

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS E INGENIERÍA



**“ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE Y ACARICIDA DE EXTRACTOS DE LAS PLANTAS
BACCHARIS SAROTHROIDES Y BACCHARIS SALICIFOLIA”**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE QUÍMICO FARMACOBIOLOGO

PRESENTA

ANA KARLA NAVA SÁNCHEZ

TIJUANA, BAJA CALIFORNIA

OCTUBRE DEL 2019

**Universidad Autónoma de Baja California
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS E INGENIERÍA**

FOLIO No. 040

Tijuana, Baja California, a 30 de septiembre de 2019

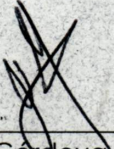
**C. Ana Karla Nava Sánchez
Pasante de Químico Farmacobiólogo
Presente**

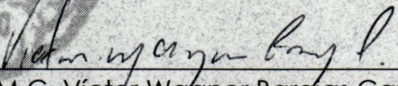
El tema de trabajo y/o tesis para su examen profesional, en la
opción de Tesis

Es propuesto, por el Dr. Iván Córdova Guerrero y el M.C. Víctor Wagner Barajas Carrillo quienes
serán los responsables de la calidad del trabajo que usted presente, referido al tema "Actividad
antioxidante y acaricida de extractos de las plantas baccharis sarothroides y baccharis
salicifolia" el cual deberá usted desarrollar, de acuerdo con el siguiente orden:

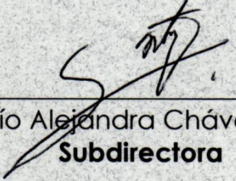
- I.- RESUMEN
- II. INTRODUCCIÓN
- III. PARTE EXPERIMENTAL
- IV. DISCUSIÓN Y RESULTADOS
- V. CONCLUSIONES
- VI. REFERENCIAS
- VII. ANEXOS




Dr. Iván Córdova Guerrero
Director de Tesis


M.C. Víctor Wagner Barajas Carrillo
Co- Director de Tesis


Dr. José Luis González Vázquez
Director Provisional


Dra. Rocío Alejandra Chávez Santoscoy
Subdirectora

“No hablar de ciencia me parece perverso. Cuando uno se enamora se lo quiere gritar al mundo.”

-Carl Sagan



Dios

En primer lugar, te agradezco a ti Dios por haberme permitido llegar hasta aquí con salud, sabiduría y fuerza para realizar cosas de las cuales no me creía capaz. Y gracias por permitirme seguir más tiempo con mis seres querido.

Mi Familia

A mis papás porque son mis pilares, los que me dan fuerza día con día para seguir “con esta vida de adulto”, para mí siempre serán los mejores, gracias enseñarme que hay mucha vida, muchos lugares por conocer, muchas cosas que hacer siempre, que es bueno arriesgarse y que no todo es blanco o negro siempre puede haber un equilibrio en todo. Gracias por enseñarme a no rendirme, por apoyarme siempre en mis locuras, jaja por recordarme que todo en esta vida cuesta, sin ustedes nada hubiera sido posible por ustedes soy lo que soy. Gracias mil veces gracias

A mis hermanas, no siempre son mis personas favoritas jajaja pero son las que cuando llego a casa se sienta aquella paz de saber que estoy completa y a salvo, gracias por estar ahí Ivanna, haciéndome dibujos o amuletos de la buena suerte, recordándome que soy Química y creyendo en mí siempre. Lilian podemos pelear mil veces al día, pero sabe que siempre querré lo mejor para ti las amo con todo mi corazón.

A mi abuela, a la abuela sauce no le puedo dejar de agradecerle todo el apoyo, el amor y la fé que ha tenido en mí siempre y su constante recordatorio “Estoy orgullosa de ti”.

Dra. Laura Díaz Rubio y Dr. Iván Córdova

Mil gracias por el apoyo brindado durante todo este tiempo personal y académicamente, muchas gracias por abrirme las puertas del laboratorio, por compartir todo ese entusiasmo por la ciencia e investigación, por dejarme ser parte de tan bonita familia que se forma en el laboratorio, por compartir sus conocimientos, por transmitir esa calidad humana que todos debemos mostrar siempre. Les estaré eternamente agradecida.

A mis amigos

Gracias Yomira por esas salidas inesperadas y divertidas en nuestro amigo rojo, gracias por todas esas horas de largas pláticas, por el apoyo que siempre brindas y esa entrega que tienes como amiga. Fabiola, mil gracias por alimentarme todas aquellas veces que llegaba corriendo a la escuela, por ser la mejor compañera de laboratorio por esas porras que me das para seguir con cualquier proyecto que tengo en mente, por siempre seguirme en cualquier situación, por esa confianza que me tienes, sabes que todo es reciproco.

Mtra. Isabel Edurne Cruz

Isabel, mi segunda amá gracias por todo el conocimiento que me transmitiste, por enseñarme que una amistad realmente puede ser sincera, desinteresada, llena de apoyo y de diversión. Gracias por adoptarme jaja por ser mi cómplice en mil y una vez. Les debo mucho a las salvias porque gracias a ella conocí a mi mejor amiga.

Mtro. Víctor Wagner Barajas

Gracias por todo el apoyo Vic, por no dejarme atrás y saber que hasta las personas más frías tienen un corazón, gracias por estar ahí, por ser mi compañero, mi sayo. Gracias por enseñarme a no hacer pucheros cuando hay que exponer, por decirme que no le tenga miedo a nadie, por todos esos datos curiosos que me hicieron reír hasta que me doliera el estómago. Una vez más gracias por dejarme conocerte.

Mtro. Arturo Estolano Cobián

Gracias Tury, por la paciencia que me tienes, por esas explicaciones que me ayudaban a estudiar para mis exámenes, por esos abrazos cálidos en momentos de estrés y desesperación, esas palabras de aliento para seguir adelante, por tu tiempo para no quedarme sola tan tarde en el laboratorio con Panchito, jajaja por tu apoyo en mi serie de eventos desafortunados. Mil gracias

Laboratorio de Química Medicinal y Productos Naturales.

Gracias por acogerme en el momento que más lo necesitaba, por ser ese segundo hogar que todos necesitamos alguna vez. Gracias por darme parte de las mejores personas que existen en la faz de la tierra.



Resumen



En la presente investigación se muestran las evaluaciones de tipo antioxidante de los extractos crudos y particiones de las especies *Baccharis salicifolia* y *Baccharis sarothroides* y la evaluación tipo acaricida con dos ventanas biológicas de los extractos crudos de cada especie antes mencionada.

En la introducción se abordan un poco sobre el tema de las plantas y sus usos a lo largo del tiempo, se hace referencia de la importancia y las diferentes aplicaciones de los productos naturales. Se plantea la problemática que presenta el sector agrícola debido al mal empleo de insecticidas sintéticos dañinos para el medio ambiente, la salud humana y las pérdidas económicas que representa. También se menciona interés por los antioxidantes naturales para el tratamiento de diversas enfermedades crónica degenerativas, así como también su aplicación en la industria y como México es un país megadiverso donde existe una gran variedad de especies vegetales con gran potencial biológico.

En la sección de antecedentes se describe la taxonomía, distribución geográfica, así como las referencias etnobotánicas y estudios fitoquímicos reportados para cada especie vegetal. Se aborda el tema de los daños causados por los radicales libres y como los antioxidantes naturales ayudan a contrarrestar este tipo de daños. Se hace mención a una de las mayores problemáticas en el sector agrícola con una de las principales plagas que dañan a nuestro país, destacando la importancia de la búsqueda continua de insecticidas y acaricidas naturales.

En la metodología se pueden encontrar las secciones donde se habla de la recolección del material y generación de extractos y particiones, el tamiz fitoquímico y la evaluación química (antioxidante) y biológica de tipo acaricida.

Finalmente se encuentra la discusión de resultados, seguido de sus respectivas conclusiones.

Índice

| | |
|---|-----------|
| 1. Resumen | 3 |
| 2. Índice de tablas | 7 |
| 3. Índice de figuras | 9 |
| 4. Índice de ilustraciones | 11 |
| 5. Índice de Diagramas | 13 |
| 6. Acrónimos y abreviaturas | 15 |
| 7. Introducción | 18 |
| 7.1. Desde el principio | 19 |
| 7.2. La importancia de las Plantas medicinales | 20 |
| 7.3. Los productos naturales | 21 |
| 7.4. Aplicaciones de los productos naturales..... | 23 |
| 8. Hipótesis | 25 |
| 9. Objetivo general y particulares | 27 |
| 10. Antecedentes | 29 |
| 10.1. Generalidades Familia Asterácea | 30 |
| 10.1.1. Familia Asterácea y su actividad biológica..... | 30 |
| 10.1.2. <i>Baccharis sarothroides</i> | 34 |
| 10.1.3. <i>Baccharis Salicifolia</i> | 35 |
| 10.2. Antioxidantes y Radicales Libres | 38 |
| 10.2.1. Efectos nocivos de los radicales libres | 41 |
| 10.2.2. Radicales Libres | 43 |
| 10.2.3. Antioxidantes | 44 |
| 10.2.4. Las plantas como fuentes de antioxidantes | 47 |
| 10.3. Plaga y su importancia en la agricultura | 52 |
| 10.3.1. Clasificación de plagas | 52 |
| 10.3.2. Baja California como sector Agrícola | 54 |
| 10.4. <i>Tetranychus uticae</i> C.L. Koch | 55 |
| 10.4.1. Clasificación taxonómica | 55 |
| 10.4.2. Biología | 55 |
| 10.4.3. Control de plaga | 57 |
| 10.5. Plaguicidas | 58 |
| 10.5.1. Plaguicidas sintéticos | 59 |
| 10.5.2. Plaguicidas naturales | 60 |
| 11. Desarrollo experimental | 68 |

| | |
|---|------------|
| 11.1. Recolección y Generación de extractos | 69 |
| 11.2. Tamiz fitoquímico | 73 |
| 11.3. Evaluación química y biológica | 79 |
| 11.3.1. Reducción del radical libre DPPH (difenil Picril Hidrazilo)..... | 81 |
| 11.3.2. Método de Folin-Ciocalteu | 83 |
| 11.3.3. Decoloración oxidativa del β -caroteno | 85 |
| 11.3.4. Reducción del catión radical-ABTS (Ácido 2,2'-azinobis (3- etilbenzotiazolín)-6-sulfónico)..... | 88 |
| 11.3.5. Evaluación de la actividad tipo acaricida | 90 |
| 12. Discusión de resultados | 92 |
| 12.1. Tamiz fitoquímico preliminar | 93 |
| 12.2. Evaluación antioxidante | 98 |
| 12.2.1. Técnica β -caroteno | 99 |
| 12.2.2. Técnica DPPH | 102 |
| 12.2.3. Técnica ABTS..... | 107 |
| 12.2.4. Determinación de Fenoles totales..... | 110 |
| 12.3. Evaluación acaricida | 114 |
| 13. Conclusiones..... | 117 |
| 14. Bibliografía..... | 120 |



Índice de tablas



| | |
|--|-----|
| Tabla 1. Usos medicinales de diversas especies de Baccharis | 32 |
| Tabla 2 .Plantas utilizadas como plaguicidas naturales | 61 |
| Tabla 3 .Cantidad de cada especie recolectada | 70 |
| Tabla 4 .Cantidad de extracto crudo generada | 70 |
| Tabla 5 .Cantidad generada de cada partición de B.salicifolia | 72 |
| Tabla 6 .Cantidad generada de cada partición de B.sarothroides | 72 |
| Tabla 7 .Métodos de las pruebas colorimétricas..... | 75 |
| Tabla 8 .Concentraciones utilizadas en las ventas biológicas | 91 |
| Tabla 9 .Resultados de tamiz Fitoquímico de B.sarothroides | 94 |
| Tabla 10. Resultados de tamiz fitoquímico B.salicifolia | 96 |
| Tabla 11 .Resultados de la actividad antioxidante de B-caroteno para la especie B.sarothroides | 100 |
| Tabla 12.Resultados de B-caroteno de la especie B.salicifolia . | 101 |
| Tabla 13.Resultados de DPPH de B.salicifolia | 103 |
| Tabla 14 .Resultados de DPPH para B.sarothroides..... | 105 |
| Tabla 15 .Resultados para B.salicifolia por ABTS | 108 |
| Tabla 16 .Resultados de ABTS para sarothroides | 109 |
| Tabla 17 .Resultados de cuantificación polifenólica de B.salicifolia | 111 |
| Tabla 18 .Resultados de cuantificación polifenólica de B.sarothroides | 112 |
| Tabla 19 .Resultados de las ventanas biológicas de las especies estudiadas con mortalidad corregida | 115 |



Índice de figuras



| | |
|---|-----|
| Figura-1 Principales intermediarios en la biosíntesis de metabolitos secundarios..... | 22 |
| Figura-2 Estructura de flavonoide con numeración | 48 |
| Figura-3 Estructura básica de un tanino hidrolizable | 50 |
| Figura-4 Estructura básica de un tanino condensado | 50 |
| Figura -5 Estructura del caroteno | 51 |
| Figura -6 Reducción de radical libre de DPPH..... | 81 |
| Figura-7 Mecanismo de acción de Follin | 83 |
| Figura-8 Decoloración oxidativa del b-caroteno..... | 86 |
| Figura-9 Mecanismo de acción de ABTS..... | 88 |
| Figura-10 Resultados de B-caroteno de la especie <i>B.sarothroides</i> | 100 |
| Figura -11 Resultados de B-caroteno de <i>B.salicifolia</i> | 101 |
| Figura -12 Resultados de <i>B.salicifolia</i> en la técnica DPPH | 103 |
| Figura -13 Resultados de DPPH para <i>B.sarothroides</i> | 105 |
| Figura-14 Resultados de ABTS para <i>B.salicifolia</i> | 108 |
| Figura-15 Resultados de ABTS para <i>B.sarothroides</i> | 109 |
| Figura-16 Resultados de Cuantificación polifenólica de <i>B.salicifolia</i> | 111 |
| Figura-17 Resultados de cuantificación poliafenólica de <i>B.sarothroides</i> | 112 |
| Figura-18 Actividad acaricida de las dos especies estudiadas | 115 |



Índice de ilustraciones



| | |
|--|----|
| Ilustración 1 Indígenas recolectando maíz | 19 |
| Ilustración 2 Indígena extrayendo la raíz..... | 20 |
| Ilustración 3 Indígena probando extracto de una planta | 21 |
| Ilustración 4 <i>B.sarothroides</i> | 34 |
| Ilustración 5 <i>B.salicifolia</i> | 35 |
| Ilustración 6 Representación de un radical libre y un antioxidante | 38 |
| Ilustración 7 Antioxidantes de diferentes fuentes | 45 |
| Ilustración 8 Ejemplares <i>Tetranychus urticae</i> ambos sexos | 55 |
| Ilustración 9 ácaro en su hábitat | 56 |
| Ilustración 10 Mujeres trabajando en la recolecta | 64 |
| Ilustración 11 Ubicación de México en el globo terráqueo..... | 65 |
| Ilustración 12 Arbusto de <i>Baccharis sarothroides</i> | 66 |
| Ilustración 13 Flor de <i>Baccharis salicifolia</i> | 66 |
| Ilustración 14 En el proceso de la generación de particiones | 72 |



Índice de Diagramas



| | |
|--|----|
| Diagrama 1 Para la generación de particiones | 71 |
| Diagrama 2 Para la evaluación antioxidantes de las especies .. | 80 |



Acrónimos y abreviaturas



| | |
|-----------------------------|---|
| %AA | Porcentaje de actividad antioxidante |
| (A) | Adenina |
| (C) | Citocina |
| (G) | Guanina |
| (T) | Timina |
| ° C | Grados centígrados |
| ¹ O ₂ | Oxígeno singlete |
| ABTS | (Ácido 2,2'-azino-bis-3-etilbenzotiazolin-6-sulfónico) |
| Ac | Absorbancia de la muestra control |
| Ac OH | Ácido acético |
| Ac ⁰ | Absorbancia de la muestra a control 0 |
| Ac ¹²⁰ | Absorbancia de la muestra a 120 minutos |
| AcOEt | Acetato de etilo |
| ADN | ácido desoxirribonucleico |
| alKO• | alcoxilo |
| alKOO• | alquilperoxilo |
| Am | Absorbancia de la muestra control |
| Am ⁰ | Absorbancia de la muestra a 0 minutos |
| Am ¹²⁰ | Absorbancia de la muestra a 120 minutos |
| B.C | Baja California |
| <i>B.salicifolia</i> | <i>Baccharis salicifolia</i> |
| <i>B.sarothroides</i> | <i>Baccharis sarothroides</i> |
| CAT | Catalasa |
| CE ₅₀ | Concentración efectiva media |
| CHCl ₃ | Cloroformo |
| Cm | Centímetros |
| Cm ³ | Centímetros cúbicos |
| CNPS | Sociedad nativas de Californias |
| COFEPRIS | Comisión Federal para la protección de riesgos sanitarios |
| DDT | Diclorodifeniltricloroetano |
| DL ₅₀ | Dosis letal media |
| DPPH | Dipicril fenil hidrazilo (por sus siglas en inglés) |
| ERN | especies reactivas del nitrógeno |
| ERO's | especies reactivas de oxígeno |
| ETC | Etcétera |
| EtOH | Etanol |
| FAO | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación |
| g | Gramos |
| g/mL | Gramos por mililitro |
| GMPc | Guanosina monofosfato ciclico |
| GPx | Glutación peroxidasa |
| GS• | radical til |
| GSH | radicales derivados del glutati3n |
| HCl | Ácido clorhídrico |
| HO• | radical hidroxilo |
| Kg | Kilogramo |

| | |
|-------------------|---|
| L | Litro |
| LDL | Lipoproteínas de baja densidad |
| M | Metros |
| MC | Mortalidad corregida |
| Mg | Miligramos |
| Mg/mL | Miligramos por mililitro |
| Min | Minutos |
| mL | Mililitros |
| Mn | Nanómetros |
| NADPH-ox | Nicotinamida adenina dinucleótido fosfato-oxidasa |
| O ₂ •- | anión superóxido |
| POL | Peroxidación lipídica |
| PUFAs | ácidos grasos poliinsaturados |
| TNFα | Factor de necrosis tumoral |
| UV | Ultravioleta |
| μg/mL | Microgramos por mililitro |
| μL | Microlitros |



Introducción



Desde el principio

El ser humano desde su origen tuvo que aprender a cazar, vestirse y curarse para buscar la consecución de su bienestar desde una perspectiva “espiritual o científica”. Es evidente que esta tendencia, inherente al ser humano, está presente en todo momento y en donde ha existido alguna sociedad, por primitiva que esta parezca. Estas sociedades practicaban de manera empírica y a base de prueba y error muchas de las disciplinas científicas actuales. Fueron “arquitectos” al construir chozas, “físicos” al dominar el fuego y “médicos” al curar los diversos males que les aquejaban. Este último aspecto llevo al desarrollo de otras disciplinas como la farmacia, la farmacología, la farmacognosia e indudablemente la medicina actual.(Cortez-gallardo, Macedo-ceja, & Arteaga-aureoles, 2004)

Si meditamos un poco y pensamos en nuestros ancestros, cazadores y recolectores nómadas, nos daremos cuenta que para sobrevivir tenían que ser espectadores cuidadosos de la naturaleza. Se vieron en la necesidad de estudiar la conducta de los animales de presa para poder desarrollar estrategias de captura y acercarse a ellos sin que su presencia fuera percibida. Quizás al realizar esta actividad, de manera incidental observaron que algún animal con aspecto “enfermizo” consumía un determinado vegetal, una conducta no común (como la de algunos perros al ingerir pasto) y posteriormente sanaban.

Esta conducta debía ser extraña en los animales de presa y con más razón llamaba la atención de los cazadores que conocían el comportamiento de sus presas. Probablemente, alguno de nuestros antepasados al sentirse enfermo imitó esa conducta del animal y sanó en el mejor de los casos, por medio del ensayo y error (además de su condición de nómada recolector) fue seleccionando vegetales y animales que tenían la propiedad de sanar ó mitigar el dolor, pero también de sustancias toxicas que le podían producir alucinación o incluso la muerte. Estas últimas derivadas de plantas o animales ponzoñosos les fueron sin duda también útiles para la caza de animales o en sus conflictos tribales. (Cortez-gallardo et al., 2004).



Ilustración 1 Indígenas recolectando maíz

La importancia de las Plantas medicinales

Las plantas medicinales han formado parte importante de la historia y cultura de los pueblos indígenas. El uso y aplicaciones para el remedio de las enfermedades, constituye un conocimiento que se transmite en forma oral de generación en generación.

Antes de la llegada de los conquistadores existía en México una gran riqueza de medicina tradicional practicada por muchos grupos indígenas. (Pérez, 2008)

Y uno de los acontecimientos más importantes en la historia humana ha sido el cambio de una economía sustentada en la caza y la recolección de plantas a una basada en la agricultura, la mayoría de los pueblos indígenas mesoamericanos desarrollaron sus propios sistemas de cultivo en clara interacción con el medio ambiente y



Ilustración 2 Indígena extrayendo la raíz

respetando la vocación de los nichos ecológicos. La selección natural de semillas y plantas fue algo común y para fertilizar no se empleaban otros componentes que no fueran los humus de las riberas de ríos y lagos, así como detritus orgánicos. Desde luego que la implementación de este tipo de esquemas fue posible porque no existía una gran presión demográfica; el patrón alimentario, si bien diversificado, no se planteaba que fuera de las posibilidades que el medio natural podía ofrecer; la organización social era diferente, y el mercado no mantenían sistemas de intercambios rígidos ni homogéneos. Se desconoce si estas prácticas agrícolas mostraron agotamiento dentro del contexto en que se desarrollaron, y si tal agotamiento fue a causa de la desaparición de civilizaciones enteras, como podría ser la maya, lo que si se conoce es que existían sistemas de intercambio agrícola entre los distintos pueblos mesoamericanos y que los productos alimentarios ocupaban un lugar destacado en el comercio, siendo la base de dicho intercambio porque sustituían las funciones de la moneda. (Torres Torres, 1993)

Los productos naturales

En sentido amplio un producto natural está formado por todos los compuestos de la naturaleza. En sentido más restrictivo un producto natural solo es un metabolito secundario. (Ravelo & Braun, 2009)

Los metabolitos secundarios pueden ser considerados como productos para la adaptación de un organismo a sobrevivir en un ecosistema particular. (Ravelo & Braun, 2009)

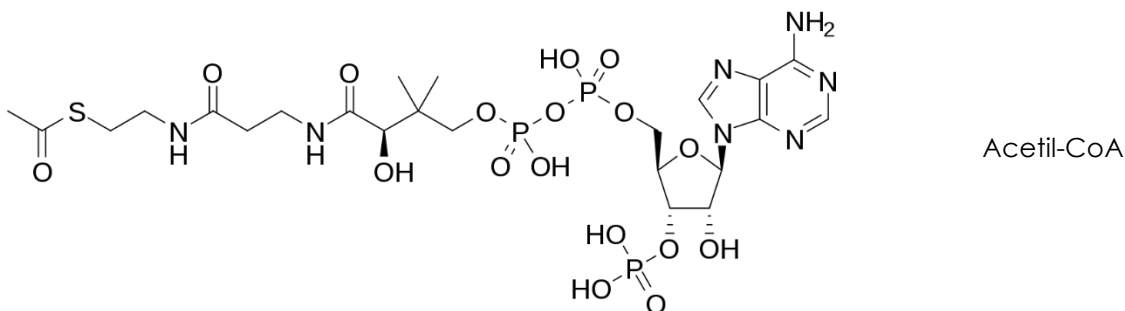


Ilustración 3 Indígena probando extracto de una planta

La formación de los metabolitos secundarios en la naturaleza tiene lugar a partir de los metabolitos primarios. La síntesis de los productos naturales comienza con la fotosíntesis que tiene lugar en plantas superiores, algas y

algunas bacterias. Es un proceso endotérmico que requiere luz solar. Aquellos organismos incapaces de absorber luz obtienen su energía de la degradación de carbohidratos. Existen tres intermedios químicos principales como son el acetil-CoA, el ácido shikímico y el ácido mevalónico, a partir de estos compuestos se biosintetizan los principales grupos de productos naturales como son los ácidos grasos, antraquinonas, terpenos, esteroides, alcaloides, cumarinas, etc.

Algunos esqueletos de productos naturales se biosintetizan utilizando fragmentos que provienen de más de una ruta específica tal es el caso de los flavonoides que se forman a partir de la ruta del acetato y del ácido shikímico. A estos compuestos se les denomina de biogénesis mixta. La importancia de los productos naturales radica en la propia función biológica en la que son biosintetizados. (Ravelo & Braun, 2009)



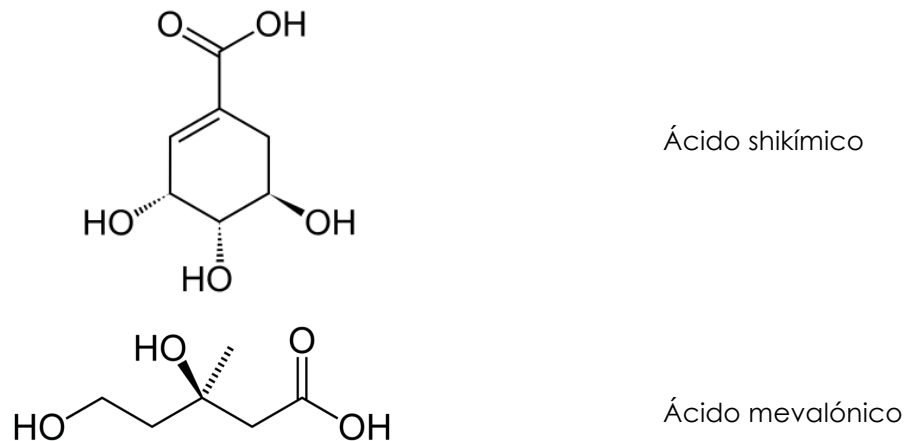


Figura-1 Principales intermediarios en la biosíntesis de metabolitos secundarios

Tienen un importante y significativo valor medicinal y económico, derivado este último de su uso en la industria cosmética, alimentaria, farmacéutica. Un gran número de estos productos naturales, que ya se usaban en la medicina antigua como remedios para combatir enfermedades, se utilizan en la actualidad como medicamentos, resinas, gomas, potenciadores de sabor, aromas, colorantes, etc. Se agrupan en cuatro clases principales.

-**Terpenos.** Entre los que se encuentran hormonas, pigmentos o aceites esenciales.

-**Compuestos fenólicos.** Cumarinas, flavonoides, lignina y taninos.

-**Glicósidos.** Saponinas, glicósidos cardiacos, glicósidos cianogénicos y glucosinolatos.

-**Alcaloides.** (Ávalos & Elena, 2009)

Aplicaciones de los productos naturales

Los productos naturales, en realidad compuestos químicos bioactivos provenientes de fuentes naturales, han dado origen a varios medicamentos alopáticos de relevancia internacional y continúan siendo una fuente invaluable de estructuras activas novedosas. La organización mundial de la salud (OMS) estima que el 80% de la población mundial utiliza la medicina tradicional con fines terapéuticos. Pero, en realidad, los fitomedicamentos contemplan el uso de extractos o fracciones bioactivas, destacando la importancia de la sinergia de los compuestos en la acción terapéutica, mientras que la Química de los productos naturales se dedica más a la búsqueda, aislamiento e identificación estructural de los compuestos más activos para lograr un medicamento de uso alopático. Asimismo, es de interés modificar químicamente la estructura activa para lograr mayor acción farmacológica y menos efectos secundarios. (Beatriz, 2012)

La Farmacología y la Química Biológica están involucradas en las búsquedas sistemáticas de bioactividad y en los bioensayos que se realizan con los compuestos, así como en la relación entre la estructura química y la actividad biológica. Las bioactividades de interés han sido: antitumoral, antiviral, antimicrobiana, anti-inflamatoria y antimicobacteriana, así como la quimiopreención y actividad antioxidante. (Pomilio, 2012)

En los últimos años ha incrementado el interés en los problemas relacionados con el estrés oxidativo, los radicales libres, las especies reactivas del oxígeno y los antioxidantes, todo esto dado por la importancia que poseen en la bioquímica, la biología y la medicina. El estrés oxidativo se define como un desequilibrio en el balance entre la formación y destrucción de los ROS, y es en este proceso donde los antioxidantes, sintéticos o naturales, tienen una función protectora importante. (Culebras & Tuñón, 2002)

Entre los antioxidantes naturales hay varias familias de principios activos como los polifenoles y los fitoestrógenos. Entre los primeros se encuentran los flavonoides y los taninos, ampliamente estudiados. Los flavonoides son pigmentos naturales presentes en los vegetales y que protegen al organismo del daño producido por agentes oxidantes, como los rayos ultravioletas, la polución ambiental, sustancias químicas presentes en los alimentos, etc. El organismo humano no puede producir estas sustancias químicas protectoras, por lo que deben obtenerse mediante la alimentación o en forma de suplementos. Están ampliamente distribuidos en plantas, frutas, verduras y en diversas bebidas y representan

componentes sustanciales de la parte no energética de la dieta humana.(Culebras & Tuñón, 2002)

Los productos naturales poco a poco han ido incursionando en diversas industrias, no solo la farmacéutica, actualmente la industria cosmética ha generado grandes ganancias económicas gracias a la utilización de productos de origen vegetal, así como la industria de alimentos.(Beatriz, 2012) Otro sector importante es la agricultura.

El uso indiscriminado de insecticidas químicos ha provocado serias implicaciones en la salud del hombre y problemas en el ambiente. Los daños causados a la salud en el hombre, el desarrollo de la resistencia de las plagas, el surgimiento de plagas secundarias, así como el ataque a organismos no blanco (Potts 1999). Estos inconvenientes han llevado a que se retome el interés por la utilización de pesticidas derivados de plantas. Teniendo en cuenta que las plantas sintetizan metabolitos para defenderse del ataque de herbívoros, se ha demostrado que la aplicación de extractos obtenidos a partir de ellas tiene la capacidad de ocasionar algún efecto inhibitorio sobre una gran variedad de insectos plaga. Estos extractos se pueden obtener utilizando solventes orgánicos de diferente polaridad, con el objeto de extraer una mayor cantidad de metabolitos de las plantas y de esta manera potenciar los efectos repelentes, anti alimentario, ovicida o insecticida de los extractos sobre las plagas a controlar. (H, Mendoza, & Rocío, 2008)

México es un país megadiverso, donde existe una gran variedad de especies vegetales, las cuales no han sido estudiadas, por lo que su potencial biológico no ha sido conocido y/o evaluado, lo que sugiere que la investigación fitoquímica representa una vía de gran interés para la búsqueda de nuevos compuestos bioactivos para la resolución de diferentes problemáticas existentes en la sociedad.



Hipótesis



Hipótesis:

Las propiedades que han demostrado las especies del género *Baccharis* se deben por supuesto a su composición química, basada principalmente en flavonoides, diterpenos y triterpenos, donde los flavonoides se distinguen por conferir protección / resistencia frente al ataque de microorganismos.(Prada, 2015) Lo que sugieren que los extractos crudos y particiones de estas plantas presentan actividad antioxidante y plaguicida



Objetivo general y particulares



Objetivo general:

Evaluar la capacidad antioxidante y acaricida frente a *Tetranychus urticae* de los extractos y particiones de la parte aérea de las de las especies vegetales de *Baccharis Salicifolia* y *Baccharis Sarathroides*

Objetivos Particulares:

-Generar los extractos de interés para el estudio fitoquímico, mediante metodologías de maceración y partición por método de Kupchan.

-Identificar cualitativamente metabolitos secundarios, mediante pruebas colorimétricas.

-Evaluar el perfil antioxidante a través de las técnicas de:

- DPPH (difetil picril hidrazilo)

- ABTS (ácido 2,2'-acino-bis(3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico)

- Decoloración oxidativa de β -Caroteno.

-Realizar una cuantificación de polifenoles totales por medio de la técnica de Folin Ciocalteu

- Realizar ventanas biológicas de los crudos de las dos especies vegetales para evaluar el perfil acaricida frente a *Tetranychus urticae*.



Antecedentes



Generalidades Familia Asteráce

Es bien conocido que el Neotrópico es la región biogeográfica con la mayor biodiversidad del planeta. En particular México es considerado un sitio de concentración de diversidad y de endemidad, comparado con muchas otras entidades políticas en el mundo. Los inventarios florísticos concluidos ó en proceso están revelando regiones particulares sobresalientes en diversidad vegetal; investigaciones en curso sugieren que la riqueza mínima promedio por unidad de área (utilizando una división del país en cuadros 1 x 1) es de 750 especies, aunque hay cuadros que tienen ya reportados valores superiores a las 3000 especies.(Botánica, 2012)

La familia Asteráce, o de las compuestas, es el grupo de plantas vasculares más grande. Se estima que en el mundo existen alrededor de 1535 géneros y de 23000 a 32000 especies. Es una familia distribuida en todas las latitudes, y en altitudes que van desde el nivel del mar hasta las zonas alpinas, por lo que es posible encontrar ejemplares en todos los tipos de vegetación, desde plantas herbáceas, arbustos, trepadoras, epífitas y suculentas hasta árboles. (Tapia, 2004)

La diversidad de la familia puede atribuirse, entre otros factores, su plasticidad genética, sus excelentes mecanismos de dispersión y su capacidad para adaptarse a diferentes condiciones ecológicas. Muchas veces, estas plantas se ven favorecidas por la perturbación; de manera que no es raro verlas dominando los medios arvenses, ruderales o, en ocasiones, compitiendo como malezas en los cultivos. Aunque la familia alcanza una mayor diversidad en las zonas templadas y menor en las zonas tropicales, para México se reportan alrededor de 362 géneros y 3351 especies, siendo la familia con el mayor número de representantes.(Tapia, 2004)

Familia Asteráce y su actividad biológica

En general, el grupo está caracterizado por la presencia de ácidos iso- y clorogénicos, isoflavonoides, lactonas, sesquiterpénico, alcoholes triterpénicos pentacíclico, aceites esenciales (con predominio de terpenoides), alcaloides (especialmente pirrolizidínicos) diversos derivados acetilénicos, mientras que carece de taninos verdaderos y de iridoideas. Estos metabolitos son los que se atribuyen sus actividades fitoquímicas, farmacológicas y sus diferentes usos como fuentes de aceites fijos, aceites esenciales, forraje, miel y polen, educolorantes, especias, colorantes, insecticidas, caucho, madera, leña o celulosa. Otras son importantes malezas y/o plantas tóxicas para el hombre y el ganado, algunas causan alergia y otras resultan ornamentales. (Del Vitto & Petenatti, 2009)

Género *Baccharis*

El género *Baccharis* es el más rico en especies dentro de la familia Asterácea, está representada por más de 500 especies, su distribución es exclusivamente americana, van distribuidas principalmente en Brasil, Argentina, Colombia, Chile y México, ocupando las regiones más elevadas. Una alta densidad de especies en Brasil y en los Andes, indica que unas de esas áreas son áreas probables de origen de esos géneros. Se estima en 100 especies en Argentina, 28 en México y cerca de 40 en Colombia, constituyendo uno de los dos grupos de plantas más importantes en este país, de las cuales el 38% son endémicas. (Aguilar Enrique, Anaya Brita, Alarcón José, 2007)

Las especies del género *Baccharis* generalmente son arbustos, que miden en promedio 0.5 a 4.0 m de altura, aunque se extiende también a plantas perennes herbáceas y subarbustos. La mayoría de las plantas *Baccharis* se pueden distinguir por su hoja o tallo alado. Las hojas son morfológicamente diferentes y ayudan a la identificación. (Prada, 2015)

Género *Baccharis* y su actividad biológica

De este género se reportan varias especies utilizadas en medicina popular, tales como *B.latifolia* para dolores reumáticos y de cintura, en tratamiento de afecciones bronquiales y pulmonares, *B.trinervis* como tónico amargo en enfermedades hepáticas y en forma de paños para desinflamar los ojos, *B.genitelloides* como astringente, *B.tricuneata* como desinfectantes para enfermedades epidérmicas.(Carolina & Garc, 2015)

Desde principios de 1900 se inició su estudio hoy en día, hay más de 150 compuestos aislados e identificados de este género. Existe un interés muy grande por estudiar a este género por su amplio uso en la medicina tradicional. Debido a su contenido fitoquímico de flavonoides, diterpenos y triterpenos.(Aguilar Enrique, Anaya Brita, Alarcón José, 2007) donde los flavonoides son distinguidos por conferir resistencia frente al ataque de microorganismos. También se han obtenido cumarinas y aceites esenciales. Sin embargo, hasta el momento no se ha establecido un marcador químico para caracterizar a las especies de *Baccharis*

Tabla 1 Usos medicinales de diversas especies del género *Baccharis*

| Especie | Lugar | Forma de aplicación | Uso tradicional | Parte usada |
|-------------------------------------|---|--|---|----------------------|
| <i>Baccharis articulata</i> | Sur de Brasil, Uruguay, Paraguay Argentina. | Decocción e infusiones | Diabetes | Parte aérea |
| <i>Baccharis alamani</i> | México | NRa Bebida | Inflamaciones Dolor de estómago | Planta entera |
| <i>Baccharis conferta</i> | México | Laxante Té de hojas | Estimular micción Pérdida de peso | Hojas |
| <i>Baccharis coridifolia</i> | Sur de Brasil, Paraguay, Uruguay, Argentina. | Decocción Vapores mezclados con azufre | Antiinflamatorio Moquillo de caballo y paracitos externos de los caballos | Planta entera |
| <i>Baccharis serraefolia</i> DC | México | Infusión | Diarrea y enfermedades gastrointestinales | Hojas |
| <i>Baccharis crispa</i> DC | Brasil, Paraguay, Uruguay y Argentina | Decocciones infusión Extracto | Antiséptico de uso externo y digestivos Afecciones al hígado y desordenes digestivos | Parte aérea Hojas |
| <i>Baccharis dracunculifolia</i> DC | Brasil Argentina | Infusión Decocción | Problemas hepáticos, disfunciones estomacales y antiinflamatorio | Hojas NRa |

| | | | | |
|---------------------------------|---------------------|--------------------------|--|----------------|
| | | | Cólicos y anemia por pérdida de sangre | |
| <i>Baccharis douglassi</i> | Oeste de América | NRa | Desinfectante, Riñón y piel | NRa |
| <i>Baccharis floribunda</i> | Perú, Venezuela | Decocciones o infusiones | Cortes y heridas, diabetes y reumatismo | Hojas y tallos |
| <i>Baccharis gaudichaudiana</i> | Paraguay, Argentina | Tónico | Diabetes, dolencias gastrointestinales | NRa |
| <i>Baccharis glutinosa</i> | Brasil México | NRa Infusión | Astringente y antipirético Trastornos ginecológicos y digestivos y enfermedades de la piel | NRa Hojas |
| <i>Baccharis genistelloides</i> | Perú, Amazonas | Tónico | Enfermedades del hígado, reumatismo, diabetes | NRa |



Baccharis sarothroides

También llamada escoba del desierto. Crece alrededor de 1 a 3 metros de altura con una extensión equivalente. Es de crecimiento rápido con un riego ocasional, es un arbusto de hojas perenne redondeado. Es nativa al sur de California, Arizona y Nuevo México en Estados Unidos y al norte de Sonora y Baja California en México. Las esbeltas ramitas verdes se agrupan en tallos para formar grupos semejantes a escobas. Las hojas delgadas lineales de 2.5 cm de largo están presentes solo en los tallos jóvenes de rápido crecimiento. Las plantas son masculinas ó femeninas. Las flores no tienen un valor decorativo, las plantas femeninas producen densos racimos terminales

de cabezas blancas de semillas algodoneras en otoño e invierno, cuando se liberan semillas maduras, flotan en las corrientes de aire. (Jones & Sacamano, 2000)

En Baja California *B.sarothroides* es uno de los taxones de plantas predominantes en el chaparral costero de Baja California, se encuentra principalmente en los sitios donde se aprecia una mayor alteración por las corrientes de agua durante pocos periodos de lluvia y es una planta de comportamiento ruderal (Degadillo, 1997)

Estudios de *B. sarothroides*

Composición química

F. J. Arriaga-Giner 1986

Se ha estudiado la composición terpenoide de la resina foliar de tres especies de *Baccharis*. En *B. sarothroides* se extrajo ácido oleanólico, el ácido diterpeno hautriwaico y su derivado ácido 2-beta-hidroxi-hautriwaico que es un nuevo producto natural, descrito por primera vez y encontrado en el resina de *B.sarothroides* y de *B.vaccinoides*.

S. Morris Kupchan and E. Bauerschmidt 1970

En la búsqueda continua de inhibidores de tumores de origen natural se encontró que el extracto alcohólico de *B. sarothroides* mostró un efecto significativo de actividad inhibitoria contra células de carcinoma humano de la nasofaringe transportada en cultivos celular. En el estudio también se presenta el aislamiento y la identificación de los flavonoles citotóxicos 3,4'-dimetoxi-3', 5,7 trihidroxiflavona y centaureidina: de *B.sarothroides*.

Baccharis Salicifolia

Salicifólius,-a,-um.-lat *salix*, -icis f.= sauce; lat *folium*, -ii n. Porque estas plantas tienen hojas similares a las de los sauces.



Ilustración 5 *B. salicifolia*

Es un arbusto de alrededor de 300-400 cm (tallos agrupados), los tallos se extienden de manera ascendente, son verdes y bronceados, simples y aproximales, escasamente ramificados distalmente, ángulos estriados. Hojas presentes durante la floración (abundantes, bien desarrollados); sésiles o preciolados; laminas lanceoladas-elípticas, ligeramente falcadas (como sauces). Esta especie subtropical presenta un gran margen de variación en cuanto a tamaño, forma e indentación de hoja y tamaño y número de flores por capítulo; se desarrolla en playas fluviales y en lugares arenosos y relativamente húmedos, extendiéndose desde el sureste de los Estados Unidos y México hacia Centroamérica; reaparece con poca frecuencia en

Colombia y Ecuador, haciéndose más frecuente en Perú y Bolivia y aumentando su densidad en Argentina, Chile Uruguay y Paraguay. (Wilken,1972)

Estudios de *B. salicifolia*

Actividad anti-fúngica

Avila-Sosa 2011

Se han realizado investigaciones en México con el extracto clorofórmico de *B. Salicifolia* en contra de *Colletotrichum gloeosporioides* conocida como antracnosis, el cual es un hongo que afecta a cultivos tropicales, causando bajo rendimiento y pobre calidad del fruto. Los resultados demuestran a 200mg/L se obtuvo una concentración mínima inhibitoria del 88%. También se evaluó con el extracto etanoico observando un efecto en la fase de reproducción del hongo.

Composición química y actividad antibacterial

Carrizo 2009

Se ha analizado la composición química de aceites esenciales de *B. Salicifolia* en San Luis, Argentina. Dentro de sus componentes mayoritarios se encuentra α -pinene (6.6×10^{-4} %), canfeno (0.0008 %), β -pineno (0.004 %), α -felandreno (0.0272 %), α -cubebeno (5.176 %), α -cariofileno (65.16 %), 6,9-guaiadieno (5.18 %), germacreno-D (6.6 %) y germacreno (17.85 %), al mismo tiempo se evaluó su actividad con bacterias Gram positivas: *Bacillus cereus*, *Listeria monocytogenes* CLIP 74903 y 74904 obteniendo concentraciones mínimas inhibitorias de 0.47 0.94 y 0.94 $\mu\text{g/ml}$ respectivamente por debajo del control utilizado que fue la Gentamicina con concentraciones de 2.00 $\mu\text{g/ml}$ para *B. cereus*, 1.00 $\mu\text{g/ml}$ para *L. monocytogenes* CLIP 74903 y 74904.

Zunino 1997

Se analizó la composición química del aceite esencial de *B. Salicifolia* en Cordoba, Argentina y en sus componentes mayoritarios se encontraron germacreno (8.8%), limoneno (1.0%), α -felandreno (2.6 %), α -cubebeno (1.2%), α -cariofileno (6.0 %), aromandedreno (1.6 %), germacreno-D (8.8 %), oxido de cariofileno (4.2%), entre otros.

Loaiza 1995

Se analizó la composición química del aceite esencial de *B. Salicifolia* en Bolivia y en sus componentes mayoritarios se encontraron byclogermacreno (5.19%), α -felandreno (8.54 %), germacreno-D (6.9 %), entre otros.

Salazar 2007

Se evaluó en Perú la actividad antihelmíntica de la parte aérea del extracto acuoso de *B. salicifolia* el porcentaje de eficacia hacia la *Syphacia obvelata* aumenta con la concentración a 500mg, además presenta en su composición química a metabolitos como los alcaloides, flavonoides, esteroides, antraquinonas y cardiotónicos.

Actividad antiinflamatoria

Gonzalez 2007

Se evaluó la actividad antiinflamatoria aguda de extractos acuosos de *B. salicifolia* en Bolivia donde mostraba un perfil de actividad interesante en todas las horas del proceso, especialmente a la primera y tercer hr, correspondiendo a una inhibición máxima 50% catalogada como buena actividad, comparada con la indometacina. La actividad antiinflamatoria fue evaluada mediante el modelo biológico de edema de pata inducido por la carragenina descrito por Winter y posteriormente modificado para ratones por Sugishita, empleando como patrón a la indometacina.

Evaluación insecticida

Pacheco 2018

Se realizó un ensayo biológico de alimentación en mosca de la fruta *Anastrepha obliqua*, utilizando extractos crudos etanólicos y acuosos de hojas de *B. salicifolia*, los cuales presentan una actividad insecticida menor al 35%, concluyendo que no se presentaron un alto potencial insecticida.

Antioxidantes y Radicales Libres

El oxígeno es esencial para la vida, pero plantea una paradoja para los organismos aerobios. Este elemento desempeña una función importante como aceptor terminal de electrones durante la respiración celular y constituye lo que se conoce como el “soporte de la vida”, pero también es el punto de partida para un tipo de daño celular conocido como “estrés oxidativo”. El desbalance en la producción de especies reactivas de oxígeno (ERO's) y la defensa antioxidante provoca el estrés oxidativo que lleva a una variedad de cambios fisiológicos y bioquímicos, los cuales dan por resultado el deterioro y muerte celular. El estrés oxidativo puede provenir de una deficiencia del sistema de defensa antioxidante o de un incremento de formación de ERO's, cuya alta reactividad puede provocar: peroxidación lipídica, daño de la membrana celular, rotura del ADN, degradación proteica. (Luz & María, 2007)

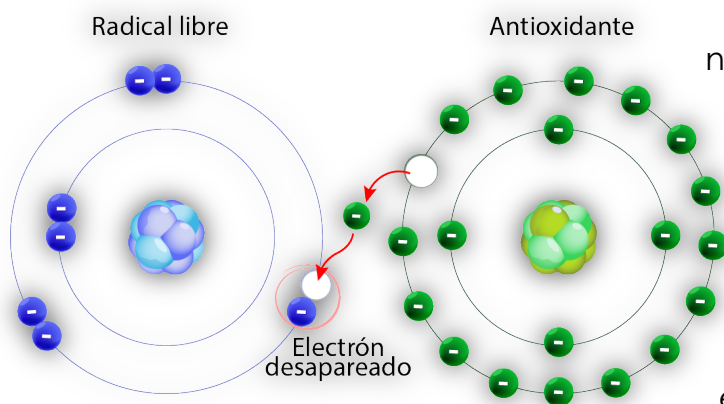


Ilustración 6 Representación de un radical libre y un antioxidante

Las ERO, según su propio nombre, presentan una reactividad más alta que el oxígeno molecular. Algunas de ellas pueden ser radicales libres, es decir, moléculas o fragmentos moleculares que contienen uno ó más electrones desapareados en orbitales atómicos o moleculares.

Este electrón desapareado confiere un grado considerable de reactividad al radical libre logrando además que pueda existir de forma independiente por cortos periodos de tiempo. De estas especies reactivas, las más frecuentes y entre ellas la más relevantes en los sistemas biológicos son el anión superóxido ($O_2^{\bullet-}$), el radical hidroxilo (HO^{\bullet}) y los radicales formados en la oxidación de ácidos grasos poliinsaturados (alcoxilo ($alkO^{\bullet}$) y alquilperoxilo ($alkOO^{\bullet}$)). Entre las ERO no radicales se encuentran el peróxido de hidrógeno (H_2O_2) y el ácido hipocloroso ($HOCl$). (Londoño, n.d.)

Por otra parte, además de las ERO, existen también especies reactivas del nitrógeno (ERN) como el óxido nítrico ($\text{NO}\bullet$) radical del dióxido de nitrógeno ($\text{NO}_2\bullet$), y formas no radicales, como el anión del peroxinitrito (ONOO^-), el ácido peroxinitroso (ONOOH), el anión del nitrosoperoxicarbonato (ONOOCO_2^-), el catión nitronium (NO_2^+), y el trióxido del dinitrogeno (N_2O_3), los cuales, junto con las ERO se generan continuamente en cantidades pequeñas en procesos celulares normales como la señalización celular, la neurotransmisión, la relajación del músculo, el peristaltismo, la agregación de las plaquetas, la modulación de la presión arterial, el control del sistema inmune, la fagocitosis, la producción de la energía celular, la regulación del crecimiento celular, la síntesis de componentes biológicos importantes y el metabolismo de xenobióticos. (Londoño, n.d.)

Existen factores exógenos y endógenos al organismo humano que estimulan ó detienen la generación de radicales libres. Entre los estímulos exógenos que incrementan la generación de especies oxidantes se destacan diversos tipos de radiación, contaminantes ambientales, la metabolización de fármacos, el humo del tabaco o dietas deficientes en antioxidantes. (Rugerio Garcia, 2017)

Entre las fuentes endógenas destacan la cadena respiratoria, donde la reducción monovalente de la molécula de oxígeno da lugar a la formación de la mayoría de las ROS, las células fagocitarias (neutrófilos, monocitos o macrófagos), utilizan el sistema de la NADPH oxidasa generando directamente al ión superóxido (Del, Álvarez, Burgués, Colosito, & Galetti, n.d.) y una de las principales fuentes de radicales libres son las enzimas; algunas de ellas producen radicales como intermediarios catalíticos; esto ocurre generalmente para las enzimas que metabolizan xenobióticos, los cuales son oxidados ó reducidos por intercambio de un solo electrón para formar radicales intermediarios. Las más importantes enzimas del metabolismo de xenobióticos son:

- Citocromo P450: es una enorme y diversa superfamilia de hemoproteínas que actúan principalmente como función monoxigenasa.
- Peroxidasas, en particular prostaglandina H sintasa, y en poco grado la metamioglobina.
- Flavoproteínas: en particular las que se involucran en la cadena transportadora de electrones con función oxidasa. (Londoño, n.d.)

Entre los radicales endógenos que actúan como intermediarios del metabolismo celular se encuentran: los derivados de coenzimas, por ejemplo, la oxidación de un solo electrón del NAD(P)H puede producir NADP•; radicales derivados del glutatión (GSH), radical til (GS•). Este proceso ocurre en el momento que el GSH, la molécula tiolada más concentrada y soluble en la célula, reacciona con el radical anión superóxido ($O_2^{\bullet-}$) o el radical hidroxilo (HO^{\bullet}); este es un mecanismo de protección natural contra radicales más reactivos; y finalmente los radicales derivados de ácidos grasos poliinsaturados, donde estos últimos son blancos muy sensibles para la iniciación de una reacción en cadena mediada por radicales. (Londoño, n.d.)

Efectos nocivos de los radicales libres

El daño celular producido por las especies reactivas de oxígeno ocurre sobre diferentes macromoléculas:

- 1- Lípidos. Es aquí donde se produce el daño mayor por medio de la peroxidación lipídica, afecta a las estructuras ricas en ácidos grasos poliinsaturados (PUFAs), ya que se altera la permeabilidad de la membrana celular, se produce edema y la muerte celular. La peroxidación lipídica o enranciamiento oxidativo representa una forma de daño hístico que puede ser desencadenado por el oxígeno, el oxígeno singlete, el peróxido de hidrogeno y el radical hidroxilo; los mismo que sustraen un hidrógeno a la cadena lateral de a un ácido graso formando un radical carbonado, lo que genera una cadena de reacciones oxidativas. Los antioxidantes, pueden formar complejos estables impidiendo la acción catabólica de los radicales libres en la membrana celular.
- 2- Proteínas. Hay oxidación de un grupo de aminoácidos como fenilalanina, tirosina, histidina y metionina; además se forman entrecruzamientos de cadenas peptídicas, y por último hay formación de grupos carbonilos; lo cual produce inactivación y desnaturalización.
- 3- Ácido desoxirribonucleico. Ocurren fenómenos de mutaciones y carcinogénesis, hay pérdida de expresión o síntesis de una proteína por daño a un gen específico, modificaciones oxidativas de las bases, deleciones, fragmentaciones, reordenamiento cromosómico y desmetilación de citosinas del ADN que activan genes.

El daño se produce por inactivación o pérdida de algunos genes supresores de tumores (modificados por un cambio en una base crítica de la secuencia del ADN), lo que se puede conducir a la iniciación o progresión de la carcinogénesis.(Daniela, García, Xavier, & Zaquinaula, n.d.)

La mayor parte de las principales enfermedades que provocan las muertes de las personas o deterioran su calidad de vida están provocadas por radicales libres. Cada célula del cuerpo padece unos 10,000 impactos de radicales libres al día. (Luz & María, 2007)

Actualmente se sabe que el estrés celular contribuye a procesos inflamatorios y disfunción endotelial, considerado este último como el factor de riesgo principal de enfermedades cardiovasculares. Por todo lo

anterior, resulta de gran importancia entender el papel de los radicales libres en nuestro metabolismo para así comprender su relación con diversas enfermedades crónico-degenerativas en los seres humanos.(Saavedra et al., 2010)

En estudios realizados sobre el efecto de la peroxidación lipídica y el estado antioxidante en la arterosclerosis, se encontró que los niveles bajos de antioxidantes y la peroxidación lipídica están involucrados en las fases tempranas del proceso aterosclerótico, que finalmente concluye en infarto de miocardio. El estrés oxidante que resulta de un desbalance antioxidante-prooxidante parece ser crucial en la aterogénesis. Por otro lado, se ha vinculado a los radicales libres con los niveles bajos de insulina en los pacientes diabéticos, pues se ha demostrado que las células beta del páncreas no son inmunes al daño por los radicales libres. El estrés oxidante y el proceso tumoral se encuentran estrechamente relacionados a través de la oxidación del material genético. Kuchino, Nishimura y el grupo de Grollman fueron pioneros en este tipo de estudios.

Ellos demostraron que la oxidación de la guanina a 8-oxo-desoxiguanosina inducía errores en la replicación del ADN por parte de la polimerasa dependiente de ADN. Los cambios conformacionales inducidos por la guanina oxidada parecen ser los responsables del apareamiento de bases nucleotídicas no complementarias, al permitir el establecimiento de puentes de hidrógeno con adenina (A) y timina (T). Posiblemente, la transición mutagénica G-C a A-T sea la lesión más frecuente en términos oxidantes. Estos errores, que persisten a pesar de los mecanismos de reparación, se producen tanto de forma espontánea como inducidos por agentes oxidantes.(Saavedra et al., 2010) De ahí la importancia de la investigación de las propiedades antioxidantes de diversas moléculas, las cuales mitigan la oxidación provocada por especies reactivas además de contribuir a la prevención de desórdenes asociados al daño oxidativo.

Radicales Libres

Los radicales libres son átomos ó grupos de átomos que tienen un electrón desapareado o libre, por lo que son muy reactivos ya que tienden a captar un electrón de moléculas estables con el fin de alcanzar la estabilidad electroquímica. Una vez que el radical libre ha conseguido sustraer el electrón que necesita, la molécula estable que se lo cede convierte a su vez en radical libre por quedar con electrón desapareado, iniciándose así una verdadera reacción en cadena.(Uwalsky, 2006)

Los radicales libres fueron descritos por primera vez por Gomberg en 1900, con la descomposición del hexa-feniletano dentro de dos radicales trifenilmetil. En 1929, Paneth y Hofeditz describieron la descomposición del plomo-tetrametil en radicales libres. En 1954 Gerschman postuló que los radicales anión superóxido (O_2^-) y el radical hidroxilo ($\bullet OH$) eran responsables del mecanismo molecular de la toxicidad del oxígeno y la radiación. Después de esto, en 1956 Denham Harman hipotetizó que los radicales del oxígeno podían ser formados como productos de reacciones enzimáticas in vivo; Harman describió también a los radicales libres como “la caja de los males de Pandora”. Postuló la teoría de los radicales libres en el envejecimiento, basada en la premisa de que un proceso único y común (toxicidad de los radicales libres) modificable por factores genéticos y ambientales era responsable del envejecimiento y muerte de todos los seres vivos.(Saavedra et al., 2010)

Es importante mencionar que los radicales libres no son siempre dañinos, también pueden ser beneficiosos, ya que cumplen funciones sustanciales en los organismos vivos. Algunas de sus funciones más importantes incluyen la eliminación (apoptosis) de células defectuosas y la señalización a nivel celular. Que tengan uno u otro efecto dependerá de sus concentraciones bajas a moderadas serán beneficiosos, mientras que a concentraciones altas serán perjudiciales.(Galano, 2017)

Los mecanismos de formación de los radicales libres son tres:

1. Reacciones de iniciación: formación de un radical libre a partir de moléculas no radicales.



2. Reacciones de propagación: consisten en la formación de un radical libre a partir de la reacción entre una molécula estable y un radical libre.



3. Reacciones de terminación: reacción química entre dos radicales libres, en la cual sus electrones desapareados son cancelados y se genera una molécula estable.



Antioxidantes

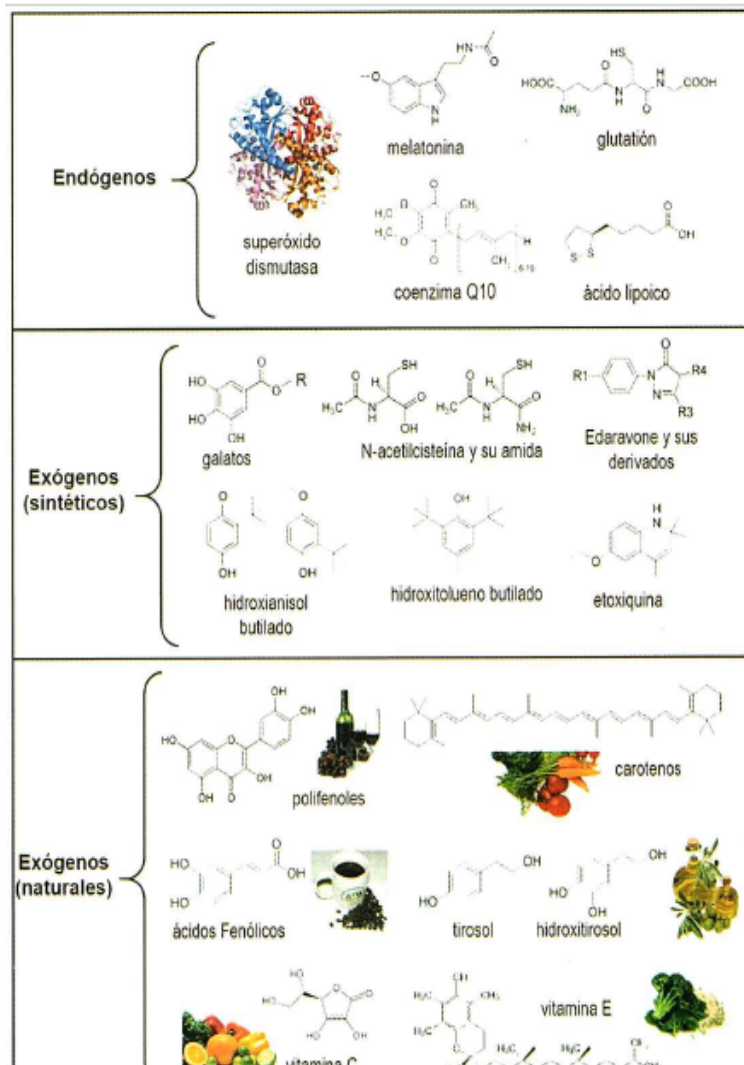
Los antioxidantes pueden considerarse como blancos sacrificables en beneficio de la protección de moléculas de alta importancia biológica como son las membranas celulares, las proteínas, el ADN, etc. La clave para un compuesto químico funcione como un buen antioxidante es que su reactividad química hacia los radicales libres sea mayor que a la de las especies que se quiere proteger y, que sean capaces de terminar la reacción en cadena que provocan los radicales libres. De no ser posibles esto último, al menos las reacciones de los antioxidantes de los radicales libres presentes en el entorno biológico deberán dar lugar a radicales de baja reactividad y por tanto menos dañinos que los que se forman naturalmente en los organismos vivos. (Galano, 2017)

La actividad antioxidante es la capacidad de una sustancia para inhibir la degradación oxidativa (por ejemplo, la peroxidación lipídica), de tal manera que una antioxidante actúa, principalmente, gracias a su capacidad para reaccionar con radicales libres y, por lo tanto, recibe el nombre de antioxidante terminador de cadena o antioxidantes primarios. Sin embargo, es necesario distinguir también entre actividad estabilizadora de radicales libres o anti radicalaria y actividad antioxidante.

La primera está determinada completamente por la reactividad de un antioxidante frente a radicales libres, lo cual puede ser caracterizado por la velocidad de esa reacción. Por su parte, la segunda mide la capacidad para retardar la degradación oxidativa y a estos antioxidantes se les conoce como antioxidantes secundarios. Por lo tanto, una alta actividad anti-radicalaria no siempre correlaciona con una alta actividad antioxidante; en particular, algunos compuestos fenólicos sintéticos presentan alta reactividad frente a radicales libres, pero muestran moderada actividad antioxidante. (Londoño, n.d.)

Los humanos pueden obtener antioxidantes de diferentes fuentes, estos pueden clasificarse como endógenos (producidos por nuestro cuerpo) ó exógenos (principalmente adquiridos a través de la dieta o de suplementos alimenticios). (Galano, 2017)

Algunos antioxidantes endógenos son enzimas, como por ejemplo el superóxido dismutasa, pero también los hay no-enzimáticos (antioxidantes químicos) como la melatonina, el glutatión, la coenzima Q10 y los ácidos lipóicos. Por su parte, los antioxidantes exógenos pueden dividirse en naturales y sintéticos. Algunos ejemplos de antioxidantes sintéticos son los galatos, la N-acetilcisteína y su amida, el Ederavone (y sus derivados), el hidroxianisol butilado, el hidroxitolueno butilado y la etoxiquina. Dentro de los naturales se encuentran los polifenoles (presentes en las uvas y por lo tanto en el vino, y también en el chocolate); los carotenos (presentes en frutos y vegetales coloreados como las zanahorias, el tomate y los frutos rojos); los ácidos fenólicos (presentes en el té y café); el tirosol y el hidroxitirosol (presentes en el aceite de oliva), el ácido ascórbico, también conocido como vitamina C (presentes en los cítricos); la vitamina E (presente en el brócoli) y muchos otros. (Galano, 2017)



Antioxidantes naturales

Es difícil definir antioxidantes naturales, pero en general término alude a aquellas sustancias que se presentan o pueden ser extraídas de los tejidos de las plantas y los animales y aquellos que se forman durante la cocción ó el procesado de compuestos alimenticios de origen

vegetal o animal. Los antioxidantes naturales se encuentran prácticamente todas las plantas, microorganismos, hongos e incluso en los tejidos animales (Luz & María, 2007)

En los últimos años el interés por los antioxidantes naturales se ha incrementado dramáticamente, debido a principalmente a tres razones: la baja seguridad que ofrece el consumo de antioxidantes sintéticos, la eficacia antioxidante de una variedad de agentes fitoquímicos y la idea generalizada de que el consumo de ciertos agentes fitoquímicos pueden afectar de manera positiva la patología de las enfermedades crónicas y el proceso de envejecimiento; además, la creencia de que los compuestos naturales son innatamente más seguros que los compuestos sintéticos y por consiguiente son comercialmente más aceptados. (Londoño, n.d.)

Se ha propuesto que un antioxidante ideal debe tener las siguientes características:

-Debe ser versátil, o sea ser capaz de reaccionar eficientemente con una amplia gama de radicales libres o actuar como antioxidante primario y secundario.

-Debe ser capaz de cruzar las barreras biológicas y de transportarse rápidamente a las células.

-Debe estar disponible, por lo que es necesario que sea consumido en la dieta, como suplemento alimenticio o producido endógenamente.

-Debe estar ampliamente distribuido en el organismo presente en cantidades suficientemente altas.

-No debe ser susceptible de grandes pérdidas urinarias.

-Deben ser viables para regeneración (puede ser regenerado por otro antioxidante, que reaccione con 2 radicales libres, o que sus metabolitos tengan también actividad antioxidante).

-No puede ser tóxico ni antes ni después de reaccionar con los radicales libres.

-Debe terminar la cadena de reacción radicalaria o formar productos de reacción mucho menos reactivos que los radicales iniciales.

Además, debe reaccionar rápidamente. Este es un punto crucial, ya que, en general, los antioxidantes se encuentran presentes en menores cantidades que las moléculas biológicas a proteger. Así que la única manera en que esta protección puede ser eficiente es si los antioxidantes reaccionan más rápido que dichas moléculas. (Galano, 2017)

Las plantas como fuentes de antioxidantes

Durante muchos años las plantas han sido usadas en muchos campos, como en medicina, nutrición, saborizantes, bebidas, repelentes, fragancias, cosméticos, cigarrillos y otros propósitos industriales. Desde épocas remotas las plantas han sido la base para casi todas las terapias medicinales, hasta cuando las drogas sintéticas se desarrollaron en el siglo XIX, ya que estas contienen una amplia variedad de moléculas con actividad antioxidante, como flavonoides, antocianinas, carotenoides, vitaminas, metabolitos endógenos, y productos naturales con actividad antioxidante; Debido a sus propiedades redóx pueden actuar como donadores de hidrógenos y de esta manera prevenir o retrasar el desarrollo de enfermedades degenerativas.(Tovar de rio, 2013)

Los compuestos fenólicos son metabolitos esenciales para el crecimiento y reproducción de las plantas y actúan como agentes protectores frente a patógenos, siendo secretados como mecanismo de defensa a condiciones de estrés, tales como infecciones, radiaciones UV, entre otros. (Ramos-escudero & Alvarado-ortiz, 2007)

En la actualidad se conocen más de 8000 estructuras fenólicas diferentes que parten de moléculas simples hasta dímeros y son los metabolitos secundarios más abundantes en las plantas. Todas ellas se caracterizan por presentar al menos un anillo aromático unido a mas grupos hidroxilo y pueden dividirse en varias clases, de acuerdo al número de átomos de carbono presentes en conjunción con la estructura fenólica

básica. Son un grupo heterogéneo de productos, con distintas características de solubilidad de acuerdo a la complejidad de sus estructuras algunos son solubles en solventes orgánicos, otros son glucósidos o ácidos carboxílicos y por lo tanto solubles en agua, y otro son polímeros de gran tamaño y resultan insolubles. (Rugerio Garcia, 2017)

Flavonoides

Los flavonoides comprenden un grupo de compuestos polifenólicos ampliamente distribuidos en las frutas y en los vegetales, así como en el té negro, el café, la cocoa, la cerveza y el vino rojo. Pueden aparecer desde simples moléculas fenólicas hasta compuestos muy polimerizados. Existen 13 clases de flavonoides con un total de más de 5000 compuestos y todos presentando un esqueleto hidrocarbonado del tipo C₆-C₃-C₆ (difenílpropano) derivado del ácido Shiquímico y de 3 restos de acetatos.

Poseen antiinflamatorias, antialérgicas, antitumorales, antiasmáticas e inhibidoras de enzimas como la transcriptasa reversa, proteína quinasa C, tirosina quinasa entre otras. (Gilberto & Trueba, 2003). Gracias a que su estructura química tiene un número variables de grupos hidroxilo fenólicos y excelentes propiedades de quelación del hierro y otros metales de transición, lo que les confiere una gran capacidad antioxidante (Culebras & Tuñón, 2002)

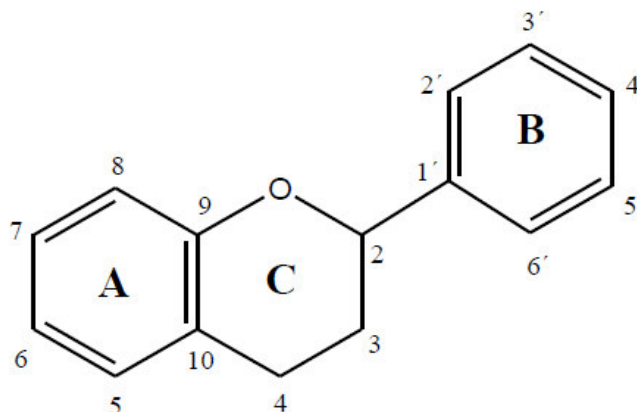


Figura-2 Estructura de flavonoide con numeración

Los flavonoides fueron descubiertos por el premio Nobel Szent-György, quien en 1930 aisló de la cáscara del limón una sustancia, la citrina, que regulaba la permeabilidad de los capilares. Los flavonoides se denominaron en un principio vitamina P (por permeabilidad) y también vitamina C₂ (porque se comprobó que algunos flavonoides tenían propiedades similares a la vitamina C₂). Sin embargo, el hecho de que los flavonoides fueran vitaminas no pudo ser confirmado, y ambas denominaciones se abandonaron alrededor de 1950. Se ubican principalmente en las hojas y en el exterior de las plantas, apareciendo sólo rastros de ellos en las plantas por encima de la superficie del suelo. Una

excepción son los tubérculos de cebolla, que contienen una gran cantidad de quercetina. (Culebras & Tuñón, 2002)

Los criterios químicos para establecer la capacidad antioxidante de los flavonoides, son:

- Presencia de estructura O-dihidroxi en el anillo B; que confiere una mayor estabilidad a la forma radical y participa en la deslocalización de los electrones.
- Doble ligadura, en conjunción con la función 4-oxo del anillo C41-42.
- Grupos 3- y 5-OH con función 4-oxo en los anillos A y C necesarios para ejercer el máximo potencial antioxidante.

Siguiendo estos criterios, el flavonoide quercetina es el que mejor reúne los requisitos para ejercer una efectiva función antioxidante por lo que en algunas técnicas de evaluación de actividad antioxidante se utiliza como control. (Culebras & Tuñón, 2002)

Estos compuestos tienen una gran capacidad antioxidante, considerada la actividad biológica responsable del efecto preventivo sobre algunas enfermedades de origen cardiaco e inmunológico. La finalidad ó mecanismo de estos compuestos reside en su capacidad para captar los radicales libres que se pueden generar en las células del cuerpo humano y que son resultado de la combinación de muchos factores ambientales, incluida la contaminación atmosférica. Dichos radicales actúan sobre ácidos grasos poliinsaturados, colesterol, ADN y lípidos, siendo estos últimos los más susceptible a la sustracción de un electrón por parte del radical que lo requiere para alcanzar su estabilidad electroquímica. Los antioxidantes actúan como fuentes de hidrógenos y se oxidan en lugar de cualquiera de los componentes anteriormente mencionados, protegiendo de esta manera las células contra el daño que causan los radicales libres.(Colombiano, 2009).

Taninos

El término tanino se acuñó históricamente por el uso empírico que se daba a algunos extractos vegetales para el proceso de tanaje o conversión de las pieles de animales en cuero desde hace más de cien años. Aunque la importancia de los taninos vegetales en diversas disciplinas científicas ha sido reconocida, no es fácil dar una definición firme. Probablemente la definición más simple, concisa y aceptable sigue siendo la de Bate-Smith y Swain (1962): *“Compuestos fenólicos solubles en agua, con pesos moleculares entre 500 y 3000, que además de dar las*

reacciones fenólicas usuales, tienen propiedades especiales tales como la habilidad de precipitar alcaloides, gelatina y otras proteínas." (Issn, 2007)

Son metabolitos secundarios ampliamente distribuidos en varios sectores del reino de las plantas superiores, especialmente en las familias *Leguminosae*, *Rosaceae*, *Polygonaceae*, *Fagaceae*, *Rhizophoraceae*, *Myrtaceae* y *Melastomataceae*. Se distinguen por las siguientes cinco características generales: a) solubilidad en agua, b) masa molecular entre 500 y 3000[1]-5000[9], c) estructura y carácter polifenólico (12-16 grupos fenólicos y 5-7 anillos aromáticos por cada 1000 unidades de masa molecular relativa), d) complejación intermolecular (astringencia) y e) características estructurales (dos motivos estructurales mayores, proantocianidinas o taninos condensados y taninos hidrolizables, más un tercer grupo minoritario, los florotaninos. (Issn, 2007)

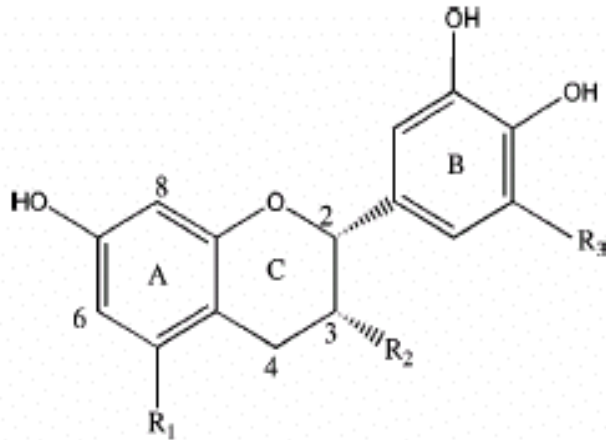


Figura-4 Estructura básica de un tanino condensado

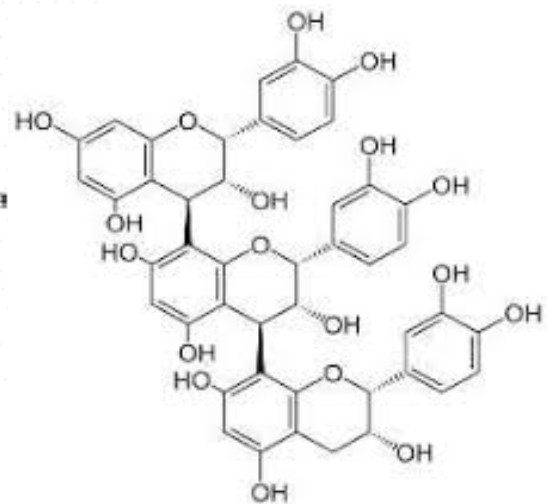


Figura-3 Estructura básica de un tanino hidrolizable

Carotenoides

Por otro lado, los carotenoides son tetraterpenos constituidos por unidades múltiples de isopreno con un anillo de ciclohexano sustituido e insaturado en cada uno de los extremos. Existen dos tipos de carotenoides: los carotenos, que no contienen oxígeno en sus anillos terminales y las xantofilas que si los tienen. Las funciones oxigenadas más comunes son los grupos hidroxilo (OH) y epoxi (epóxidos 5,6- o 5,8-). También se encuentran los grupos aldehído (CHO), ceto (C=O), carboxi (CO₂H), carbometoxi (CO₂Me) y metoxi (Ome). Se han aislado y caracterizado más de 600 carotenoides, pero este número es menor en los alimentos. Los carotenoides son pigmentos liposolubles naturales sintetizados por las plantas, algas y bacterias fotosintéticas. Por su instauración son sensibles al oxígeno, metales, ácidos, peróxidos, calor, luz y a las lipoxigenasas. (Elena, Jáuregui, De, Calvo, & Romo, 2011)

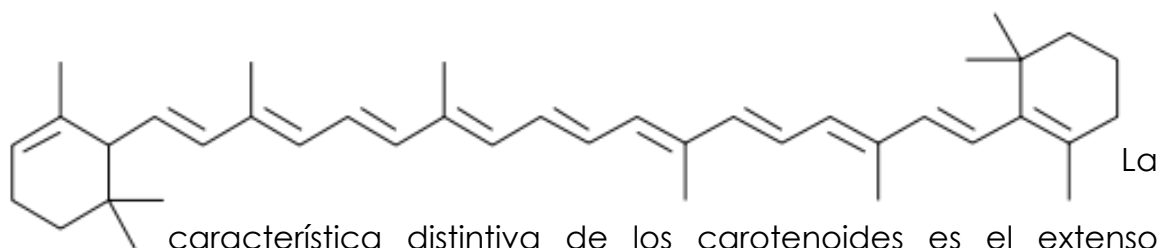


Figura -5 Estructura del caroteno

sistema de dobles enlaces conjugados, denominado cadena polienica. Esta parte de la molécula conocida como cromóforo es responsable de la capacidad de los carotenoides de absorber luz en la región visible y, en consecuencia, de su gran capacidad de coloración (Meléndez-Martínez,

Vicario, & Heredia, 2007). Durante los últimos años (2005-2011), las pruebas epidemiológicas que apoyan un efecto protector de los carotenoides frente al desarrollo de enfermedades crónicas y degenerativas han crecido considerablemente. La hipótesis de que nutrientes antioxidantes (β -caroteno, luteína/zeaxantina, licopeno, astaxantina, entre otros) puedan jugar un papel preventivo frente al cáncer, enfermedades cardiovasculares, cataratas y degeneración macular por la edad se basa en pruebas experimentales que sugieren que estos compuestos funcionan como antioxidantes, moduladores de la respuesta inmune, modificadores de procesos inflamatorios y de transducción de señales en y entre células. Esto aunado a la distribución preferencial a determinados tejidos, permite el planteamiento de mecanismos biológicos por los cuales estos compuestos pueden disminuir el riesgo de enfermedades crónicas. (Elena et al., 2011)

Plaga y su importancia en la agricultura.

El término “plaga” tiene un sentido marcadamente antropocéntrico, puesto que el hombre lo aplica a todo aquello que le produce daño. Si consideramos que plaga es todo organismo que daña la salud, el bienestar y los recursos de otro ser vivo, la propia humanidad constituye en sí misma una plaga que no sólo con la destrucción de la biosfera sino incluso con la propia supervivencia del hombre. Sin embargo, la noción de plaga se asocia casi exclusivamente con los insectos y otros artrópodos terrestres (ácaros), aunque dentro de ella deban incluirse también algunos invertebrados no artrópodos (nematodos, gasterópodos), y determinados vertebrados (aves y roedores); no obstante deben excluirse los microorganismos (virus, bacterias) y los hongos, ya que los daños causados por ellos se denominados “Enfermedades”. (Selfa, Jesus; Anento, 1997)

En efecto, una plaga suele ser reconocida como tal tan sólo por el daño que puede ocasionar, o dicho de otra forma, según el grado en el que el perjuicio se parecía o tolera; por tanto, existe un nivel o umbral económico por encima del cual una población es perjudicial, y viceversa. Bajo este punto de vista la definición más pertinente podría ser entonces la del Rey (1976): “*plaga es todo lo que el hombre considera es plaga*” (Selfa, Jesus; Anento, 1997)

Clasificación de plagas

Existe una serie de factores que de forma natural regulan las poblaciones de artrópodos. Dichos factores quedan agrupados en torno a dos variables: el potencial biótico y la resistencia del medio, y es precisamente la relación existente entre ambas las que nos indican la abundancia de una especie determinada. El potencial biótico, consiste en

la habilidad que posee una especie para poder multiplicarse sin que exista fuerza contraria alguna que lo impida. Este potencial, depende de una serie de factores tales como la tasa de fecundidad, el número de generaciones de vida, y la proporción de individuos de cada sexo. La resistencia del medio, engloba a una serie de factores que contribuyen a disminuir la multiplicación de la especie. Dichos factores son los abióticos o físicos, y los bióticos. Entre los primeros, factores tales como la temperatura, la humedad, la luz y el viento intervienen en las fluctuaciones que experimentan las poblaciones artropodias. Respecto de los factores bióticos podemos mencionar, tanto a los nutricionales como fisiológicos de los que vegetales que constituyen fuente de alimento para los artrópodos, como a las relaciones interespecíficas que sufren estos últimos, como son la competencia, el parasitismo y la predación. (Selfa, Jesus; Anento, 1997)

En la actualidad, una clasificación de las plagas que se basa en la relación existente entre la posición **general de equilibrio (PGE) y el umbral económico (UE)** que afectan a una determinada población. Atendiendo a este criterio las plagas pueden ser:

Plagas Claves

Son plagas que ocurren en forma permanente en altas poblaciones, son persistentes y muchas veces no pueden ser dominadas por las prácticas de control; si no se aplican medidas de control pueden causar severos daños económicos. Sólo pocas especies adquieren esta categoría dentro de los cultivos, generalmente porque no poseen enemigos naturales eficientes.

Sobre esta categoría de plagas se basan las estrategias de control de cultivos. Las plagas claves más importantes en la región tropical son las moscas blancas, los áfidos y las larvas de lepidópteros entre otros en varios cultivos.

Plagas ocasionales

Son especies cuyas poblaciones se presentan en cantidades perjudiciales sólo en ciertas épocas, mientras que en otros períodos carecen de importancia económica. El incremento poblacional por lo general está relacionado con cambios climáticos o desequilibrios causados por el hombre.

Plagas potenciales

Hay que entender que la gran mayoría de especies que ocurren dentro de un cultivo, tienen poblaciones bajas sin afectar la cantidad y calidad de las cosechas. Pero si por alguna circunstancia, desaparecieran

los factores de control natural, estas plagas potenciales pueden pasar a las categorías anteriores. Por ejemplo, la aplicación exagerada de insecticidas que también mata los benéficos y los monocultivos entre otras actividades pueden causar este cambio

Plagas migrantes

Son especies de insectos no residentes en los campos cultivados, pero que pueden llegar a ellos periódicamente debido a sus hábitos migratorios causando severos daños. Ejemplos son las migraciones de langostas. (Brechelt, 2004)

Baja California como sector Agrícola

Como parte del sector primario en la economía nacional, la agricultura en el estado de Baja California ocupa el lugar número 23 en el país respecto a la superficie sembrada. Los principales cultivos cíclicos en el estado son: trigo, cebada, algodón, sorgo, maíz y gran variedad de hortalizas que en conjunto ocupan cerca de 90% de la superficie sembrada con este tipo de cultivos. Respectos a especies perennes destacan la alfalfa, el pasto rye Grass, la vid, olivo y espárrago. La actividad agrícola está orientada a la producción de cultivos semipermanentes y permanentes aquí llamados perennes. Los cultivos anuales se obtienen a su vez, en dos temporadas o ciclos de producción: el primero, denominado ciclo primavera-verano comprende las actividades de siembra, desde los meses de mayo hasta julio y la cosecha se extiende desde octubre hasta diciembre. El segundo, llamado ciclo de otoño-invierno, comprende las actividades de siembra en los meses de octubre a enero y la cosecha de enero a mayo. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2001)

Dentro de las principales plagas que afecta a nuestro estado se encuentra la Araña roja, esta plaga ataca entre cultivos al algodón y al maíz; se les puede encontrar en cualquier etapa de desarrollo de la planta. Estos ácaros son muy pequeños y difíciles de ver a simple vista; según la especie, su color varía de rojo a verdoso, y se les encuentra en el envés de las hojas sostenido por una malla de seda. La araña roja, al picar y chupar la savia de la planta, ocasiona decoloración, deformación y caída prematura de las hojas. Las altas temperaturas y condiciones de baja humedad en el cultivo favorecen el crecimiento de la plaga. (SAGARPA, 2015)

***Tetranychus urticae* C.L. Koch**

La araña de dos manchas (*Tetranychus urticae*) está catalogada como una de las especies que le ocasiona más problemas a la agricultura en todo el mundo. Su control se basa principalmente en agroquímicos que con el paso del tiempo resultan menos efectivos debido al surgimientos de resistencia. *T. urticae* se encuentra ampliamente distribuida en el mundo, principalmente en zonas templadas. Se le asocia con más de 150 especies de plantas hospederas de importancia económica. (Chávez, Landeros, & Fuentes, 2009)

El daño causado por este ácaro es producido en el sitio de alimentación al romper aquél la superficie de las hojas y destruir células del mesófilo, afectando la transpiración, la fotosíntesis y el crecimiento de plantas y frutos.(Vasquez, 2005)

Clasificación taxonómica

La clasificación taxonómica de *Tetranychus urticae* es la siguiente:

Reino: Animalia

Filo: Arthropoda

Clase: Arachnida

Subclase: Acari

Orden: Prostigmata

Familia: Tetranychidae

Género: *Tetranychus*

Especie: *T. urticae* Koch (1836)



Ilustración 8 Ejemplares *Tetranychus urticae* ambos sexos

Biología

Tetranychus urticae es un ácaro fitófago con alto potencial reproductivo, ciclo de vida corto, tasa de desarrollo rápido y capacidad de dispersarse rápidamente. Su tamaño oscila entre 0.4 y 0.6 mm, en el caso de la hembra adulta, que tiene un aspecto globoso. El macho es más pequeño y aperado. Este ácaro puede presentar diferentes características morfológicas, sobre todo su color puede variar en respuesta a su régimen alimenticio, factores ambientales, plantas huésped y estado de desarrollo. (ARGOLO, 2012)

Tetranychus urticae se reproducen mediante partenogénesis de tipo arrenotoca en la que los machos se desarrollan a partir de huevos no fertilizados (haploides), mientras que las hembras se desarrollan a partir de huevos fecundados (diploides). Esta especie presenta una proporción de sexos entre 2:1 y 9:1 favor de las hembras. Cada hembra adulta puede poner unos 100-120 huevos, con una tasa de 3-5 huevos por día. Sin embargo, estas cifras pueden variar según la cantidad y la calidad del alimento, o las condiciones ambientales. Tiene un ciclo de vida corto que consta de cinco fases de desarrollo (huevo, larva, protoninfa, deuninfa y adulto). Entre cada fase hay una fase inactiva o período quiescente, en la que adoptan una posición característica, recibiendo el nombre de crisalis (protocrisalis, deutocrisalis y deutocrisalis). (ARGOLO, 2012)

Tetranychus urticae en condiciones óptimas (~ 30°C) completa su ciclo en 9 días. Este ácaro tiene alta tendencia agregativa y desarrolla sus colonias en el envés de las hojas donde producen tela en abundancia que les protegen de los depredadores, acaricidas y condiciones climáticas adversas. Además, la tela también se utiliza como mecanismo de dispersión. En condiciones de escasez de alimento o cuando la planta está fuertemente infestada, los individuos se acumulan en el extremo de la hoja o del brote y después por corriente de aire o por gravedad son transportados a otra planta. *Tetranychus urticae* también puede vivir sobre los frutos cuando éstos están presentes. Temperaturas elevadas y condiciones de baja humedad favorecen el incremento de sus poblaciones que pueden alcanzar niveles perjudiciales y causar graves daños a las plantas hospederas. En climas fríos, este ácaro presenta baja actividad, mientras que en los países mediterráneos, donde la temperatura es suave, esta araña puede estar activa durante todo el año (Argolo, 2012)



Ilustración 9 ácaro en su hábitat

La hembra deposita huevos de color cristalino de forma globosa, cubriéndolos con una fina telaraña para fijarlos al sustrato; con el transcurso de tiempo se tornan color pardo para tomar una tonalidad café antes de

que ocurra la eclosión del huevecillo. La larva es hexápoda, de color blanco, aunque con el paso del tiempo se torna de color verde claro, con patas amarillas mayores o iguales al tamaño de su cuerpo. Al pasar al estadio de ninfa presenta cuatro pares de patas y un color verde claro con dos manchas bien definidas en la parte dorsal. En estado de adulto es de coloración más pálida y las manchas son casi perfectas. Las hembras pueden ovipositar hasta 300 huevecillos en todo su ciclo, lo que les permite tener alto potencial reproductivo. Si no se toman las medidas adecuadas para su manejo, esta plaga puede ocasionar deshidratación masiva del follaje y muerte de las plantas a los pocos días, rebasando así los umbrales económicos de los cultivos afectados como frutales y hortalizas. (Chávez et al., 2009)

Control de plaga

Actualmente, para su control se utilizan una gran cantidad de acaricidas, lo que incrementa costos de producción, riesgo ambiental y daño a la salud. Los efectos negativos de los acaricidas son consecuencia de su mal manejo. Por ejemplo, los acaricidas más utilizados para el control esta especie son abamectina, bifentrina, tebufenpirad, fenperoximato, piridabén y fenazaquin y el productor tiende a utilizarlos como único método de control, sin considerar que posee alta propensión a resistencia. (Robles-bermúdez, Robles-bermúdez, Rodríguez-maciel, & Santillán-, 2012)

Su control se ve obstaculizada por la rápida evolución de la resistencia a muchas clases químicas de plaguicidas, el desarrollo de resistencia se ve favorecida por su alto potencial y ciclo de vida extremadamente corto reproductiva (Kumari, Chauhan, Kumari, & Nadda, 2017). Los mecanismos de resistencia metabólica están asociados a varias enzimas desintoxicadoras, indican que la mayor causa de resistencia fisiológica se debe a enzimas como las oxidasas que metabolizan a compuestos como el dicofol, abamectina, oxido de fenbutatin, bifentrina y naled. *En T. urticae*, existen más de 200 casos documentados de resistencia a nivel mundial (Robles-bermúdez et al., 2012)

Plaguicidas

Desde que el hombre comenzó a practicar la agricultura, fundamentalmente para su sustento, se tuvo que enfrentar a las plagas y enfermedades que destruyen sus cultivos y animales de cría, y esta lucha continuará por mucho tiempo. Para esto se usan los plaguicidas, o sea sustancias ó mezcla de sustancias específicas destinadas a prevenir, destruir o controlar los animales, plantas y microorganismos dañinos. A principios del pasado siglo, los plaguicidas consistían fundamentalmente en sales metálicas y productos naturales extraídos de plantas como la quasia, la nicotina, la rotenona y las piretrinas; pero con el desarrollo industrial y la necesidad de un mercado agrícola competitivo después de la Segunda Guerra Mundial, se desarrollaron los compuestos orgánico sintéticos, que si bien eran mucho más efectivos, de amplio espectro y fácil manejo, incrementaron hasta nuestros días los daños al medio ambiente y la salud del hombre, como son el aumento de la contaminación, la aparición de la resistencia en las plantas, la destrucción de sus enemigos naturales, la exposición a los efectos a largo plazo y la pérdida de la biodiversidad por la afectación de la especies útiles.(Alfonso, n.d.)

El impacto del uso de plaguicidas químicos en el medio ambiente y la salud humana han despertado el interés en utilizar medidas de control más seguras y más amigables con el medio ambiente, incluidos los bioplaguicidas para prevenir las pérdidas de cultivos agrícolas. Estos generalmente tienen varias ventajas en comparación con los pesticidas convencionales, son inherentemente menos tóxicos para los humanos y el medio ambiente, no dejan residuos dañinos y suelen ser más específicos para las plagas objetivo.(Sporleder & Lacey, 2013)

A menudo afectan solo a la plaga objetivo y a los organismos que están estrechamente relacionados, lo que reduce sustancialmente el impacto sobre las especies no objetivo. Otra ventaja de la mayoría de los plaguicidas microbianos es que replican en sus huéspedes objetivo y persisten en el medio ambiente debido a la transmisión horizontal y vertical, lo que puede provocar la supresión a largo plazo de las poblaciones de plagas incluso sin repetir la aplicación.(Sporleder & Lacey, 2013)

Plaguicidas sintéticos

Los plaguicidas sintéticos surgen entre 1930 y 1940 como resultado de investigaciones enfocadas al desarrollo de armas químicas que originalmente fueron probadas en insectos. Uno de los primeros compuestos, el diclorodifeniltricloroetano (DDT) fue sintetizado por Zeidler en 1874, y sus propiedades insecticidas fueron descritas por Paul Müller hacia 1939. El DDT se utilizó por primera vez durante la segunda Guerra Mundial para proteger a los soldados estadounidenses contra enfermedades transmitidas por vector y comercializó en los EE.UU en 1945. La pujante industrialización, los intereses económicos de los grandes productores de plaguicidas, así como la necesidad de controlar químicamente las plagas, favoreció su fabricación y consumo a escala mundial. (Lacasaña, 2001)

El Código Internacional de conducta sobre la distribución y uso de plaguicidas de la Food and Agriculture Organization (FAO) de las Naciones Unidas, establece que un plaguicida << es la sustancia o mezcla de ellas, destinada a prevenir, destruir o controlar plagas, incluyendo los vectores de enfermedad humana o animal; las especies no deseadas de plantas o animales que ocasionan un daño duradero u otras que interfieren con la producción, procesamiento de alimentos; los artículos agrícolas de consumo, la madera y sus productos el forraje para animales o lo productos que pueden administrárseles para el control de insectos, arácnidos u otras plagas corporales. (Lacasaña, 2001)

Si bien el propósito del uso de plaguicidas es matar organismos no deseados, aquellos que dañan cultivos y transmiten enfermedades a los animales, al ser humano, tiene funciones fisiológicas o bioquímicas similares a las de especies que interesa eliminar y son susceptibles, por lo tanto, en diversos grados, a los efectos tóxicos de los plaguicidas. Teniendo en cuenta a los millones de kilogramos de ingredientes activos que anualmente son usados, su toxicidad aguda, subaguda y a largo plazo, la forma que se producen, transportan, almacenan y aplican, estas sustancias se ha convertido en una gran problema de salud pública. (Karam et al., 2004)

Existen varias formas de clasificar a los plaguicidas, de acuerdo con su uso y tipo de organismo que afecta (insecticidas, acaricidas, fungicidas y herbicidas); modo de acción (contacto, ingestión, fumigante, sistémicos); por su naturaleza química (inorgánicos orgánicos); por su composición química, etc. Considerando esta última, que ha sido la empleada con mayor frecuencia para evaluar los efectos a la salud, puede hablarse de

plaguicidas organoclorados, organofosforados, carbamatos, piretroides fumigantes y otros. (Karam et al., 2004)

Plaguicidas naturales

Dentro de amplia gama de productos naturales de interés biológico se encuentran los extractos naturales como potenciales plaguicidas, pues en los últimos veinticinco años la literatura ha reportado cientos de compuestos aislados a partir del metabolismo secundario de las plantas han demostrado actividad plaguicida, y son una forma de eliminar en gran medida el uso de los tóxicos plaguicidas sintéticos. Como se muestran en la tabla número dos. (Pérez Lopez, 2012)

La procedencia de los plaguicidas naturales de origen botánico se debe precisamente a la síntesis o acumulación de estos productos del metabolismo, existen muchas estructuras diferentes de metabolitos secundarios, que superan bastante las de los primarios. Los Fenoles son compuestos hidroxilados que pueden actuar como anti alimentarios: otros como los taninos actúan como barrera por su sabor amargo, y las cumarinas inhiben el crecimiento de hongos y son tóxicas para nemátodos, ácaros e insectos.

Los Terpenos son los principales constituyentes de los aceites esenciales y actúan como repelentes e inhibidores de la alimentación y la oviposición.

Glicósidos cianogénicos al hidrolizarse liberan cianuro, por lo que son tóxicos y repelentes.

Compuestos azufrados entre los más importantes están los tiofenos, con acción insecticida y nematicida.

Flavonoides son los compuestos que dan color a plantas y flores, a ellos pertenece la rotenona, y actúan como inhibidores enzimáticos y repelentes.

Alcaloides son el grupo más diverso de metabolitos secundarios, con muy variados efectos tóxicos; a ellos pertenece la nicotina.(Alfonso, n.d.)

Tabla 2 Plantas utilizadas como plaguicidas naturales

| Familia y especie | Nombre Común | Parte de la planta | Actividad biológica | Compuestos activos |
|---|--------------------------|-----------------------------|--|--|
| Fam. Apocynaceae | | | | |
| <i>Nerium oleander</i> L. | Adelfa, rosa francesa | Hojas | Insecticida, alelopática, molusquicida | Cardiotónicos, flavonoides, esteroides- triterpenos. |
| Fam. Asteraceae | | | | |
| <i>Bidens pilosa</i> | Romerillo Blanco | Flores, planta entera | Insecticida | Alcaloides |
| <i>Parthenium</i> <i>hysterophorus</i> | Escoba amarga | Hojas, planta entera | Insecticida, fungicida | Alcaloides, sesquiterpenlacto nas |
| <i>Tagetes erecta</i> L. | Flor de muerto | Flores, planta entera | Nematicida, insecticida, acaricida | Tiofenos, fenoles, flavonoides, cumarinas, sesquiterpenlacto nas |
| <i>Tagetes patula</i> L. | Damasquina | Flores, planta entera | Nematicida, insecticida, acaricida | Tiofenos, fenoles flavonoides, cumarinas sesquiterpenlacto nas. |
| Fam. Cannaceae | | | | |
| <i>Canna edulis</i> Ker. | Canna, achira | Hojas, rizomas | Insecticida, Molusquicida | Fenoles, triterpenos- esteroides, cumarinas, sesquiterpenlacto nas. |
| F. Euphorbiaceae | Piñón botija | Semillas, aceite | Insecticida, molusquicida | Triterpenos, quinonas, glucósidos cianogénicos flavonoides. |
| Fam. Fabaceae | | | | |

| | | | | |
|---|------------------------|--------------------|--|--|
| Canavalia ensiformis L. | Nescafé | Semillas | Insecticida molusquicida | Aminoácidos, antociani- dinas, poliurónidos |
| Canavalia gladiata L. | Frijol machete | Semillas | Insecticida molusquicida | Taninos, triterpenos- esteroides, saponinas, aminoácidos |
| Fam. Meliaceae | | | | |
| Azadirachta indica | Árbol del nim, | Semillas, hojas | Insecticida, antialimentario, | Triterpenos, |
| A. Juss | Margosa | aceite | fungicida | Azadirachtina |
| Guarea guara (Jacq) P. Wils. | Yamao, guarea | Hojas | Insecticida | Terpenos, aceites volá- tiles, taninos, fenoles |
| Melia azedarach L. | Paraíso | Fruto, aceite | Insecticida, antialimentario | Triterpenos, alcaloides |
| Fam. Rutaceae | | | | |
| Zanthoxylum cubense Macfd. | Ayúablanca | Planta entera | Fungicida,bact ericida | Alcaloides, quinonas, ta- ninos, fenoles, flavonas |
| Zanthoxylum fagara Small | Amoroso, Limoncillo | Planta entera | Fungicida,insec ticida bactericida | Alcaloides, quinonas, ta- ninos, fenoles, saponinas |
| Fam. Solanaceae | | | | |
| Brugmansia <i>candida</i> Pers. | Campana | Flores, hojas | Insecticida, Acaricida | Alcaloides |
| Datura stramonium L. | Chamico | Flores, hojas | Nematicida, insecticida | Alcaloides, flavonoides |
| Lycopersicon esculentum Mill | Tomate | Hojas, frutos | Insecticida | Alcaloides, fenoles, cumarinas |
| Solanum globiferum Dunal. | Guiritoespino so | Frutos | Molusquicida, antiviral | Alcaloides esteroidales |
| Solanum mammosum L. | Guirito de pasión, | Frutos | Molusquicida | Alcaloides esteroidales |

Las plantas ofrecen muchas posibilidades para la producción de plaguicidas orgánicos y medicamentos veterinarios que no se han explotado debidamente. Al seleccionar una o varias plantas para la búsqueda y el aprovechamiento de este recurso natural, hay que tener en cuenta ciertos criterios que contribuyen al éxito de la investigación, y son los siguientes:

- 1- La especie botánica debe ser: De fácil desarrollo o cultivo, No afectarse fisiológicamente después de la recolección del material, No convertirse en una planta indeseable u hospedera de fitófagos o fitopatógenos y poseer usos económicos complementarios.
- 2- El material para el control de plagas debe: Tener amplio espectro de acción, Ser de fácil cosecha y procesamiento y Ser relevante inocuo para otros organismos, incluyendo al hombre.
- 3- Las sustancias bioactivas deben: Encontrarse en partes accesibles y renovables de la planta, Concentradas a niveles económicos, Relativamente estables para la conservación y relativamente persistentes.
- 4- Referente a la producción y uso de los plaguicidas naturales de origen botánico, estos deben ser: Artesanalmente factibles para pequeños agricultores y técnicamente ejecutables y económicamente rentables a nivel industrial. (Alfonso, n.d.)

La Agricultura Orgánica promueve el equilibrio armónico entre el desarrollo agrario y los componentes del agroecosistema, y por esto los plaguicidas botánicos, aplicados tanto preventivamente como para controlar un ataque severo de plagas, respetan este principio, porque además su efecto tóxico y/o repelente, se descomponen rápidamente y no causan resistencia. (Alfonso, n.d.)

La riqueza de México

El territorio mexicano es una región cultural y ecológicamente diversa. Su posición geográfica dentro del área de confluencia de los reinos biogeográficos Neártico y Neotropical, su compleja topografía, así como las diferencias ambientales debidas a la altitud y a la latitud hacen que esta región sea un complejo mosaico ecológico. Debido a lo anterior, la cubierta vegetal de esta región es una de las más variadas de la tierra, pues incluye desde los desiertos hasta las selvas tropicales, los bosques templados y los páramos de altura. Esto explica la enorme diversidad vegetal que existe a nivel de especies. Se calcula que en México existen entre 25 y 30,000 especies de plantas vasculares. La riqueza biológica de

México, su diversidad cultural, así como su larga historia de poblamiento, se han traducido en el desarrollo de una vasta tradición etnobotánica, la cuál incluye el conocimiento, el uso y manejo de una gran cantidad de especies vegetales a través de complejas formas de interacción entre las comunidades locales y su entorno vegetal. (Católica et al., 2016)

En México se han usado plaguicidas agrícolas desde fines del siglo XIX; hasta mediados del siglo pasado se utilizaban cerca de 40 compuestos de tipo botánico o inorgánico, entre éstos, arseniato de plomo, acetoarseniato de cobre (verde París) y una mezcla de sulfato de cobre y cal conocida como Caldo Bordelés. (Actualización & Albert, 2005)

La aplicación intensiva de plaguicidas sintéticos se inició en el país hacia 1940, con la introducción del DDT, y posteriormente, de otros plaguicidas organoclorados. Después se agregaron diversos organofosforados, carbamatos y una gran variedad de herbicidas y fungicidas, todo lo cual estuvo relacionado con la llegada de la Revolución verde, que México fue uno de los primeros en adoptar. (Actualización & Albert, 2005)

Revolución verde es el término acuñado en la década de los sesenta del siglo pasado para denominar el aumento espectacular de rendimiento de variedades híbridas "mejoradas" de maíz y trigo que lograron en el noroeste de México en el marco del programa de ayuda agrícola en el extranjero de la Fundación Rockefeller de Estados Unidos. (García, León, & Mier, n.d.)

Eventualmente se tuvo que reconocer que los supuestos beneficios de esta Revolución – una mayor producción agrícola, alimentos más baratos y una reducción de la pobreza rural- no se concretaron, y que sus beneficios reales fueron: en México, para los grandes agricultores dedicados a los cultivos de exportación; en Estados Unidos, para los consumidores de alimentos producidos en México y, en el mundo, para las grandes industrial multinacionales especializadas en la fabricación de plaguicidas. De hecho, en México la introducción de la



Ilustración 10 Mujeres trabajando en la recolecta

Revolución verde causó un aumento de la pobreza rural, en lugar de su disminución. (García et al., n.d.)

En síntesis se tuvo que pasar casi cuarenta años antes de que se empezaran a formar agrónomos más conscientes de los problemas asociados con estos productos y menos convencidos de las bondades de dicha Revolución y para que las autoridades empezaran a reconocer los riesgos que sus métodos presentan para el ambiente y para la salud de aplicadores y consumidores, sin contar con que la gran mayoría y para la salud de aplicadores y consumidores, sin contar con que la gran mayoría de los plaguicidas se han usado para cultivos de exportación, o no alimentarios como algodón y tabaco. (García et al., n.d.)

En México, la tierra disponible para la agricultura es de unos 23 millones de hectáreas, lo cual equivale a cerca del 12 % de la superficie total del país; los cultivos más importantes son maíz, frijol, sorgo, trigo, cebada, papa y hortalizas. En gran medida, la estructura agraria todavía está basada en el ejido y la pequeña propiedad; de acuerdo con cifras oficiales, en este año la población dedicada a la agricultura es alrededor de 7 millones de personas; sin embargo, a esta cifra habría que agregarle la población rural en su conjunto que también puede estar expuesta a los plaguicidas y que se calcula en 25.4 % de la población del país. (Actualización & Albert, 2005).

La contribución del trabajo agrícola al Producto Interno Bruto pasó de cerca de 5% en 1995 hasta 3.5% en 2003, lo que prueba que esta actividad no está aportando al desarrollo del país una proporción equivalente a la población que participa en ella.



Ilustración 11 Ubicación de México en el globo terráqueo

Según los datos disponibles, actualmente las regiones con mayor uso de plaguicidas son: Sinaloa, Chiapas, Veracruz, Jalisco-Nayarit-Colima, Sonora-Baja California, Tamaulipas, Michoacán, Tabasco, Estado de México y Puebla-Oaxaca. Se calcula que en ellas se aplica el 80 % de total de plaguicidas usados en el país, lo que comprueba que el uso de plaguicidas tiene una fuerte concentración en algunas regiones y algunos cultivos. (Actualización & Albert, 2005).

Baja California

En México, el estado de Baja California es uno de los más importantes productores de vid, olivo y espárrago, además de ser uno de los estados exportadores de hortalizas; otros productos importantes son: trigo, sorgo, jitomate, cebada, entre muchos más.

Debido sobre todo al carácter de los climas imperantes en Baja California, que presentan un marcado índice de aridez, la agricultura comprende sólo 2.95% de la superficie estatal y se practica en dos modalidades: agricultura de riego y agricultura temporal. Como parte del sector en la economía nacional, la agricultura en el estado de Baja California ocupa el 23 en el país respecto a la superficie sembrada. Los principales cultivos cíclicos en el estado son: trigo, cebada, algodón, sorgo, maíz y gran variedad de hortalizas que en conjunto ocupan cerca de 90% de la superficie sembrada con este tipo de cultivos. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2001).

Por eso especies como del género *Baccharis* son un potencial a estudiar debido a su interesante actividad en sus metabolitos. El género *Baccharis* es el más rico en especies dentro de la familia Asterácea, especies distribuidas principalmente en regiones tropicales del continente: como Brasil, Argentina, Colombia, Chile y México. Su distribución es exclusivamente americana, va desde el Sur de los Estado Unidos hasta el extremo austral de Chila y Argentina. Las especies de este género son utilizadas tradicionalmente para el tratamiento de varias dolencias, tales como contusiones, inflamaciones, también como antimicrobiano, antifúngico y recientemente se está estudiando su uso en la agricultura. Estas propiedades se deben a su composición química, basada principalmente en flavonoides, diterpenos y triterpenos donde los



Ilustración 13 Flor de *Baccharis salicifolia*



Ilustración 12 Arbusto de *Baccharis sarothroides*

flavonoides son distinguidos por conferir resistencia frente al ataque de microorganismos. Los que sugiere ser una opción para utilizarse como plaguicida botánico.(Prada, 2015)



Desarrollo experimental



Recolección y Generación de extractos



Recolección vegetal

La parte aérea de la *B. salicifolia* fué recolectada en bolsas de papel para evitar la humedad, el día 22 de marzo del 2017 en San Antonio de las minas, Ensenada Baja California con unas coordenadas 32°09' N y 116°38'4 O, temperatura ambiente de 14° C y a una altura de 320 metros sobre el nivel del mar, la especie *B.sarothroides* fue recolectada cerca del mismo punto anterior a 31°58'5 N y 116°37'30 O, temperatura ambiente de 18° C a 330 metros de altura sobre el nivel del mar.

Las dos especies fueron autenticadas por el Dr. José Delgadillo Rodríguez (Botánico).

Tratamiento del Material Vegetal

El material vegetal de las dos especies se dejó secar a temperatura ambiente durante un mes, el siguiente paso tuvo lugar la trituración del material, con el propósito de tener una mejor superficie de contacto con el disolvente.

Generación de extractos

La generación de extractos se llevó a cabo mediante el proceso de maceración alcohólica, el objetivo de este proceso es extraer los metabolitos activos hacia el solvente y consiste en poner una cantidad de material vegetal en contacto directo con el disolvente durante un determinado tiempo.

Tabla 3 Cantidad de cada especie recolectada

| Especie | Cantidad de material vegetal |
|------------------------|------------------------------|
| <i>B. salicifolia</i> | 1.1 kg |
| <i>B. sarothroides</i> | 1.1 kg |

Los extractos se concentraron a presión reducida utilizando un rotaevaporador Buchi R-210.

Tabla 4 Cantidad de extracto crudo generada

| Especie vegetal | Extracto crudo (g) |
|-----------------------|--------------------|
| <i>B. salicifolia</i> | 113.3 gr |
| <i>B.sarothroides</i> | 350 gr |

Partición del extracto crudo

Para la generación de las particiones también conocida como extracción líquido-líquido, cuyo fin es la separación de dos o más componentes de una mezcla líquida mediante la adición de un disolvente en el cual uno o más componentes son preferentemente solubles.

Se pesó extracto seco de *B.salicifolia* y *B.sarothroides* por separado y se redisolvió cada extracto en una solución MeOH/H₂O en porción 3:2 y 2:3 respectivamente, subsecuentemente se realizaron extracciones con solventes de polaridad creciente dando como resultado 3 particiones de cada especie : n-hexano, acetato de etilo e hidroalcohólico.

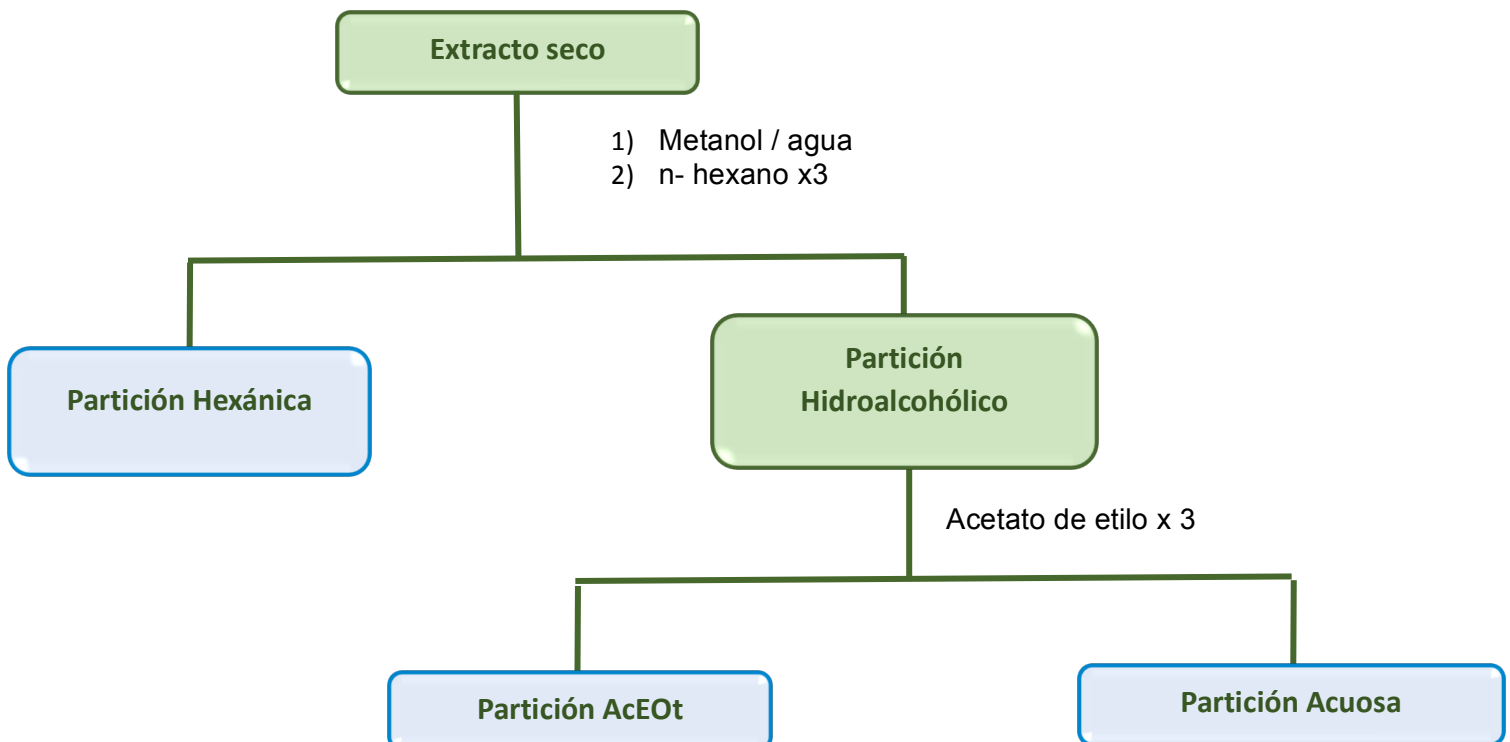


Diagrama 1 Para la generación de particiones

Ilustración 14 En el proceso de la generación de particiones



Se muestra una tabla con el peso de extracto seco que se utilizó para las particiones y la cantidad de extracto que se obtuvo en cada partición

Tabla 5 Cantidad generada de cada partición de *B.salicifolia*

| <i>B.salicifolia</i> | |
|-----------------------------|----------|
| Peso de extracto crudo seco | 90 gr |
| Partición hexánica | 16.69 gr |
| Partición AcOEt | 29.8 gr |
| Partición hidroalcoholica | 35.8 gr |

Tabla 6 Cantidad generada de cada partición de *B.sarothroides*

| <i>B.sarothroides</i> | |
|-----------------------------|----------|
| Peso de extracto crudo seco | 100 gr |
| Partición hexánica | 8 gr |
| Partición AcOEt | 45.84 gr |
| Partición hidroalcoholica | 27.16 gr |

Tamiz fitoquímico



Tamiz Fitoquímico

El Tamiz Fitoquímico es una herramienta en la investigación del potencial biológico y farmacológico que poseen las plantas. Las plantas producen un amplio espectro de metabolitos secundarios, los cuales participan en sus mecanismos de defensa contra la depredación por microorganismos, insectos y herbívoros. Estos metabolitos son compuestos que no se asocian directamente a los procesos de crecimiento y desarrollo, sino que le confieren a las plantas propiedades biológicas. El estudio de estas propiedades ha sido el punto de partida para la búsqueda de nuevos fármacos, antibióticos, insecticidas y herbicidas. El tipo de compuestos con actividad biológica detectados en plantas puede verse afectado por varios factores, entre ellos, la técnica usada para obtener el extracto y el tipo de solvente empleado para la reconstrucción del mismo. Existe una diversidad de técnicas que se usan para elucidar la naturaleza fitoquímica de los metabolitos antes mencionados, que van desde los llamados análisis de screening (análisis preliminar) o tamiz fitoquímico, hasta los más avanzados, que utilizan equipos muy específicos.

Aunque en la actualidad existen técnicas avanzadas para determinar la naturaleza química de los metabolitos de las plantas, los ensayos fitoquímicos tradicionales aún constituyen una forma confiable de realizar un análisis cualitativo de los extractos, ya que arrojan información preliminar acerca de su composición. Cuando se investigan muchos extractos de plantas, esto constituyen una ventaja ya que permite descartar todas aquellas especies que no tienen potencial para ser utilizadas para algún beneficio farmacológico, quedando solamente las que si lo tienen. El tamiz fitoquímico consiste en la obtención de extractos de plantas con solventes apropiados, tales como agua, acetona, alcohol, cloroformo y éter. Otro solvente, el diclorometano, se usa específicamente para la extracción, se llevan a cabo reacciones de coloración, las cuales son reacciones sensibles, reproducibles y de bajo costo. Algunas de las reacciones evalúan los grupos de sustancias y otros la presencia de otros compuestos como ácidos grasos, azúcares reductores, polisacáridos y mucilagos. (Zavala Cuevas, Diana, Castillo Olvera Guillermo, Revista & Mar, 2017)

Los extractos de *B.salicifolia* y *B.sarothroides* fueron evaluados mediante el tamiz fitoquímico en la búsqueda preliminar de metabolitos secundarios.

Tabla 7 Métodos de las pruebas colorimétricas

| Prueba | Método |
|------------------------------------|--------------------------------|
| Alcaloides | Mayer Dragendorff Wagner |
| Taninos | Cloruro férrico Gelatina |
| Esteroides y triterpenoides | Lieberman-Burchard |
| Flavonoides | Shinoda |
| Carbohidratos | Benedict |
| Saponinas | Espuma |
| Glucósidos antraquinónico | Borntrager |
| Cumarina | Erlich |

Prueba de Alcaloides

Esta técnica se basa en la capacidad que tienen los alcaloides en estado de sal (extractos ácidos), de combinarse con el yodo y metales pesados formando precipitados con reactivos como el mercuriyoduro de potasio (Meyer) y yoduro de bismuto (Drangendorff). (Coy Barrera, Parra, & Cuca Suárez, 2014)

- 1- Se pesó 4mg del extracto seco de la planta a evaluar y adicionar 4 mL de ácido clorhídrico al 5%.
- 2- Se colocó a baño María por 5 minutos o hasta una disolución completa del extracto.
- 3- Una vez a temperatura ambiente la solución anterior, se dividió en 3 tubos de ensaye (un tubo para Mayer, otro para Dragendorff y otro para Wagner) y enseguida se adicionó 8 gotas del reactivo correspondiente, un reactivo distinto para cada tubo.

Mayer (+): precipitado color crema

Dragendorff (+): precipitado café- rojo

Wagner (+): precipitado café- rojo

Taninos

Estos polifenoles tienen la propiedad de unirse a las proteínas y precipitarlas. Por esta razón, la prueba más empleada para la detección de este grupo de metabolitos secundarios se emplea el reactivo gelatinosal, el cual produce un precipitado. (Carvajal-Rojas, Hata-Uribe, Sierra-Martinez, & Rueda-Niño, 2009). La respuesta con el cloruro férrico se debe al ataque producido por el ion cloruro al hidrógeno del grupo hidroxilo provocando una ruptura de enlace y la unión de grupo fenóxido al hierro (formación de complejo coloreado). (Coy Barrera et al., 2014)

- 4- Se preparó una solución etanólica 1 mg/ mL
- 5- Se adicionó 8 gotas del reactivo de cloruro férrico.
- 6- En otro tubo por separado, se tomó 1ml de la disolución etanólica del extracto vegetal preparada inicialmente y se adicionó 15 gotas de gelatina.

Cloruro férrico (+): coloración verde, azul o negra

Gelatina (+): precipitado blanco

Esteroides y Triterpenoides

Esta técnica se basa en que el colesterol por acción de agentes deshidratantes como el ácido sulfúrico y anhídrico acético se transforma en colessterileno, compuesto de dobles enlaces conjugados que presenta color. El color es debido al grupo hidroxilo de colesterol reaccionar con los reactivos y el aumento de la conjugación de la insaturación en el anillo fusionado adyacente.(Zavala Cuevas, Diana, Castillo Olvera Guillermo, Revista & Mar, 2017)

- 7- Se preparó una solución etanólica 1mg/mL y adicionar 1 mL de anhídrido acético
- 8- Se mezcló ligeramente y agregó finalmente 3 gotas del ácido sulfúrico concentrado lentamente y por las paredes del tubo.

Esteroides y triterpenoides (+): coloraciones azul- verde y violeta.

Flavonoides

La reacción de Shinoda, el magnesio metálico es oxidado por el HCL concentrado, dando como productos al H, que es eliminado en forma de gas y el que forma complejos con los flavonoides dando coloraciones características. El magnesio divalente intensifica la coloración por estar doblemente coordinado. (Martínez, F, García, & et al., 2006)

- 1- Se preparó una solución etanólica 1mg/mL, adicionó 3 gotas del ácido clorhídrico concentrado (lentamente y por las paredes del tubo)
- 2- Se dejó reposar unos minutos.
- 3- En el mismo tubo se colocó unas limaduras de magnesio metálico y se dejó reposar 5 minutos

Flavonoides (+): coloración roja

Flavonas (+): coloración naranja

Después de la limadura de Magnesio

Flavononas.(+) : coloración magenta

Carbohidratos

En la reacción de Benedict, se puede reducir el Cu_2^+ que presenta un color azul, en un medio alcalino, el ión cúprico (otorgado por el sulfato cúprico) es capaz de reducirse por efecto del grupo aldehído del azúcar (CHO) a su forma de Cu^+ . Este nuevo ion se observa como un precipitado rojo ladrillo correspondiente al óxido cuproso (Cu_2O), que precipita de la solución alcalina con un color rojo-naranja, a este precipitado se lo considera como la evidencia de que existe un azúcar reductor. (Carvajal-Rojas et al., 2009)

- 1- Se preparó una solución etanólica 1mg/mL, y adicionó 8 gotas del reactivo de Benedict
- 2- Se colocó el tubo en un baño María con agua hirviendo, de dejó reposar entre 5- 10 minutos

Carbohidratos (+): precipitado café- rojo.

Saponinas

Son glicósidos cuya aglicona consiste en un núcleo esteroidal o triterpénico; esta característica estructural confiere un carácter anfótero que les permite actuar como tensoactivos. (Carvajal-Rojas et al., 2009)

- 1- Se preparó una solución etanólica 1mg/mL y adiciónó 1-2 ml de agua destilada, se agitó vigorosamente

Saponinas (+): espuma estable por lo menos 15 minutos.

Glucósidos antraquinónicos

Las naftoquinonas y antraquinonas libres al ser tratadas con la solución de hidróxido amónico forman complejos de color rojo cereza. (Delporte Carla, 2010)

- 1- Se preparó una solución etanólica 1mg/mL adiciónó 1 mL de ácido clorhídrico al 5% y posteriormente 1 mL de cloroformo, finalmente 4 gotas de hidróxido de amonio al 10%.

Glucósidos antraquinónicos (+): anillo rosa- rojo en la superficie de la fase acuosa

Cumarinas

Las cumarinas son una gran clase de lactonas de origen natural procedentes de la ruta del ácido shikímico y se caracterizan por contener un núcleo benzo-2-pirona. El reactivo de Erlich (p-dimetilamino benzaldehído) se utiliza para determinar la presencia de cumarinas, que aunado con el ácido clorhídrico generan una coloración naranja.

- 1- Se preparó una solución etanólica 1 mg/mL del extracto vegetal, se concentró un poco con ayuda de calor

- 2- Se agregarán dos gotas de Reactivo Erlich y una gota de ácido clorhídrico concentrado. La coloración naranja, indica presencia de cumarinas.

Cumarinas (+): Coloración naranja

Evaluación química y biológica



Evaluación antioxidante

La evaluación química de tipo antioxidante realizada a los diferentes extractos vegetales de cada planta (ver diagrama 2) se llevó a cabo mediante las siguientes técnicas: decoloración oxidativa de B-caroteno, reducción del radical libre DPPH, reducción de catión radical ABTS y determinación de polifenoles totales como prueba complementaria.

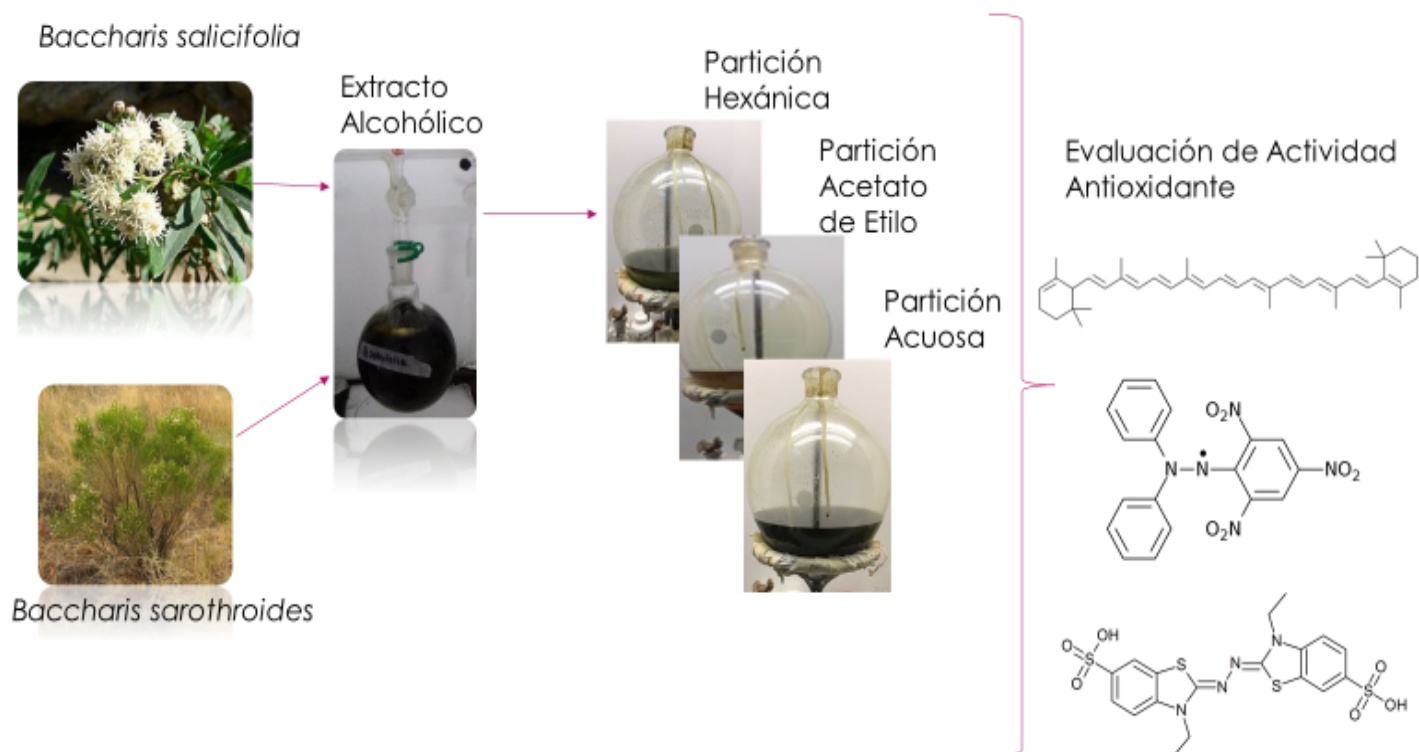


Diagrama 2 Para la evaluación antioxidantes de las especies

Reducción del radical libre DPPH (difenil Picril Hidrazilo)

Este método es indirecto en el cual se estudia la habilidad del antioxidante para estabilizar un radical libre. Este ensayo fue propuesto originalmente por Brand-Williams. El DPPH es uno de los pocos radicales orgánicos estable, presenta una fuerte coloración violeta, es comercialmente disponible y no tiene que ser generado.

El ensayo se fundamenta en la medición de la capacidad de un antioxidante para estabilizar el radical DPPH, esta medición puede hacerse espectrofotométricamente siguiendo el decaimiento de la absorbancia 517 nm, la reacción de estabilización se considera que transcurre principalmente mediante un mecanismo de transferencia de electrones, con un aporte marginal de transferencia de átomos de hidrogeno.

Los resultados se suelen expresar como EC_{50} , es decir, la concentración de antioxidante necesaria para estabilizar un 50% del DPPH. Entre las ventajas de este método están su simplicidad y el bajo requerimiento instrumental; sin embargo, entre las desventajas están la dificultad de interpretar los resultados cuando se tiene sustancias cuyo espectro de absorción se solapa con el del radical. (Londoño, n.d.)

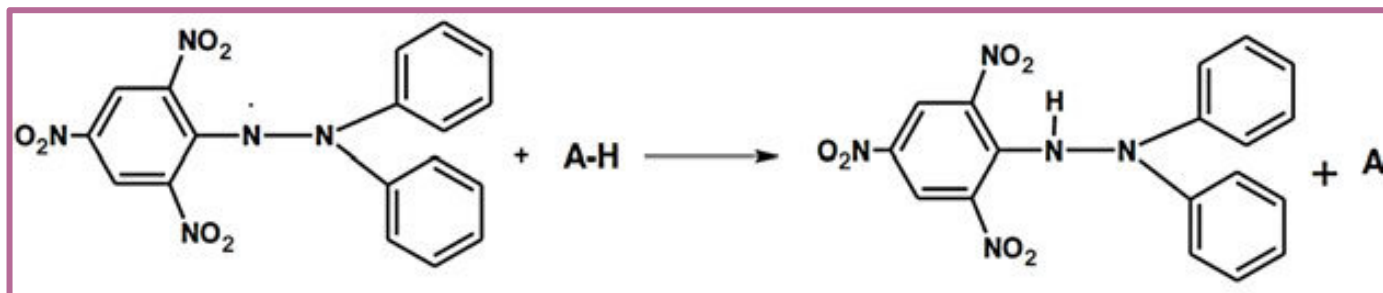


Figura -6 Reducción de radical libre de DPPH

Procedimiento

- 1- Se preparó una solución patrón de la muestra que se evaluó a una concentración de 1mg/mL.
- 2- A partir de la solución patrón, se realizaron 10 disoluciones seriadas de la muestra por triplicado.
- 3- Se preparó una solución 125µL del radical DPPH en metanol (7.5 mg/250mL).
- 4- Se añadieron 500µL de solución de DPPH a todas las disoluciones seriadas preparadas anteriormente.
- 5- Se incubaron durante 30 minutos en oscuridad.
- 6- Se realizó la lectura de las muestras en un espectrofotómetro a una longitud de onda de 517 nm; se leyó la absorbancia de la solución de DPPH sin muestra.

Las absorbancias obtenidas se promediaron para realizar los cálculos correspondientes del % de reducción del DPPH mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Actividad antioxidante} = [1 - (A_m/A_c)] \times 100$$

Donde:

A_m = Absorbancia promedio de la muestra

A_c = Absorbancia de la muestra control (solución de DPPH)

Graficó los % de reducción del DPPH calculados contra la concentración para la obtención de la concentración efectiva media (CE_{50}).

La quercetina es utilizada como control positivo para este ensayo.

Método de Folin-Ciocalteu

Los compuestos fenólicos son metabolitos esenciales para el crecimiento y reproducción de las plantas y actúan como agentes protectores frente a patógenos, siendo secretados como mecanismo de defensa a condiciones de estrés, tales como infecciones, radiaciones UV, entre otros. Esta síntesis se da a partir de fenilalanina por la vía del shikimato. Juegan un rol vital en las plantas y regulan el metabolismo y síntesis de la lignina, por lo que las plantas presentan un gran número de componentes fenólicos (e.g., flavanoles, flavonoles, chalconas, flavonas, flavanonas, isoflavonas, taninos, estilbenos, curcuminoides, ácidos fenólicos, cumarinas, lignanos, etc) (Ramos-escudero & Alvarado-ortiz, 2007)

La determinación del contenido total de compuestos fenólicos, utilizando el método originalmente propuesto por Folin en 1927 y modificando por Singleton y Rossi, no es considerada en sí misma una metodología para medir actividad antioxidante, a pesar de que su principio se basa en la capacidad redox de los polifenoles. El método se fundamenta en la oxidación de los compuestos fenólicos presentes en una muestra, por la acción del polianión molibdotungstosfosfórico para generar un producto coloreado con un máximo de absorción a 765 nm. Una de las modificaciones al método propuesta por Singleton implica el uso de ácido gálico como compuesto fenólico de referencia, de tal manera que los resultados se expresan en equivalentes de ácido gálico (EGA). (Londoño, n.d.)

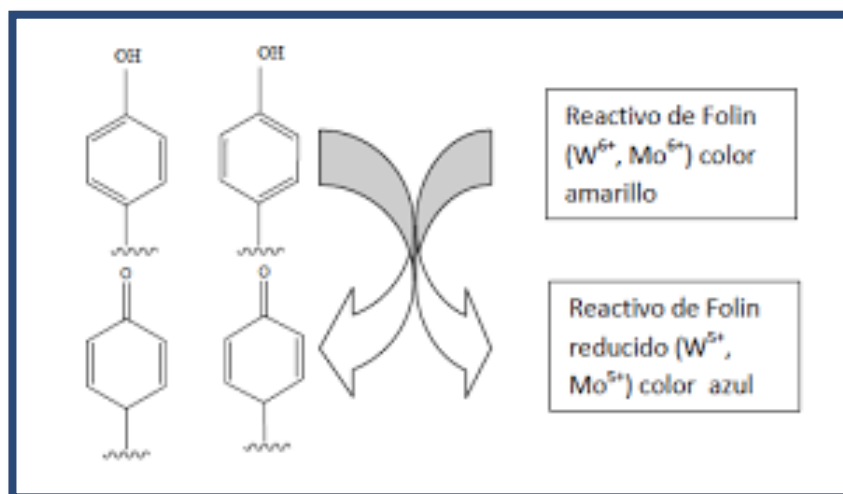


Figura-7 Mecanismo de acción de Folin

Procedimiento:

- 1- Se preparó una solución de la muestra que se evaluó en etanol a una concentración de 1 mg/mL . Esta técnica se realizó por triplicado
- 2- En un tubo de ensaye se adicionó 1.5mL de agua destilada, 50µL de solución de la muestra a evaluar y 250µL de reactivo de Folin, dejó reposar durante 3 minutos.
- 3- Se adicionó 1 mL de carbonato de sodio al 7%, se agitó para homogenizar e incubó durante 1 hora en condiciones ambientales de luz y temperatura.
- 4- Se leyó absorbancias de las muestras en un espectrofotómetro a una longitud de onda de 760 nm.
Se determinó el contenido de polifenoles totales expresados como mg EAG/100 g (miligramos equivalentes de Ácido gálico por cada 100 gramos de extracto seco) mediante una curva de calibración de Ácido gálico.

Decoloración oxidativa del β -caroteno

La inhibición de la decoloración del β -caroteno en una oxidación conjunta con el ácido linoleico es una metodología bien conocida para la evaluación de la capacidad antioxidante en productos naturales, ya que los carotenoides son extremadamente susceptibles a la oxidación por especies de radicales libres. El ensayo de blanqueamiento del β -caroteno fue descrito por primera vez por Marco (1968) y modificado por otros investigadores incluyendo Miller y Amarowicz et al. , mide la habilidad de un antioxidante para inhibir la peroxidación lipídica.

Esta técnica se basa en la medición espectrofotométrica de la decoloración de los carotenoides causada por su interacción con radicales peroxilo ($LOO\cdot$), producidos durante la oxidación del ácido linoleico. En el sistema (emulsión) agua, β -caroteno y ácido linoleico se promueve la formación de radicales libres peroxilos, debido a la oxidación del ácido linoleico inducida por el calor que blanquea el β -caroteno en la emulsión.

El mecanismo de reacción implica que los radicales libres del ácido graso formados por la sustracción de un átomo de hidrógeno de uno de sus grupos metilenos atacan las moléculas de β -caroteno las cuales pierden sus dobles enlaces que les da la característica de su color anaranjado en estado reducido; por tanto el blanqueo de carotenoides vía oxidación inducida por calor y la decoloración resultante puede ser inhibida o disminuida por los antioxidantes que donan átomos de hidrógeno para neutralizar radicales .(Daniela et al., n.d.). En consecuencia, cuanto mayor sea la actividad antioxidante en la sustancia de interés, menor será la decoloración del β -caroteno. (Del et al., n.d.)

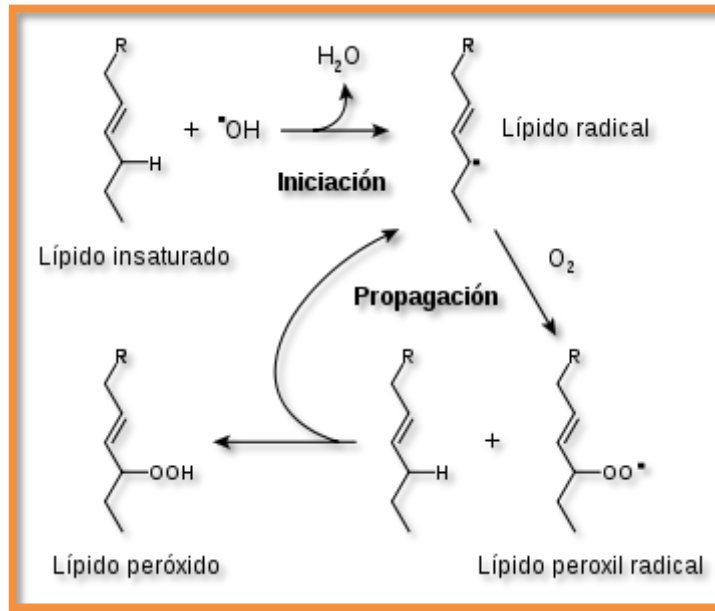


Figura-8 Decoloración oxidativa del b-caroteno

Procedimiento:

- 1- Se puso a burbujear agua destilada durante un período no menor a 1 hora.
- 2- Se preparó una disolución de carotenoides para ello; se disolvió 0.2 mg de B-Caroteno en 1-2 mL de cloroformo y adicionó 25 μL de ácido linoléico y 200 μL de Tween 20, se mezcló y guardó en oscuridad hasta la evaporación del disolvente.
- 3- Se preparó una solución de muestra a evaluar a una concentración de 1 mg/1mL
- 4- Se disolvió la solución de β -caroteno (ya sin cloroformo) en 50 mL de agua destilada previamente en burbujear para generar la emulsión.
- 5- Se tomó 350 μL de la solución de la muestra y adicionó 2.5 mL de β -caroteno
- 6- Inmediatamente se realizó una primera lectura de la muestra a tiempo cero (A_{m^0}) a una longitud de onda de 470 nm. Se leyó la absorbancia de la emulsión sin muestra a tiempo cero (A_{c^0}).
- 7- Se mantuvieron las muestras en baño a una temperatura de 50 $^{\circ}\text{C}$ durante 120 minutos.
- 8- Se realizó una segunda lectura a las muestras a las 2 horas ($A_{m^{120}}$) así como de la emulsión ($A_{c^{120}}$).
- 9- El ensayo fue realizado por triplicado.

Las absorbancias obtenidas se promediaron para realizar los cálculos correspondientes del porcentaje de actividad antioxidante mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Actividad Antioxidante} = [1 - (Am^0 - Am^{120}) / (Ac^0 - Ac^{120})] \times 100$$

Dónde:

Am^0 = Promedio de las absorbancias de la muestra a tiempo cero.

Am^{120} = Promedio de las absorbancias de la muestra a tiempo 120 min.

Ac^0 = Promedio de las absorbancias de la emulsión a tiempo cero.

Ac^{120} = Promedio de las absorbancias de a emulsión a tiempo 120 min.

Se utilizó α -tocoferol como control positivo para este ensayo.

Reducción del catión radical-ABTS (Ácido 2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolín)-6-sulfónico).

Actualmente el método ABTS ha sido ampliamente usado tanto para materiales biológicos, compuestos puros o extractos de plantas de naturaleza hidrofílica o lipofílica. El compuesto cromógeno ABTS presenta color azul/verde con máximo de absorción a 342 nm, es muy soluble en agua y químicamente estable. El radical una vez generado por medio de enzimas (peroxidasa, mioglobina) o químicamente (dióxido de manganeso; persulfato potásico o ABAP[2,2'-azobis-(2-amidinopropeno) HCl]) pasa a presentar nuevas características con máximos de absorción a 645,734 y 815 nm.

El radical ABTS es más indicado para ensayos de compuestos coloreados, además el radical generado químicamente (persulfato potásico) desarrollado por RE et al., fue validado por su estabilidad, reproducibilidad y por ser una alternativa mucho más viable económicamente. (Kuskoski, Asuero, García-parilla, Troncoso, & Fett, 2004)

El radical mono catión preformado de 2,2-azinobis-(3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfónico) (ABTS^{•+}) se genera por la oxidación de ABTS con persulfato de potasio y se reduce en presencia de antioxidantes donadores de hidrogeno. Las influencias de la concentración de antioxidante y la duración de la reacción de inhibición del radical se tienen en cuenta al determinar la actividad antioxidante.(Amaya Rodriguez, Lorena Maribel; Portillo Memebreño, 2013)

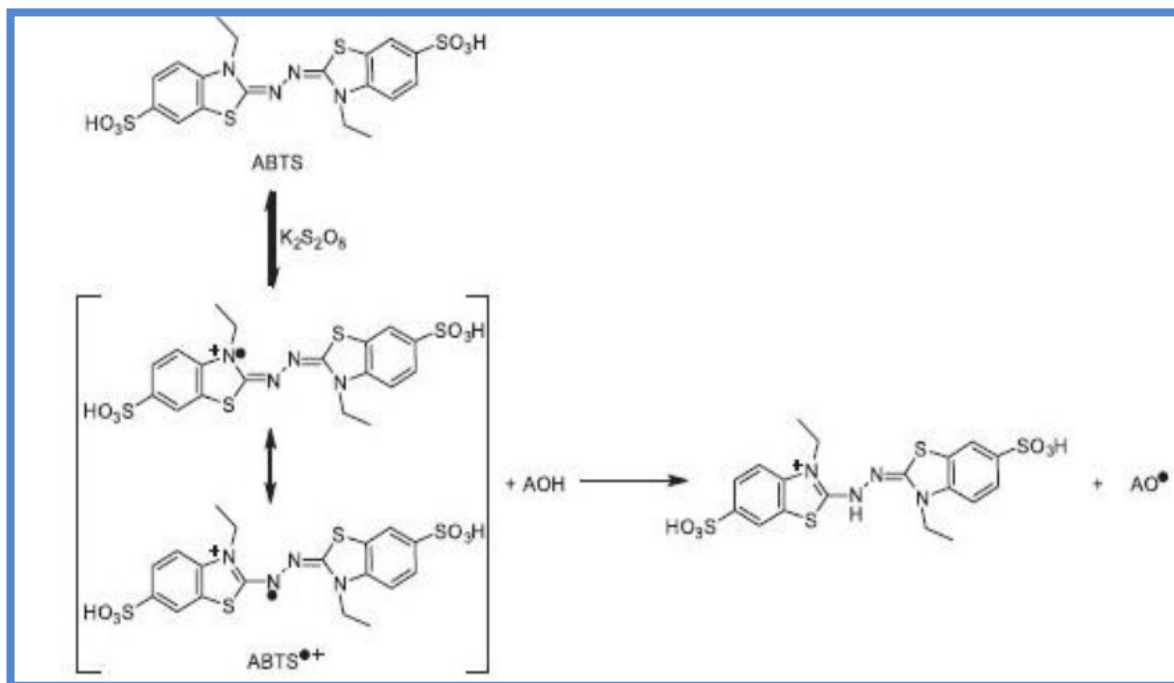


Figura-9 Mecanismo de acción de ABTS

Procedimiento

- 1- Pesó 0.0033 g de persulfato de potasio y 0.0194 g de ABTS, disolvieron en 5 mL de agua desionizada, dejar reposar en oscuridad durante 18 horas.
- 2- Aproximadamente 30 minutos antes de cumplirse las 18 horas de incubación del radical, se preparó la solución patrón de la muestra a evaluar en metanol a una concentración de 1 mg/mL.
- 3- A partir de la solución patrón, se realizaron 10 disoluciones seriadas de la muestra por triplicado.
- 4- Se preparó la solución de ABTS, para ello se tomaron 330 μ L de la solución patrón de ABTS y se diluyeron en 33 ml de metanol. Se cubrieron de la luz.
- 5- Se mezclaron 20 μ L de la solución de la muestra a evaluar con 980 μ L de la solución de ABTS.
- 6- Se incubó durante 7 minutos en oscuridad.
- 7- Se realizó la lectura de las muestras en un espectrofotómetro a una longitud de onda de 734 nm; se leyó absorbancia de la solución de ABTS sin muestra por triplicado.

Las absorbancias obtenidas se promediaron para realizar los cálculos correspondientes del % de reducción del catión-radical ABTS mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Actividad antioxidante} = [(A_c - A_m / A_c)] \times 100$$

Dónde:

A_m = Absorbancia promedio de la muestra

A_c = Absorbancia de la muestra control (solución de ABTS)

Gráficar los % de reducción del catión- radical ABTS calculados contra la concentración para la obtención de la concentración efectiva media (CE50).

Utilizar quercetina como control positivo para este ensayo.

Evaluación de la actividad tipo acaricida

Para las ventanas biológicas realizadas se utilizó como modelo a *Tetranychus uticae*, tomado del insectario perteneciente al laboratorio de Química Medicinal y Productos Naturales, de la Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería, UABC donde se mantiene en plantas de frijol peruano (*Phaseolus vulgare*). Los ensayos se realizaron por la técnica de “inmersión de hoja” reportada por Cahill (1996) con algunas modificaciones.

Procedimiento

- 1- Se preparó una solución patrón al 10% de la muestra a evaluar utilizando como solvente una solución de metanol.
- 2- Se realizó diluciones seriadas a partir de la solución patrón
- 3- Se cortaron los discos de hoja de frijol de tamaño correspondiente a la caja Petri empleada.
- 4- Se sumergió los discos de hojas en la disolución correspondiente y dejaron secar a temperatura ambiente aproximadamente 20 minutos.
- 5- Se utilizan cajas Petri de 35 mm previamente impregnadas al igual que los discos de hojas con la disolución correspondiente.
- 6- Se colocaron los discos de hoja en cada caja Petri correspondiente y depositaron 20 ácaros adultos en cada caja con ayuda de un estereoscopio. Los ensayos fueron realizados por duplicado (dos repeticiones y 40 adultos por concentración).
- 7- Se sellaron las cajas y evaluaron la mortalidad a las 24 horas, realizando un conteo de los ácaros muertos, considerando como muertos a todos aquellos que no muestra movimiento al tacto. Los valores obtenidos se promediarán para determinar el % de mortalidad corregida mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{Mortalidad} = \frac{\text{Numero de muertos}}{\text{Adultos tratados}} \times 100$$

Se utiliza la fórmula de Abbot (1925) para determinar el % de Mortalidad corregida:

$$\% \text{Mortalidad corregida} = \frac{[(\% \text{Mortalidad} - \% \text{Mortalidad control})]}{100 - \% \text{Mortalidad control}} \times 100$$

| Núm. de tubo | % Concentración |
|--------------|-----------------|
| 1 | 10% |
| 2 | 5% |
| 3 | 2.5% |
| 4 | 1.25% |
| 5 | 0.6% |
| 6 | 0.3% |
| 7 | Control |

Concentraciones
ventanas

Tabla 8 Concentraciones utilizadas en las ventas biológicas

utilizadas en las
biológicas



Discusión de resultados



Tamiz fitoquímico preliminar



Los resultados obtenidos de las pruebas fitoquímicas preliminares de cada extracto de las dos plantas evaluadas se muestran en las siguientes tablas, en la tabla número nueve hace referencia a los resultado de *B.sarothroides* y la tabla número diez a *B.salicifolia*

Tabla 9 Resultados de tamiz Fitoquímico de *B.sarothroides*

| Tamiz Fitoquímico <i>B.sarothroides</i> | | | | | |
|---|-------------------|-------|--------|---------------|--------|
| Prueba | Método | Crudo | Hexano | Acetato Etilo | Acuoso |
| Alcaloides | Mayer | (-) | (-) | (-) | (-) |
| | Wagner | (-) | (-) | (-) | (-) |
| | Dragendoff | (-) | (-) | (-) | (-) |
| Taninos | Cloruro Férrico | (+) | (-) | (+) | (+) |
| | Gelatina | (+) | (-) | (+) | (+) |
| Esteroides y Triterpenoides | Liberman-Birchard | (+) | (+) | (+) | (+) |
| Flavonoides | Shinoda | (+) | (-) | (-) | (+) |
| Carbohidratos | Benedict | (-) | (-) | (-) | (-) |
| Saponinas | Espuma | (-) | (-) | (-) | (-) |
| Glucósidos antraquinónicos | Borntrager | (-) | (-) | (-) | (-) |
| Cumarinas | Erlich | (-) | (+) | (+) | (-) |

De las particiones de *B.sarothroides* evaluadas mediante las ocho pruebas para identificación de metabolitos secundarios, el extracto crudo y la partición acuosa mostraron mayor número de pruebas positivas: taninos (por los dos métodos), flavonoides, esteroides y triterpenoides sin embargo las particiones de hexano y acetato de etilo mostraron positiva la prueba de cumarinas. Sólo ha habido algunos informes sobre la composición de

cumarinas del género *Baccharis* en los últimos años. Estos informes se refieren a la especie *B. grisebachii* que produjo ocho derivados del ácido p-cumárico y la planta colombiana *Baccharis tricuneata* LF, dio lugar a la cumarina scopolin. (Abad & Bermejo, 2007)

Los constituyentes diterpénicos característicos del género *Baccharis* son del tipo diterpenosneoclorodano, aunque también se han aislado derivados tipo kaurano y labdano. Wollenweber et al reportaron el ácido hidroxihutriaico por primera vez como producto natural, el cual fue encontrado en dos poblaciones de *B. sarothroides*. El ácido oleanólico y los óxidos de *Baccharis* son los triterpenoides más ampliamente distribuidos en el género. (Wollenweber et al., 1986)

Kupchan y su grupo de investigadores (Kupchan, 1971). aislaron e identificaron dos flavonoides citotóxicos, 3,4'-dimetoxi-3',5,7-trihidroxi-flavonoy centaureidinade un extracto alcohólico de *Baccharis sarothroides*, el cual mostró una actividad significativa en la actividad inhibitoria contra células derivadas de carcinoma humano de nasofaringe realizada en cultivo celular, por lo tanto, concluyeron que esta actividad fue atribuida a estas dos moléculas.

Tabla 10 Resultados de tamiz fitoquímico *B.salicifolia*

| Tamiz fitoquímico <i>B.salicifolia</i> | | | | | |
|--|-------------------|-------|--------|---------------|--------|
| Prueba | Método | Crudo | Hexano | Acetato Etilo | Acuoso |
| Alcaloides | Mayer | (-) | (-) | (-) | (-) |
| | Wagner | (-) | (-) | (-) | (-) |
| | Dragendoff | (-) | (-) | (-) | (-) |
| Taninos | Cloruro Férrico | (+) | (-) | (+) | (+) |
| | Gelatina | (+) | (-) | (+) | (+) |
| Esteroides y Triterpenoides | Liberman-Birchard | (+) | (+) | (+) | (+) |
| Flavonoides | Shinoda | (+) | (-) | (+) | (+) |
| Carbohidratos | Benedict | (-) | (-) | (-) | (-) |
| Saponinas | Espuma | (-) | (-) | (-) | (-) |
| Glucósidos antraquinonicos | Borntrager | (-) | (-) | (-) | (-) |
| Cumarinas | Erlich | (+) | (+) | (-) | (-) |

Aguilar Enrique y colaboradores (Aguilar Enrique, Anaya Brita, Alarcón José, 2007) realizaron un tamiz fitoquímico de tres especies del género *Baccharis*, entre ellas *B.salicifolia*, en el cual destacan la presencia de flavonoides, terpenos y esteroides, sustancias reductoras, lactonas y cumarinas. Ellos afirman que químicamente el género *Baccharis* comparte la misma familia de compuestos, sin embargo, existirán algunas diferencias como porcentaje de abundancia y composición química de los anteriormente mencionados. Estos autores señalan que los principales metabolitos presentes en este género son los flavonoides de tipo flavona y flavonona. Las propiedades biológicas de estas especies se atribuyen a los flavonoides y los diterpenos. Verdi y colaboradores señalan que en *B.salicifolia* se han identificado 15 flavonas, 7 flavanonas, 22 diterpenos, 17 labdanos, 3 clerodanos y 3 triterpenos. (Verdi et al., 2005)

En general las plantas de este género carecen de alcaloides, salvo los del núcleo pirrolizidínico. Finalmente, es llamativa la ausencia de iridoïdes y aminoácidos no proteicos. (Del Vitto & Petenatti, 2009).



Evaluación antioxidante



Técnica β -caroteno



A continuación se muestran los resultados obtenidos de la técnica de la decoloración oxidativa de β -caroteno para *B.sarothroides* y *B.salicifolia*

| Evaluación <i>B.sarothroides</i> | |
|----------------------------------|--------------------------|
| Extracto | % Actividad Antioxidante |
| Crudo | 35 |
| Hexano | 70 |
| Acetato | 40 |
| Acuoso | 21 |
| Control | 60 |

Tabla 11 Resultados de la actividad antioxidante de β -caroteno para la especie *B.sarothroides*

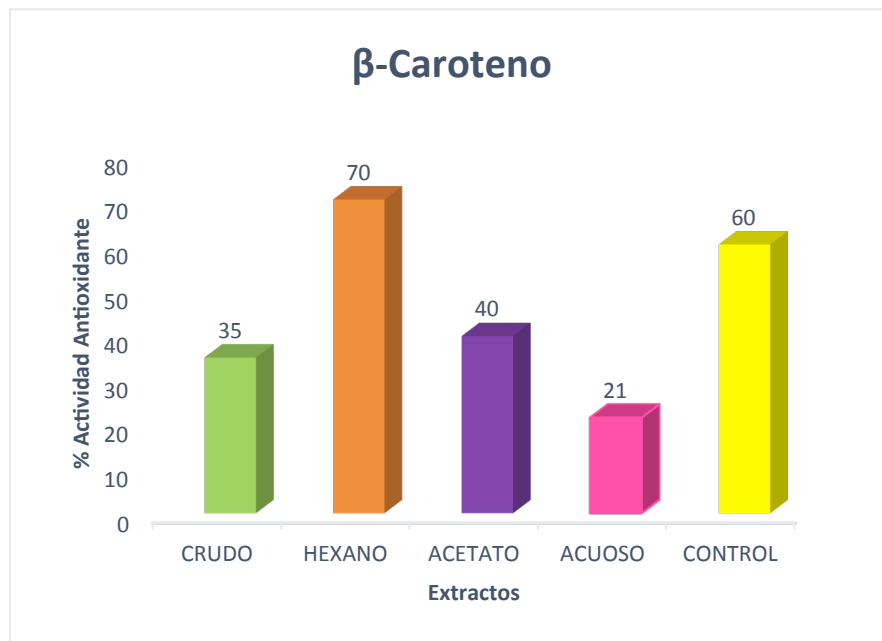


Figura-11 Resultados de β -caroteno para la especie *B.sarothroides*

Los resultados obtenidos por el método de la decoloración oxidativa de β -caroteno mostraron una mayor actividad para el extracto de Hexano con un 70% en este experimento, el valor utilizado es α -tocoferol que mostró un 60% de actividad. Los extractos restantes, Crudo, Acetato y Acuoso presentaron 35%,40% y 21% respectivamente como inhibidores oxidativos.

Resultados de la actividad antioxidante por la técnica de la decoloración oxidativa de β -caroteno

| Evaluación <i>B.salicifolia</i> | |
|---------------------------------|--------------------------|
| Extracto | % Actividad Antioxidante |
| Crudo | 38 |
| Hexano | 55 |
| Acetato | 45 |
| Acuoso | 53 |
| Control | 60 |

Tabla 12 Resultados de β -caroteno de la especie *B.salicifolia*

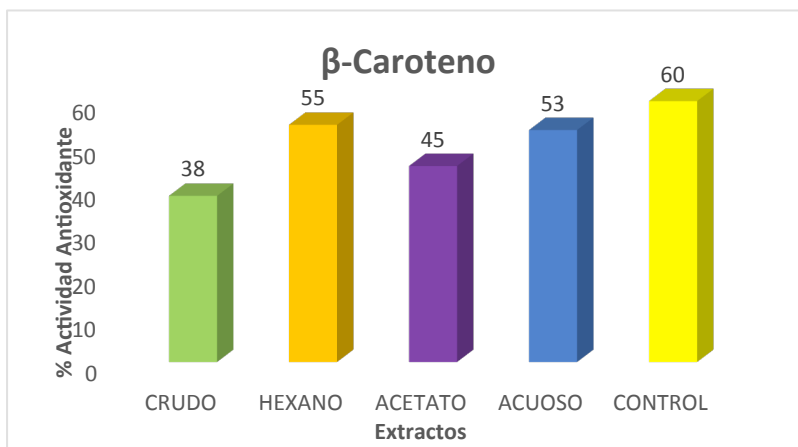


Figura -12 Resultados de β -caroteno de *B.salicifolia*

A diferencia de *B.sarothroides*, *B.salicifolia* no superó al control, el valor más cercano a este lo presentó el extracto de hexano con un 55%, seguido de el extracto acuoso con un 53%, seguido por acetato y crudo con 45% y 38% respectivamente. Aunque no hayan superado el control no se descarta su actividad como antioxidante.

Técnica DPPH



Resultados de la actividad antioxidante por el método de DPPH de particiones de extractos *B.salicifolia*.

| DPPH | |
|----------|--------------------------|
| Extracto | CE ₅₀ (mg/mL) |
| CRUDO | 4.91E-06 |
| HEXANO | 4.65E-01 |
| ACETATO | 1.40E-03 |
| ACUOSO | 9.167E-04 |
| CONTROL | 3.30E-03 |

Tabla 13 Resultados de DPPH de *B.salicifolia*

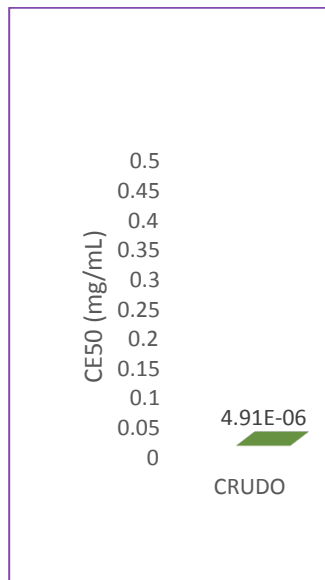


Figura -13 Resultados de *B.salicifolia* en la técnica DPPH

Los resultados obtenidos por medio de la técnica de reducción de radical libre DPPH en extractos de *B.salicifolia*, mostraron que el extracto crudo requirió 4.91×10^{-6} mg/mL para poder inhibir el 50% del radical DPPH, lo cual lo convierte en el extracto más activo, seguido del extracto acuoso con una concentración de 9.167×10^{-4} mg/mL. Cabe destacar que los dos extractos superaron el control positivo de Quercetina que presentó una concentración de 3×10^{-3} mg/mL para inhibir el 50 % del radical.

Aguilar Enrique et al.2007, evaluaron la actividad antioxidante a través de la técnica de DPPH con extractos hidroalcohólicos de tres especies del género *Baccharis* dentro de ellas *B.salicifolia* , en la cual mencionan que a la concentración de 300µg/mL muestra un porcentaje de 91.57 % de la actividad secuestradora de radicales libres ,91.35% de la actividad a la concentración de 150 µg/mL y 75.70% a la concentración de 30µg/mL. *B.salicifolia* mostró tener una gran actividad antioxidante superior a las otras dos *Baccharis* evaluadas. El gran número de flavonoides presentes en esta especie justifica su gran actividad antioxidante, además se sabe que los flavonoides de núcleo flavona muestran una gran actividad secuestradora del DPPH (Villar del Fresno,1999) (Bruneto,2001).

Resultados de la actividad antioxidante por el método de DPPH de particiones de extractos *B.sarothroides*.

Tabla 14 Resultados de DPPH para *B.sarothroides*

| DPPH | |
|----------|--------------------------|
| Extracto | CE ₅₀ (mg/mL) |
| CRUDO | 5.66E-03 |
| HEXANO | 1.779E-01 |
| ACETATO | 6.72E-03 |
| ACUOSO | 2.557E-03 |
| CONTROL | 0.033E-03 |

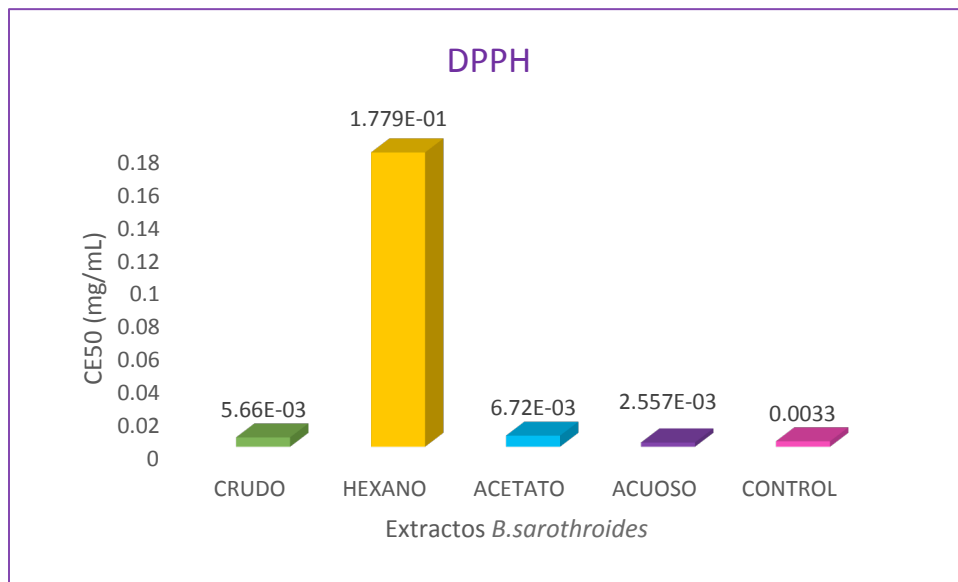


Figura -14 Resultados de DPPH para *B.sarothroides*

Los resultados muestran que el extracto Acuoso mediante esta técnica presenta un mejor perfil antirradicalario con una concentración de 2.557E⁻⁰³ mg/ml que las demás particiones, asimismo, el extracto Acuoso de *B.sarothroides* presentó una CE₅₀ menor a la del control la cual es de 0.0033 mg/ml.

Es importante mencionar que no hay estudios aún donde se haya evaluado la actividad antioxidante de *B.sarothroides*, sin embargo, (Rodríguez & , Virginia P. Roa, 2015) mencionan que *B. revoluta* Kunth en la evaluación de actividad antioxidante de extractos etanólicos de parte aérea a través del método DPPH, presentó de manera significativa

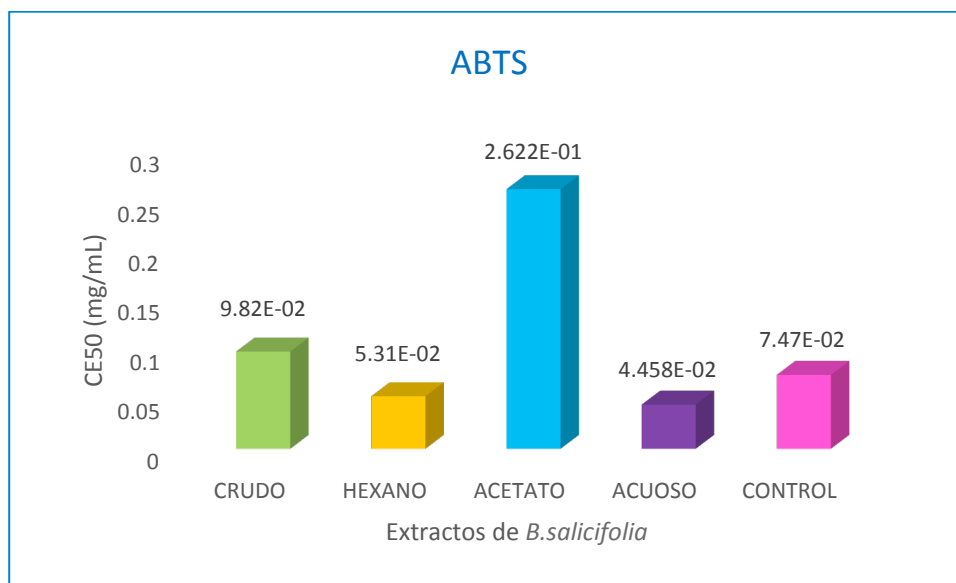
actividad antioxidante, con una IC_{50} y actividad antioxidante relativa de 7,2% y 43.64% para el extracto etanólico de hojas, 6,95% y 45.57% para el extracto etanólico de tallos y 7,1% y 44.16% para el extracto etanólico de flores, lo que nos determina una gran potencialidad de esos extractos.

Técnica ABTS



Tabla 15 Resultados para *B.salicifolia* por ABTS

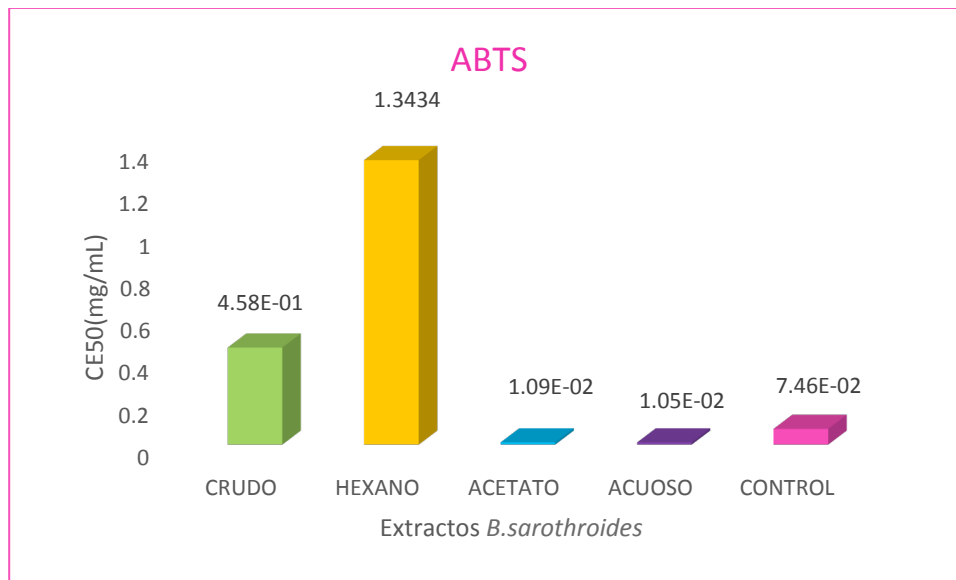
| ABTS | |
|----------|--------------------------|
| Extracto | CE ₅₀ (mg/mL) |
| CRUDO | 9.82E-02 |
| HEXANO | 5.31E-02 |
| ACETATO | 2.622E-01 |
| ACUOSO | 4.458E-02 |
| CONTROL | 7.47E-02 |

Figura-15 Resultados de ABTS para *B.salicifolia*

Los resultados generados por el presente trabajo muestran que el extracto acuoso mediante esta técnica presenta un mejor perfil antiradicalario que el control utilizado la quercetina, en un estudio realizado por Salazar y colaboradores mencionan que el extracto acuoso de la parte aérea de *B. salicifolia* presenta metabolitos de tipo alcaloides, flavonoides, esteroides, antraquinonas y cardiotónicos.

Tabla 16 Resultados de ABTS para *sarothroides*

| ABTS | |
|------------|--------------------------|
| Extracto | CE ₅₀ (mg/mL) |
| CRUDO | 4.58E-01 |
| HEXANO | 1.3434 |
| ACETATO | 1.09E-02 |
| ACUOSO | 1.05E-02 |
| QUERCETINA | 7.465E-02 |

Figura-16 Resultados de ABTS para *B.sarothroides*

Los resultados que se obtuvieron en este experimento se observa que el extracto acuoso muestra la concentración efectiva media (CE₅₀) más alta (1.05E-02 mg/mL) seguido del extracto de AcEt (1.09E-02 mg/mL) , a pesar de que el extracto acuoso posee un menor de contenido de polifenoles exhibe una mejor capacidad antioxidante comparado con las demás.

Estos resultados sugieren, que los componentes de la partición de Acetato de Etilo actúan de manera sinérgica para presentar esta actividad antioxidante, y de acuerdo a lo reportado en referencias bibliográficas (*Sudheer et al., 2015*), los extractos de polaridad media como los de AcEOT, son los flavonoides y ciertos terpenos los posibles protagonistas en este efecto antioxidante.

Determinación de Fenoles totales



Tabla de resultados de la determinación de fenoles totales en los extractos de *B.salicifolia*.

Tabla 17 Resultados de cuantificación polifenólica de *B.salicifolia*

| <i>Baccharis salicifolia</i> | |
|-------------------------------------|---------------------|
| Extracto | mg EAG/100 g |
| Crudo | 63.50 |
| Hexano | 42.43 |
| Acetato de Etilo | 77.13 |
| Acuoso | 42.1 |

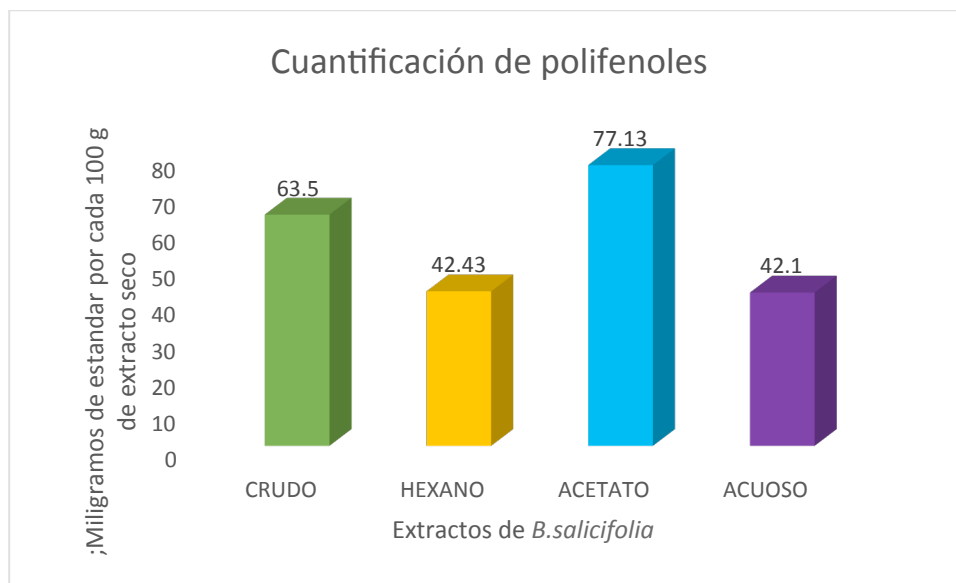


Figura-17 Resultados de Cuantificación polifenólica de *B.salicifolia*

En este experimento se muestra una notoria cantidad de compuestos polifenólicos para la partición de acetato de Etilo, la cual presenta 77.13mg de ácido gálico por cada gramo de extracto seco. Como se sabe, en este tipo de extractos se reporta una gran presencia de variedad de compuestos fenólicos, por lo que existe la coherencia con los resultados obtenidos en este ensayo.

Seguido del extracto crudo presenta una cantidad de 63.50 mg de ácido gálico por cada gramo de extracto seco. Lo que indica, que la actividad antioxidante del crudo se da por efecto de sinérgico. Mientras que entre los extractos de hexano y acuoso no hay mucha diferencia entre

en cuanto a la cantidad de polifenoles presentando 42.43 y 42.1 mg de ácido gálico por gramo de extracto seco respectivamente.

Tabla de resultados de la determinación de fenoles totales en los extractos de *Baccharis sarothroides*.

Tabla 18 Resultados de cuantificación polifenólica de B.sarothroides

| <i>Baccharis sarothroides</i> | |
|--------------------------------------|--------------------|
| Extracto | mg EAG/100g |
| Crudo | 56.53 |
| Hexano | 40.47 |
| Acetato de Etilo | 68.65 |
| Acuoso | 44.71 |

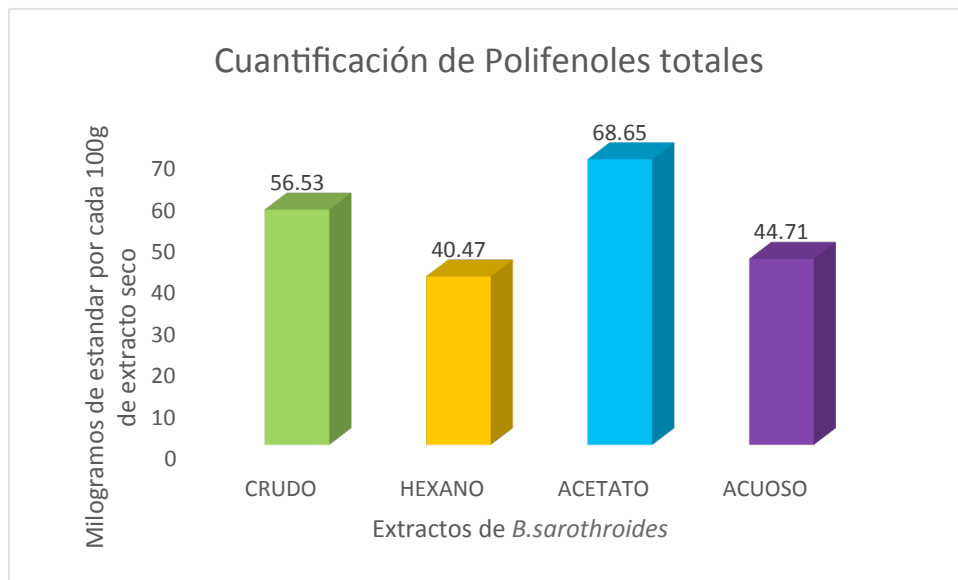


Figura-18 Resultados de cuantificación polifenólica de B.sarothroides

Los resultados de *B.sarothroides* muestran que la partición de acetato de etilo presenta mayor cantidad de metabolitos tipo polifenol, con 68.65 mg seguido del extracto crudo con 56.53 mg de ácido gálico por cada 100 gramos de extracto seco, lo que sugiere que la mayor parte de los metabolitos presentes en el crudo son polifenoles de polaridad media.

En el extracto acuoso arrojó un resultado de 44.71 mg EAG/100 g extracto seco, mientras que en el extracto hexánico fueron 40.41mg EAG/100g

extracto seco, observándose una menor concentración de estos productos naturales.

A pesar de que los polifenoles suelen encontrarse en particiones de naturaleza de media a alta polaridad existen trabajos en los cuales explican la presencia de moléculas tipo polifenol en particiones apolares como en la hexánica. Reynaldo señala en su reseña bibliográfica flavonoides: características químicas y aplicaciones, que el extracto de hexano generalmente contiene clorofilas, gomas, agliconas de menor polaridad como isoflavonas y flavanonas y, cuando están presentes, agliconas de flavonoides altamente metoxiladas como quercetina 3,7, 3', 4' tetrametil éter y 6-metoxiquercetina 3,7, 3', 4' tetrametil éter. (Reynaldo, 2001)



Evaluación acaricida



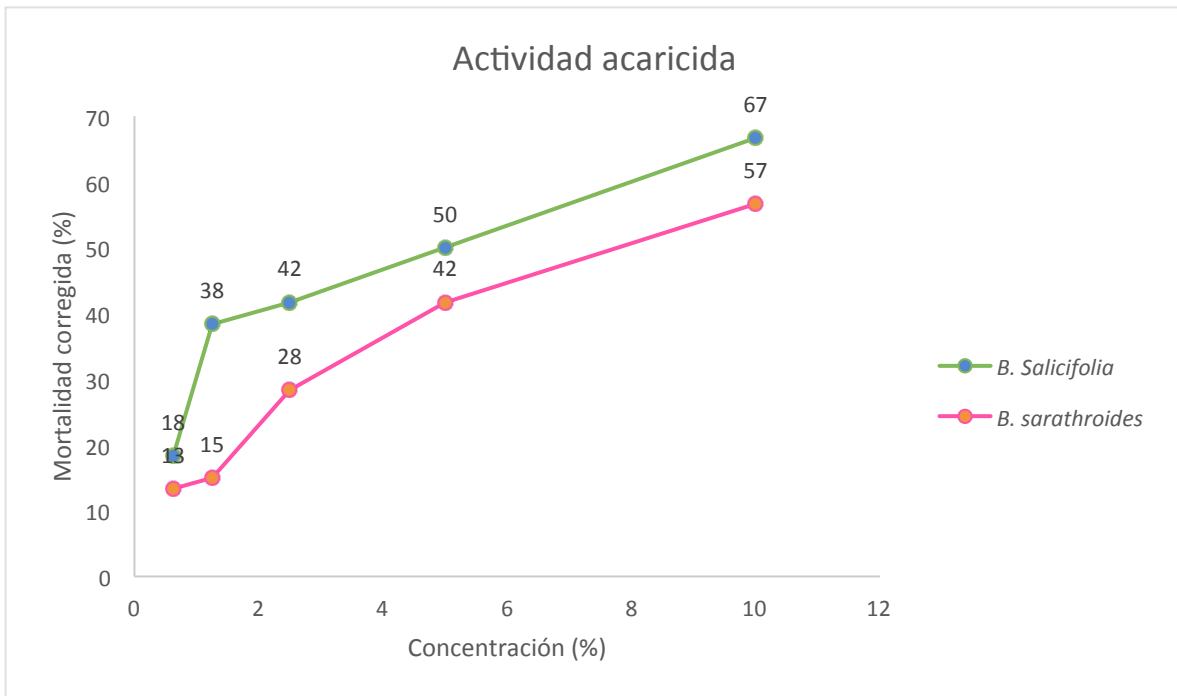


Figura-19 Actividad acaricida de las dos especies estudiadas

Tabla 19 Resultados de las ventanas biológicas de las especies estudiadas con mortalidad corregida

| % Mort. Corregida | | |
|-------------------|------------------------|-----------------------|
| concentración | <i>B. sarothroides</i> | <i>B. salicifolia</i> |
| 0.625 | 13 | 18 |
| 1.25 | 15 | 38 |
| 2.5 | 28 | 42 |
| 5 | 42 | 50 |
| 10 | 57 | 67 |

Los resultados obtenidos de actividad acaricida frente al ácaro *T. urticae*, muestran que el extracto acuoso de *B. salicifolia* fue el que obtuvo mayor porcentaje de mortalidad con un 67% a una concentración del 10%; Mientras que *B. sarothroides*, presentó una mortalidad de 57% a una concentración de 10%

Cabe mencionar que en la bibliografía se reporta que los extractos de esta especie (Torrance et al., 1969), se han identificado en abundancia lactonas sesquiterpénicas, a estos compuestos presentes en las plantas de la familia Asteraceae, se les atribuyen actividades importantes tipo

insecticida e inclusive los sesquiterpenos, se les han destacado por presentar actividad acaricida frente a garrapatas (González et al.,2014), lo cual explicaría el potencial acaricida que presentó en los experimentos de este estudio.

Hasta el momento no hay reportes bibliográficos que registren la presencia de actividad acaricida de las dos especies evaluadas para este trabajo, sin embargo, la evidencia recabada durante los experimentos realizados indica un posible perfil plaguicida.



Conclusiones



- 1- Se logró identificar cualitativamente metabolitos secundarios mediante pruebas colorimétricas en los extractos y particiones de *B.salicifolia* y *B.sarothroides*. De los cuales fueron cumarinas, taninos, flavonoides , esteroides y triterpenoides.
- 2- Los estudios de la actividad antioxidante de los extractos y particiones de *B.sarothroides* mediante la técnica de decoloración oxidativa de B-caroteno, mostró que el extracto hexánico es el más eficiente con un 70% de esta acción inhibitoria oxidativa, superó al control α -tocoferol que presentó 60% de inhibición, seguido de la partición de polaridad media Acetato de Etilo con un 40% de esta actividad, mientras que *B.salicifolia* presentó una menor actividad el extracto hexánico con un 55% seguida por la partición de Acetato de etilo con un 45% de actividad inhibitoria.
- 3- En el ensayo de reducción del radical DPPH para los extractos y particiones, el extracto crudo de *B. salicifolia* fue el más activo con una $CE_{50} 4.91E^{-6}$ mg/mL, mientras que la partición de Acetato de etilo con mayor actividad fue de *B. sarothroides* $CE_{50} 6.72E^{-03}$ mg/mL.
- 4- En el la prueba de reducción del catión ABTS para los extractos y particiones, muestran que el extracto crudo de *B.salicifolia* fue el de mayor eficacia con una CE_{50} de $9.82E^{-02}$ mg/mL, mientras que la la partición acuosa de *B. sarothroides* resultó la mas activa con una CE_{50} de $1.05E^{02}$ mg/mL.
- 5- Los resultados de particiones y extractos por medio de la prueba de polifenoles totales revelaron que la partición de Acetato de etilo tanto en *B.salicifolia* y *B.sarothroides* tuvieron una notoria presencia de componentes polifenólicos con 77.13 mg EAG/g y 68.65 mg EAG/g, respectivamente. Estos dos extractos se presentaron como los predominantes en los experimentos realizados.
- 6- Realizar ventanas biológicas de los crudos de las dos especies vegetales para evaluar el perfil acaricida frente a *Tetranychus urticae*. En la evaluación de la actividad acaricida para los extractos crudos de *B.salicifolia* y *B.sarothroides* se logró establecer que *B.salicifolia* a una concentración del 10% presentó un 67% de mortalidad frente a *T. urticae*, de los cuales fue el más activo de los dos extractos, mientras que para el

ensayo de ventana biológica *B.sarothroides* a una concentración del 10% mostró un 57 % de mortalidad.



Bibliografía



1. Abad, M. J., & Bermejo, P. (2007). *Baccharis* (Compositae): a review update, 2007(vii), 76–96.
2. Actualización, C. De, & Albert, D. L. A. (2005). Panorama de los plaguicidas en México, 1–17.
3. Aguilar Enrique, Anaya Brita, Alarcón José, T. A. (2007). Etnobotánica, Fitoquímica y Farmacología de especies del género *Baccharis* (Asteraceas) utilizadas como plantas medicinales en el departamento de Ayacucho.
4. Alfonso, M. (n.d.). Los plaguicidas botánicos, 26–30.
5. Amaya Rodriguez, Lorena Maribel; Portillo Memebreño, C. E. (2013). Determinación de fenoles, flavonoides y capacidad antioxidante en melaza, azúcar blanco y moreno en el ingenio chaparrastique por el método de espectrofotometría ultravioleta-visible.
6. ARGOLO, P. S. (2012). *Gestión integrada de la araña roja Tetranychus urticae Koch (Acari: Tetranychidae): optimización de su control biológico en clementinos TESIS DOCTORAL*.
7. Ávalos, A., & Elena, G. (2009). Metabolismo secundario de plantas. *Reduca Biología Serie Fisiología Vegetal*, 2(3), 119–145. Retrieved from <http://revistareduca.es/index.php/biologia/article/viewFile/798/814>
8. Beatriz, A. (2012). Investigación en Química de Productos Naturales en Argentina: Vinculación con la Bioquímica Development and Research Trends in Chemistry.
9. Botánica, D. De. (2012). Instituto de Biología , Universidad Nacional Autónoma de México , Autor para la correspondencia: vrios@ibiologia.unam.mx RESUMEN INTRODUCCIÓN Es bien conocido que el Neotrópico es la región biogeográfica con la mayor biodiversidad del planeta (Myers et , 291, 259–291).
10. Brechelt, D. A. (2004). *El Manejo Ecológico de Plagas y Enfermedades. Fundacion Agricultura y Medio Ambiente* (Red de Acc). Santiago, Chile.
11. Carolina, A., & Garc, S. (2015). Fitoquímica de cinco especies del género *baccharis*, (September), 0–281. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4253.7448>
12. Carvajal-Rojas, L., Hata-Urbe, Y., Sierra-Martinez, N., & Rueda-Niño, D. (2009). Preliminary phytochemical analysis of *Cupatá* (*Strychnos schultesiana* krukoff) stems and seeds. *Revista Colombia Forestal*, 12, 161–170.
13. Católica, U., Caballero, J., Casas, A., Cortés, L., Mapes, C., Caballero, J., ... Cortes, L. (2016). Patrones en el conocimiento, uso y manejo de plantas en pueblos indígenas de México, 16(16), 181–195.
14. Chávez, E. C., Landeros, J., & Fuentes, Y. M. O. (2009). Tolerancia del ácaro *Tetranychus urticae* Koch a cuatro acaricidas de diferente grupo toxicológico.
15. Colombiano, D. E. L. C. (2009). Evaluación de la actividad

- antioxidante y determinación del contenido de compuestos fenólicos en extractos de macroalgas del caribe colombiano, 126–131.
16. Cortez-gallardo, V., Macedo-ceja, J. P., & Arteaga-aureoles, G. (2004). Farmacognosia: breve historia de sus orígenes y su relación con las ciencias médicas. *Medigraphic Artemisa*, 15(2), 123–136.
 17. Coy Barrera, C. A., Parra, J., & Cuca Suárez, L. E. (2014). Caracterización química del aceite esencial e identificación preliminar de metabolitos secundarios en hojas de la especie *raputia heptaphylla* (rutaceae). *Revista Elementos*, 4, 31–39. <https://doi.org/10.15765/e.v4i4.513>
 18. Culebras, J. M., & Tuñón, M. J. (2002). Los flavonoides : propiedades y acciones antioxidantes, 271–278.
 19. Daniela, C., García, L., Xavier, P., & Zaquinaula, R. (n.d.). "Estandarización de la técnica blanqueamiento del betacaroteno para la evaluación de la actividad antioxidante de extractos lipofílicos: plantas medicinales, frutos y microalgas."
 20. Del, D. E. D., Álvarez, M. B., Burgués, M., Colosito, J., & Galetti, V. (n.d.). Determinación de la actividad antioxidante en mieles mediante el método de decoloración del α -caroteno, 3–8.
 21. Del Vitto, L., & Petenatti, E. (2009). Asteráceas de importancia económica y ambiental. Primera parte. Sinopsis ecológica y plantas de interés industrial. *Multequina*, (18), 87–115.
 22. Delporte Carla. (2010). Farmacognosia: Trabajos Prácticos, 64.
 23. Elena, M., Jáuregui, C., De, M., Calvo, C., & Romo, F. P. (2011). Carotenoides y su función antioxidante : Revisión, 61.
 24. Galano, A. (2017). Estres oxidativo, radicales libres, antioxidantes y...¿Química computacional?, 21–26.
 25. García, S., León, D., & Mier, T. (n.d.). Visión general de la producción y aplicación de bioplaguicidas en México.
 26. Gilberto, L., & Trueba, P. (2003). Los flavonoides : antioxidantes o prooxidantes, 22(1), 48–57.
 27. H, K. L., Mendoza, C., & Rocío, F. (2008). Efecto de extractos vegetales de *Polygonum hydropiperoides* , *Solanum nigrum* y *Calliandra pittieri* sobre el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) Effect of plant extracts of *Polygonum hydropiperoides* , *Solanum nigrum* and *Calliandra pittieri* in *Spodoptera frugiperda*, 26(3), 427–434.
 28. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2001). Síntesis de Información Geográfica del Estado de Baja California, 95.
 29. Issn, P. (2007). Taninos o polifenoles vegetales, (33), 13–18.
 30. Karam, M. Á., Ramírez, G., Montes, L. P. B., Galván, J. M., Karam, M. Á., Ramírez, G., ... Manuel, J. (2004). Plaguicidas y salud de la población, 11, 246–254.

31. Kumari, S., Chauhan, U., Kumari, A., & Nadda, G. (2017). Comparative toxicities of novel and conventional acaricides against different stages of *Tetranychus urticae* Koch (Acarina: Tetranychidae). *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 16(2), 191–196. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2015.06.003>
32. Kupchan, S. M. E. B. (1971). Citotoxic Flavonols From *Baccharis Sarothroides*, 1(1962), 1962–1964.
33. Kuskoski, E. M., Asuero, A. G., García-parilla, M. C., Troncoso, A. M., & Fett, R. (2004). Actividad antioxidante de pigmentos antocianicos 1, 24(4), 691–693.
34. Lacasaña, J. A. (2001). Plaguicidas: clasificación, uso, toxicología y medición de la exposición, 4(2), 67–75.
35. Londoño, J. L. (n.d.). Antioxidantes: importancia biológica y métodos para medir su actividad, 129–162.
36. Luz, M., & María, C. (2007). Estudio de los componentes antioxidantes y actividad antioxidante en tomates.
37. Martínez, V., F, M., García, L., & et al. (2006). Características farmacognósticas de las hojas de *Capparis avicennifolia*. *Rev. Med. Vallejana*, 4(2), 121–131. Retrieved from <http://sisbib.unmsm.edu.pe/BVRevistas/rmv/v04n2/pdf/a04v4n2.pdf>
38. Meléndez-martínez, A. J., Vicario, I. M., & Heredia, F. J. (2007). Pigmentos carotenoides: consideraciones estructurales y fisicoquímicas, (June).
39. Perez, I. (2008). El uso de las plantas medicinales. *Revista Intercultural*, 23–26.
40. Perez Lopez, E. I. de I. de sanidad vegetal. (2012). Resumen plaguicidas botánicos: una alternativa a tener. *Fitosanidad*, 16, 51–59. Retrieved from <http://revistareduca.es/index.php/biologia/article/viewFile/798/814>
41. Pomilio, A. B. (2012). Investigación en Química de Productos Naturales en Argentina: Vinculación con la Bioquímica Development and Research Trends in Chemistry, 46, 73–82.
42. Prada, J. (2015). Análisis metabólico de la especie *Baccharis latifolia* (Asteraceae) en la Sabana de Bogotá, 95.
43. Ramos-escudero, D. F., & Alvarado-ortiz, C. (2007). Evaluación de la capacidad antioxidante y vegetales promisorios, 3, 142–149.
44. Ravelo, Á. G., & Braun, A. E. (2009). Relevancia De Los Productos Naturales En El Descubrimiento De Nuevos Fármacos En El S. Xxi. *Cienc.Exact.Fís.Nat. (Esp)*, 103(2), 409–419.
45. Reynaldo, O. C. e I. (2001). Reseña bibliográfica Flavonoides: características químicas y aplicaciones. *Cultivos Tropicales*, 22, 5–14.
46. Robles-bermúdez, A., Robles-bermúdez, G. F., Rodríguez-maciel, J. C., & Santillán-, C. (2012). Resistencia de cuatro poblaciones del acaro (*Tetranychus urticae* Koch.) a propargite en rosa de corte (*Rosa x*

- hybrida) en el Estado de México , México * Resistance of four population mites (*Tetranychus urticae* Koch .) to propargite in cut rose (*Rosa x hybrida*) in the State of Mexico , Mexico Resumen Introducción, 3, 785–795.
47. Rodríguez, Ó. E., & , Virginia P. Roa, É. A. P. (2015). Actividad antibacteriana y antioxidante de *Baccharis revoluta* Kunth, 0–3.
 48. Rugerio Garcia, L. A. (2017). Cuantificación de antioxidantes contenidos en el café (*cofeea arabica*) verde y tostado procedente de veracruz que para obtener el título de: químico presenta: luis ángel rugerio garcía directora académica: dra . andrea yazmin guadarrama lezama aseso.
 49. Saavedra, O. M., Nahúm, E., Vázquez, J., Roberto, M., Guapillo, B., Manuel, G., ... Bolaina, E. M. (2010). Radicales libres y su papel en las enfermedades, (272).
 50. SAGARPA. (2015). *Agenda tecnica agricola de Baja California* (Segunda ed).
 51. Selfa, Jesus; Anento, J. L. (1997). Plagas agrícolas y forestales. *Departamento de Biología Animal (Entomología). Universidad de Valencia*, 75–91.
 52. Sporleder, M., & Lacey, L. A. (2013). *Biopesticides. Insect Pests of Potato*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-386895-4.00016-8>
 53. Tapia, J. (2004). Asteráceas. *Biodiversidad y Desarrollo Hermano En Yucatan*, 1989. Retrieved from <http://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Sitios/Biodiversidad/pdfs/Cap4/18 Asteraceas.pdf>
 54. Torres Torres, F. (1993). La agricultura autosustentable en el marco de la integración comercial de América del Norte. In *Pacific Regional Science Conference* (pp. 65–75).
 55. Tovar de rio, J. (2013). *Determinación antioxidante por DPPH y ABTS de 30 plantas recolectadas en la ecoregion cafetera*. Universidad tecnológica de pereira.
 56. Uwalsky, M. A. S. (2006). Radicales libres, antioxidantes naturales y mecanismos de protección *, 161–172.
 57. Vasquez, C. L. (2005). Biología y enemigos naturales de *Tetranychus urticae* en pimentón, 34–40.
 58. Verdi, L. G., Maria, I., Brighente, C., Pizzolatti, G., Química, D. De, Federal, U., & Catarina, D. S. (2005). Genero *Baccharis* (Asteraceae): Aspectos químicos, económicos y biológicos, 28(1), 85–94.
 59. Wilken, D. H. 1972. Seasonal dimorphism in *Baccharis glutinosa* (Compositae). *Madroño* 21: 113–119
 60. Wollenweber, E., Schober, I., Dostal, P., Braunt, S., Hochschule, T., Darmstadt, D.-, ... Nmr, T. H. (1986). ACID , A clerodane type diterpenoid and other terpenoids from three *baccharis* species, 25(3),

- 719–721.
61. Zavala Cuevas, Diana, Castillo Olvera Guillermo, Revista, T., & Mar. (2017). Análisis fitoquímico: una herramienta para develar el potencial biológico y farmacológico de las plantas. *tlatemoani*, 24, 70.