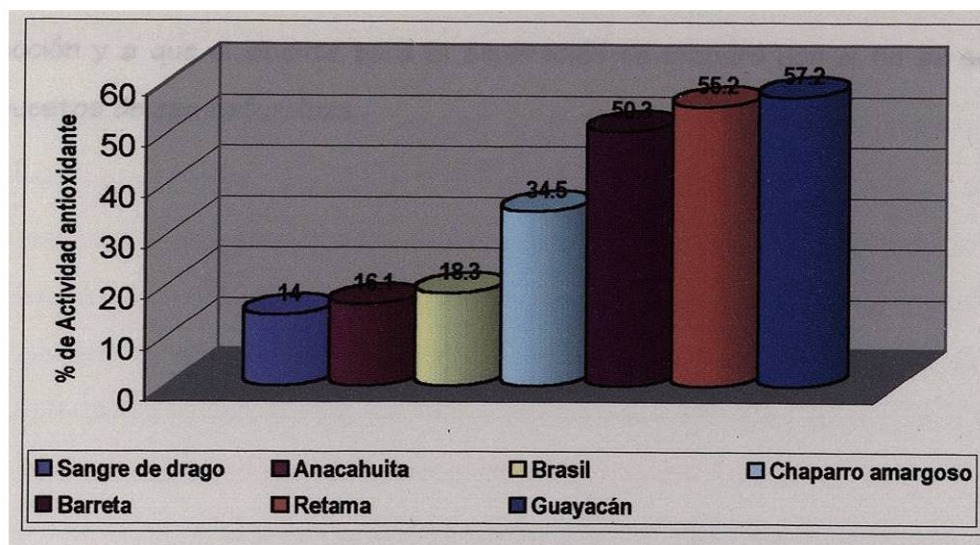
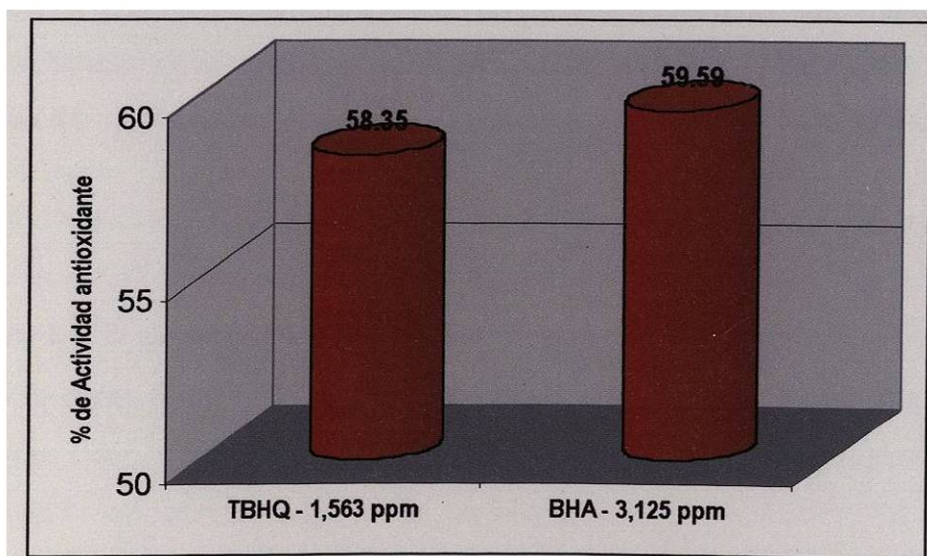


Tabla 8. Actividad antioxidante de los extractos con metanol a 50,000 ppm.

Muestra	% Actividad antioxidante	Muestra	% Actividad antioxidante
Anacahuita	16.1	Guayacán	57.2
Barreta	50.3	Retama	55.2
Brasil	18.3	Sangre de Drago	14
Chaparro amargoso	34.5		



Gráfica 4. Actividad antioxidante de extractos metanólicos a 50,000 ppm.



Gráfica 5. Actividad antioxidante de los controles TBHQ y BHA en etanol.

Los extractos metanólicos de palo azul *Eysenhardtia polystachya* (Ortega) Sarg. y chaparro prieto *Acacia rigidula* Benth. presentaron la mayor actividad antiradical a

5,000 y 5,500 ppm respectivamente, a estos extractos se les practicó una cromatografía en capa fina para definir los  $R_f$  de los compuestos que posiblemente generen la actividad antiradical, siendo el  $R_f$  de 0.72 para el compuesto encontrado en el extracto de palo azul utilizando como mezcla de eluentes metanol-etanol- ac. acético relación 1.5:2.5:1 y 0.81 el  $R_f$  del componente encontrado en el extracto de chaparro prieto al utilizar el mismo eluente. Estos compuestos posiblemente se encuentren dentro de los flavonoides debido a su polaridad en el momento de la extracción y a que el eluente para la separación se preparó con el fin de separar compuestos de esa naturaleza.

## 7. DISCUSIONES

La selección de plantas para el desarrollo de este estudio se basó en sus características etnobotánicas así como en su presencia dentro del estado de Nuevo León, cada una de ellas presenta cualidades únicas en cuanto a su distribución ecológica y sus propiedades (González, 1978). Además de ubicarse en zonas de distribución específicas para el estado (Alanís-Cano, 1996) como se vio al coleccionar en las diversas zonas de los municipios del estado.

Para la obtención de los extractos se empleó la técnica de maceración a temperatura ambiente y agitación constante, con la cual se buscó obtener compuestos de diversas polaridades, esto debido a la naturaleza química de los antioxidantes los cuales presentan entre sus componentes, moléculas hidrosolubles, liposolubles y de polaridad intermedia (Canell, 1998) esto se observa al evaluar los extractos de cada uno de los solventes observando actividad dentro de los tres extractos para ciertas plantas como lo es *Zanthoxylum fagara* (L) Sarg., o colima la cual presenta actividad antioxidante dentro del 50% para cada uno de los extractos, sin embargo la concentración necesaria para alcanzar esta actividad en el extracto etéreo es dos y media veces mayor que la utilizada para completar la misma actividad en el extracto metanólico, esto nos da un indicio del tipo de moléculas que podrían presentar actividad antioxidante.

El proceso para la evaluación de la actividad antioxidante por medio del radical libre 1,1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH) según Cuedent-Hostettmann en 1997 establece que 50  $\mu$ L de muestra se colocan en una solución de DPPH al 0.004% y se observa la reducción del DPPH, si embargo al colocar un volumen de 50  $\mu$ L de la muestra se observa que la capacidad de reducción del color se ve enmascarada por la coloración del extracto además de que una concentración de DPPH al 0.004% hace que la reacción de inhibición de la capacidad radical sea muy rápida y se requiere de una muestra de baja concentración para no sobrepasar esta capacidad, de tal forma que se requiere de muestras de menor concentración y de lecturas rápidas de la absorbancia de la muestra.



Por su parte Hu y Kitts en sus experimentos de 2000 utilizan una solución de DPPH a una concentración 0.1mM en etanol, con esta concentración la reacción de inhibición de la capacidad radical del DPPH al contacto con el compuesto antioxidante o en su caso la muestra con la mezcla de compuestos se vuelve más lenta. Durante los experimentos realizados para la preparación de la técnica para la evaluación de la actividad antioxidante de los extractos se observó que la coloración de ciertos extractos como es el caso del extracto etéreo y acetónico de la anacahuita *Cordia boissieri* A.DC. y del extracto etéreo del chaparro amargoso, *Castela texana* ( Torr & Gray ) Rose, interferían de manera sustancial en la absorbancia de la reacción debido a la alta intensidad de color aun en muestras de baja concentración, siendo esta una razón por la cual el volumen de muestra que utilizan tanto Cuedent-Hostettmann, 1997 que es de 50 $\mu$ L y Braca-De Tommassi, 2001 que es de 30 $\mu$ L, no pueden ser empleados para medir la actividad de los extractos de las plantas debido a la interferencia del color, para una evaluación de concentraciones muy diluidas, de las muestras con una alta intensidad de color, se podrían emplear volúmenes más grandes, con el inconveniente de que la muestra generalmente se encuentra diluida en un solvente el cual se podría volver factor al utilizar un mayor volumen de muestra, otra variación sería la que se observa en la técnica descrita por Aquino-Morelli en 2001, en la cual se coloca un volumen mayor de DPPH, con la problemática de encontrar cubas espectrofotométricas de esa capacidad.

En este trabajo se utilizaron 10 $\mu$ L con esto, la concentración de la muestra se puede mantener incluso al tener una intensidad de color elevada como el caso de los extractos antes mencionados. El volumen de DPPH a utilizar es de tres mililitros(Hu-Kitts, 2000). Siendo este volumen y la concentración de 0.1mM la adecuada para el desarrollo de la reacción. Para la evaluación de la actividad con respecto al tiempo, Da Porto- Calligaris, 2000 señala que midiendo la absorbancia cada minuto hasta que la reacción llegue a una fase estacionaria y lo alcanzándola a los 10 minutos, La evaluación de técnicas como la desarrollada por Cuendet-Hostettmann, 1997 establece que se haga la lectura después de 30 minutos de

incubación, durante el desarrollo de nuestra técnica establecimos que los cambios ocurridos durante la reacción aparecen durante los primeros 10 minutos de la misma siendo esta la fase más activa de la reacción y durante los siguientes 10 minutos comienza a establecerse una curva del tipo estacionario, es la suma de estos tiempos la que hemos decidido para realizar nuestra técnica.

Estableciendo de esta forma que colocando 10 $\mu$ L de la muestra en 3 mL de una solución de DPPH 0.1 mM en etanol, y teniendo lecturas en el espectrofotómetro de luz visible a una longitud de onda de 519 nm cada cinco minutos hasta llegar a 20, se tendrá una evaluación precisa y exacta de la actividad antioxidante presente en los extractos de las plantas, independientemente del eluyente utilizado para disolver el extracto.

La presencia de compuestos con actividad antioxidante presenta una tendencia marcada hacia los extractos polares que se observa en el incremento de la actividad antioxidante en comparación con la actividad presentada por los extractos tanto acetónicos como etéreos de la mayor parte de los extractos. Esto solamente es refutado por la actividad antioxidante de los extractos obtenidos a partir de la colima *Zanthoxylum fagara* (L) Sarg. (Rutaceae) y de la barreta *Helietta parvifolia* ( Gray ) Benth (Rutaceae) los cuales presentan una actividad muy similar tanto para el extracto etéreo como para el acetónico siendo sus IC<sub>50</sub> muy similares a una concentración de 50,000ppm y el extracto metanólico presenta una IC<sub>50</sub> a la concentración de 20,000 ppm. para la colima mientras que la barreta presenta un IC<sub>50</sub> en su extracto metanólico a 50,000 ppm y una actividad de 31% en promedio de sus otros dos extractos. La razón por la cual estas plantas presentan un actividad marcada en sus extractos no polares y medianamente polares se puede asociar a que pertenecen a la misma familia y presentan compuestos análogos dentro de sus sistemas metabólicos. Esto nos confirma que la actividad antioxidante es generada en su mayor parte por compuestos presentes en la fracción polar de los extractos sin descartar algunos compuestos presentes en las fracciones etéreas y acetónicas, siendo estas últimas las que presentan un ligero incremento en la actividad si se compara con la que se genera de los extractos etéreos. Para los

extractos obtenidos de anacahuita, *Cordia boissieri* A.DC. (Boraginaceae) y de brasil *Condalia hookeri* M.C. Johnst. (Rhamnaceae) la presencia de compuestos antioxidantes es en promedio la más baja de todos los extractos. Por su parte el cenizo *Leucophyllum frutescens* (Berl.) I.M. Johnst. (Srophulariaceae) presenta actividad antioxidante de 10.4% para el extracto etéreo, esta actividad se duplica en el acetónico y para el metanólico tenemos una  $IC_{50}$  a 20,000 ppm, esta actividad se podría asociar a la presencia de lignanos los cuales son reportados para esta especie por Rimando-Dayan, 1999 en su estudio sobre la fitotoxicidad de estos compuestos presentes en el cenizo.

Los extractos obtenidos del chaparro amargoso *Castela texana* (Torr & Gray) Rose, (Simaroubaceae), sangre de drago *Jatropha spathulata* (Ortega) Muell (Euphorbiaceae), retama *Parkinsonia aculeata* L. (Leguminosae) y guayacán *Porlieria angustifolia* (Engelm.) Gray. (Zygophyllaceae). Presentan actividad muy reducida. De estos 12 extractos sólo un par alcanzan la  $IC_{50}$  estos son los extractos metanólicos de retama y guayacán aunque a una concentración muy alta de 50,000 ppm.

De las plantas siguientes el poleo *Hedeoma drummondii* Benth. (Labiatae) solo presenta una  $IC_{50}$  para su extracto metanólico a 12,500 ppm, salvia *Croton torreyanus* Muell (Euphorbiaceae) para el mismo extracto una  $IC_{50}$  a 25,000 ppm, esta actividad puede ser debido a la presencia de una sesquiterpenlactona así como del  $\alpha$ -tocoferol presente en diversas especies de *Croton sp.* reportadas por Pereira y Amaral en el 2001, el yerbanis *Tagetes lucida* Cav. (Compositae) Presentando su extracto metanólico a 25,000ppm la  $IC_{50}$  y el palo azul *Eysenhardtia polystachya* (Ortega) Sarg. (Leguminosae) que presenta la menor  $IC_{50}$  de todos los extractos, siendo su  $IC_{50}$  de 5,000 ppm para el extracto metanólico. Por su parte los extractos acetónicos con mejor actividad fueron los de chaparro prieto *Acacia rigidula* Benth. (Leguminosae) y hierba del venado *Turnera diffusa* L. (Turneraceae) con una  $IC_{50}$  de 15,000 ppm y 35,000 ppm respectivamente, mientras que para sus extractos metanólicos la hierba de venado presenta una  $IC_{50}$  de 35,000 y para el chaparro prieto su  $IC_{50}$  es de 5,500 ppm. apenas 500 ppm más que su contraparte para el

palo azul. Siendo éstos dos los extractos con mayor actividad antioxidante de todo el estudio.

La actividad antioxidante de los extractos metanólicos del chaparro prieto y de palo azul, pueden deberse a la presencia de compuestos de tipo flavonoides debido a que la separación cromatográfica de estos extractos se llevó a cabo con una mezcla de eluentes que buscaba los compuestos de esta especie química y al revelarlos con el DPPH resultaron dos compuestos positivos para los extractos, esto corrobora la posible presencia de flavonoides debido a que Pietta en el 2000 reporta la actividad de los flavonoides en contra de los radicales libres.

## 8. CONCLUSIONES

De las 15 plantas estudiadas se obtuvieron tres extractos para cada una, los extractos fueron evaluados con la técnica estandarizada del radical libre DPPH. La actividad antioxidante de los extractos etéreos sólo es significativa en el de *Zanthoxylum fagara* ( L. ) Sarg. que presento una  $IC_{50}$  a 50,000 ppm.

Por otra parte, los extractos acetónicos que mostraron actividad fueron *Acacia rigidula* Benth. con una  $IC_{50}$  de 15,000 ppm, *Turnera diffusa* L. con un  $IC_{50}$  de 35,000 ppm, *Eysenhardtia polystachya* ( Ortega ) Sarg. y *Zanthoxylum fagara* ( L. ) Sarg. con una  $IC_{50}$  de 50,000 ppm.

Los extractos metanólicos presentaron la mayor actividad antioxidante comenzando por *Eysenhardtia polystachya* ( Ortega ) Sarg. con una  $IC_{50}$  de 5,000 ppm seguida del extracto de *Acacia rigidula* Benth. con una  $IC_{50}$  de 5,500 ppm, *Hedeoma drummondii* Benth. con una  $IC_{50}$  de 12,500 ppm. Mientras que los demás extractos con actividad relevante se presentan en la tabla 5. Mediante la cromatografía en capa fina se ubicó un compuesto con actividad antiradical en el extracto metanólico de *Eysenhardtia polystachya* ( Ortega ) Sarg. con un  $R_f$  de 0.72 y otro en el extracto metanólico de *Acacia rigidula* Benth. con un  $R_f$  de 0.81.

## 9. LITERATURA CONSULTADA

1. Aguilar A., Chino S., Camacho J.R., 1994. Herbario Medicinal del IMSS Información Etnobotánica. IMSS-Roche. México, pp. 65-217.
2. Akdemir Z. S., Tatli I.I., Saracoglu I., Ismailoglu U. B., Sahin-Erdemli I., Calis I., 2001. Polyphenolic compounds from *Geranium pratense* and their free radical scavenging activities. *Phytochemistry*, 56, 189-193.
3. Alanís F.G., Cano C.G., Rovalo M.M., 1996. Vegetación y Flora de Nuevo León una guía Botánico-Ecológica. Impresora Monterrey, México, pp. 5-194.
4. Alanís F.G., 1993. Recursos naturales renovables. *Agrociencia Serie. 3*, 3,115-120
5. Aquino R., Morelli S., Lauro M. R., Abdo S., Saija A., Tomaino A., 2001. Phenolic Constituents and Antioxidant Activity of an Extract of *Anthurium versicolor* Leaves. *J. Nat. Prod.* 64, 1019-1023.
6. Becker G., 1993. Antioxidant Pocket Counter. New York, Random House.
7. Benzie I. F., Szeto Y.T., 1999. Total Antioxidant Capacity of Teas by the Ferric Reducing/Antioxidant Power Assay. *J. Agric Food Chem.* 47, 633-636.
8. Blumberg J. 1992. Dietary antioxidants and aging. *Contem Nutr* 17(3):1.
9. Bors W., Saran M., Eltner E.F., 1992. Modern Methods, *Plant Anal New Ser.*13:277.
10. Bors W., Michel C., Saran M., 1984. *Biochim Biophys Acta.* 796,312
11. Braca A., De Tommasi N., Di Bari L., Pizza C., Politi M., Morelli I., 2001. Antioxidant Principles from *Bauhinia tarapotensis*. *J. Nat. Prod.* 64, 892-895.
12. Brown T.L., Le May H.E., Buresten B.E., 1998. *Química la ciencia central*, 7ª Ed. Prentice Hall Hispanoamericana, México, pp. 21-30
13. Cannell R. J. P., 1998. *Natural Products Isolation*, Humana Press, Totowa, New Jersey, 53-230.

14. Cartron E., Carbonneau M-A., Fouret G., Descomps B., Léger C. L., 2001. Specific Antioxidant Activity of Caffeoyl Derivatives and Other Natural Phenolic Compounds: LDL Protection against Oxidation and Decrease in the Proinflammatory Lysophosphatidylcholine Production. *J. Nat. Prod.* **64**, 480-486.
15. Cavin A., Hostettmann K., *et al.* 1998. *Planta Med.* **64**,393.
16. Choi J.S., Lee H.J.,Kang S.S., 1994. *Arch Pharmacol Res.* **17**,492.
17. Cuendet, M., Hostettman, K., Potterat, O., 1997. Iridoid Glucosides with Free Radical Scavenging Properties from *Fragrass blumei*. *Helv. Chim. Acta.* **80**, 1144-1152.
18. D'Amelio, Frank S. 1999. *Botanicals, A Phytocosmetic Desk reference*, CRC Press LLC, Florida. pp. 78-291.
19. Da Porto C., Calligaris S., Celotti E., Nlicolli M. C., 2000. Antirradical properties of Comercial Cognacs Assessed by the DPPH Test. *J. Agric. Food Chem.* **48**, 4241-4245.
20. Desmarchelier C., Ciccia G., 1998. *Antioxidantes de Origen Vegetal*. *Ciencia Hoy*, Vol. **8**, No.44
21. Dillard D.J., *et al.* 1978. Effects of exercise, vitamin E and ozone on pulmonary function and lipid peroxidation. *J. Appl. Physiol.* **45**:927-932.
22. Domínguez X.A., 1973, *Métodos de Investigación Fitoquímica*, Editorial Limusa, México, pp. 81-91.
23. Esteves M. A., Narender N., Marcelo-Curto M.J., Gigante B., 2001. Synthetic Derivates of Abietic Acid with Radical Scavenging Activity. *J. Nat. Prod.* **64**, 761-766
24. Fessenden R. J., Fessenden J. S., 1993. *Química Orgánica*. Grupo Editorial Iberoamerica, México, pp.238-245
25. Fogliano V., Verde V., Randazzo G., Ritieni A., 1999. Meted for Measuring Antioxidant Activity and Its Application to monitoring the Antioxidant Capacity of Wines. *J. Agric. Food Chem.* **47**,1035-1040.

26. González F., 1979. Plantas medicinales y su uso empírico en los municipios de Mina y Anahuac. Tesis de Licenciatura, U.A.N.L. Facultad de Ciencias Biológicas, México.
27. González F. M., 1998, Plantas medicinales del Noreste de México, Editora el Sol, México, pp. 25-115.
28. Hu C., Kitts D. D., 2000. Studies on the Antioxidant Activity of *Echinacea* Root Extract. J. Agric. Food Chem. 48, 1466-1472.
29. Jiménez P. M., 2000. Estandarización del método  $\beta$ -caroteno para la detección de productos con propiedades antioxidantes y evaluación de esta actividad en *Ulva fasciata* Delile. Trabajo Práctico de Licenciatura, U.A.N.L. Facultad de Ciencias Biológicas, México.
30. Kaugman P. B., Cseke L.J., Warber S., Duke J. A., Briemann H. L., 1999. Natural Products from PLANTS, CRC Press LLC, Florida. 190-193.
31. Kuklinski C. 2000. Farmacognosia, Estudio de las drogas y sustancias medicamentosas de origen natural. Ediciones Omega, S.A. Barcelona, 33-117.
32. Larrauri J. A., Ruperez P., Saura-Calixto F., 1997. Effect of Drying Temperature on the Stability of Polyphenols and Antioxidant Activity of Red Grape Pomace Peels. J. Agric Food Chem. 45, 1390-1393.
33. Larrauri J. A., Sánchez-Moreno C., Saura-Calixto F., 1998. Effect of Temperature on the Free Radical Scavenging Capacity of Extracts from Red and White Grape Pomace Peels. J. Agric Food Chem. 46, 2694-2697.
34. Linares, M. E., Flores, P.E., Bye R., 1998. Selección de Plantas Medicinales de México. Editorial Limusa, México, pp. 28-100.
35. Lukaski H.C., 1999. Vitaminas, Minerales y Rendimiento Físico, VI Curso Internacional de Ciencias del Deporte GSSI, Incrementa tu rendimiento: Medios Ergogénicos. Caracas, Venezuela.
36. Martínez, M., 1969. Las Plantas Medicinales de México. 5<sup>ta</sup> ed. Ediciones Botas-México, México, pp. 100-347.
37. Martínez, M. 1979. Catalogo de Nombres Vulgares y Científicos de Plantas Medicinales. Fondo de Cultura Económica, México, pp. 438



38. Molina S. G., 2001. Evaluación de la actividad antioxidante de los extractos metanólico y hexánico de clavo (*Eugenia caryophyllata*). Trabajo final de Fitoquímica, U.A.N.L. Facultad de Medicina, Escuela de Graduados, México.
39. Phillipson David J., 2001. Phytochemistry and medicinal plants. *Phytochemistry*, 56, 237-243.
40. Pratt D.E., Miller E.E., 1984. *J Am Oil Chem Soc.* 61,1064.
41. Pietta Pier-Giorgio., 2000. Flavonoids as Antioxidants, *J. Nat. Prod.* 63,1035-1042.
42. Sánchez C. 1981. La herbolaria medicinal: su mercadeo en el área de Monterrey, Nuevo León, México un estudio Etnobotánico. Tesis de Licenciatura, U.A.N.L. Facultad de Ciencias Biológicas, México.
43. Sato M., Ramarathnam N., Suzuki Y., Ohkubo T., Takeuchi M., Ochi H., 1996, Varietal Differences in the Phenolic Content and Superoxide Radical Scavenging Potential of Wines from Different Sources., *J. Agric. Food Chem.* 44, 37-41.
44. Wettasinghe M., Shahidi F., 2000. Scavenging of reactive-oxygen species and DPPH free radicals by extracts of borage and evening primrose meals.; *Food Chemistry.* 70, 17-26.
45. Yen G-C., Duh P-D., 1995. Antioxidant Activity of Methanolic Extracts of Peanut Hulls from Various Cultivars. *J AOCS*, Vol. 72. No. 9, 1065-1067.
46. Yeon H. B., Sub K. H., Hyeong L. J., Soo H. Y., Seup R. J., Soon L. K., Joon L. J., 2001. Antioxidant Benzoylated Flavan-3-ol Glycoside from *Celastrus orbiculatus*. *J. Nat. Prod.* 64, 82-84.

#### 9.1 Direcciones "on line"

47. [http://www.carlton.paschools.pa.sk.ca/chemical/sigfigs/experimental\\_error](http://www.carlton.paschools.pa.sk.ca/chemical/sigfigs/experimental_error)
48. <http://www.elsevier.com/locate/phytochem>
49. <http://www.hortpix.com/plantil.htm>
50. <http://www.ibiblio.org/london/alternative-healthcare/>
51. <http://www.juver.es/nutricion/articulos/radical.html>
52. <http://www.juver.es/nutricion/articulos/antioxid.html>

53. <http://www.juver.es/nutricion/minerales/selenio.html>
54. <http://www.juver.es/nutricion/vitaminas/vita.html>
55. <http://www.juver.es/nutricion/vitaminas/vitc.html>
56. <http://www.juver.es/nutricion/vitaminas/vite.html>
57. <http://www.nl.gob.mx/pagina/Conozca/Geografia/Geografia.html>
58. <http://www.pubs.acs.org/JNP>
59. <http://www.realtime.net/anr/minerals.html>
60. <http://www.realtime.net/anr/vitamins.html>
61. <http://www.standar-vitamins.com>
62. <http://www.plantstogo.com/plantdescriptions/>

## ANEXO. Fotografías de algunas de las plantas utilizadas en este estudio.



*Acacia rigidula* Benth. Chaparro prieto    *Condalia hookeri* M.C. Johnst. Brasil



*Cordia boissieri* A.DC Anacahuita    *Leucophyllum frutescens* (Berl) I.M. Johnst. Cenizo



*Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg. Colima    *Hedeoma drummondii* Benth. Poleo

*Porlieria angustifolia* (Engelm.) Gray Guayacán

