

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA**

**ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**

**DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA**



**EFFECTO ALELOPÁTICO DEL EXTRACTO VEGETAL DE Pirul (*Schinus molle L.*)  
EN LA GERMINACIÓN DE MONOCOTILEDONIAS Y DICOTILEDONEAS, EN  
CONDICIONES DE LABORATORIO.**

**Por:**

**CARMEN ALICIA ZUÑIGA SILVESTRE**

**T E S I S**

**Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:**

**INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila**

**Febrero 2011.**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA

EFFECTO ALELOPÁTICO DEL EXTRACTO VEGETAL DE Pirul (*Schinus molle L.*) EN LA GERMINACIÓN DE MONOCOTILEDONIAS Y DICOTILEDONEAS, EN CONDICIONES DE LABORATORIO.

Por:

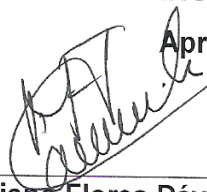
CARMEN ALICIA ZÚÑIGA SILVESTRE

TESIS

Que se somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito para obtener el título de:

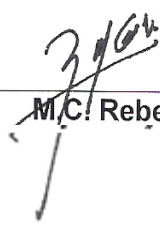
INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA

Aprobada por el comité de tesis:



Dr. Mariano Flores Dávila

Presidente del jurado



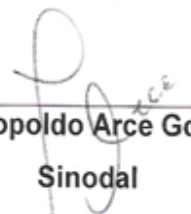
M.C. Rebeca González Villegas

Sinodal



M.C. César Estrada Torres

Sinodal



M.C. Leopoldo Arcé González

Sinodal

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo

Buenavista, Saltillo, Coahuila México



Coordinación  
División de Agronomía

Febrero de 2011

## **AGRADECIMIENTOS**

Gracias a mi "Alma Terra Mater" que formo como profesionista, orgullosamente Ingeniero en Agrobiología, carrera que me propicio conocimientos para ayudar a los agricultores e investigadores para tener un Agricultura Sustentable.

Le agradezco al H. Jurado Examinador por colaborar en este presente trabajo, así mismo todo el esfuerzo, accesibilidad y apoyo que mostraron en todo momento.

Gracias a todos los académicos que contribuyeron para mi formación profesional y aquellos que además de ejercer su rol como académico, los conocí como amigos.

A mis amigos por la convivencia, apoyo que nos brindamos unos a otros, por que no es fácil estar lejos de casa, ser de diferentes estados y tener situaciones similares nos hace mas unidos; juntos e individualmente en nuestra estancia compartimos momentos agradables, fracasos que nos ayudaron hacer mejores, nadie es perfecto y para ser mejores cada día hay que aprender de nuestros errores; amigos que toman diferentes caminos, en donde quiera que se encuentren llevaran el lema de ser orgullosamente "buitres".

## **DEDICATORIA**

Mi tesis es dedicada especialmente a mis padres, Javier Zúñiga Olvera y Esther Silvestre Linares, que juntos han superado obstáculos para cumplir sus objetivos y a llegar a la meta, padres les agradezco todo su esfuerzo que me han brindado para mi formación personal y sobre todo su apoyo para lograr una de mis metas en la vida ser profesionista, sin ustedes hubiera sido difícil el transcurso de este camino y llegar hasta el final.

### **“PADRES GRACIAS”**

A mis hermanos quienes siempre me han apoyado en todo momento, unidos siempre superamos problemas para ser mejores, hemos aprendido que además de ser hermanos somos amigos y que siempre a pesar de las adversidades estaremos juntos; como me dijo mi padre, palabras que no olvido:

### ***“SOMOS UN EQUIPO”***

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	III
<b>DEDICATORIA</b> .....	IV
<b>INDICE DE CONTENIDO</b> .....	V
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	VII
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	VIII
<b>RESUMEN</b> .....	IX
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>OBJETIVO</b> .....	2
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	3
Importancia de los cultivos .....	3
Maíz ( <i>Zea mays L.</i> ).....	3
Trigo ( <i>Triticum aestivum L.</i> ).....	6
Chile ( <i>Capsicum annum L.</i> ).....	10
Tomate ( <i>Lycopersicum esculentum L.</i> ).....	12
Problemas de los pesticidas.....	14
Alelopatía .....	15
Beneficios de la Alelopatía.....	15
Conceptos de la Alelopatía.....	16
Tipos de alelopatía.....	17
Mecanismos alelopáticos y distribución geográfica de especies.....	19
Inducción de compuestos aleloquímicos por estrés ambiental.....	20
Clasificación de los Aleloquímicos.....	21
Biosíntesis de aleloquímicos.....	25
Modo de acción de los inhibidores alelopáticos.....	28
Estudio potencial de plantas alelopáticas.....	30
Generalidades del pirul ( <i>Schinus molle L.</i> ) .....	34
Clasificación Taxonómica.....	34
Origen.....	34

Distribución.....	34
Descripción Botánica.....	34
Aspectos fisiológicos.....	36
Estudios con la semilla.....	36
Importancia.....	37
Composición Química.....	38
Métodos de extracción de sustancias alelopáticas.....	39
Elaboración de extractos.....	41
<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>42</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>44</b>
Porcentaje de germinación en maíz ( <i>Zea mays L.</i> ).....	44
Porcentaje de germinación en trigo ( <i>Triticum aestivum L.</i> ).....	45
Porcentaje de germinación en chile ( <i>Capsicum annum L.</i> ).....	45
Porcentaje de germinación de tomate ( <i>Lycopersicum esculentum L.</i> ).....	46
Longitud del hipocotílo y epicotílo del maíz ( <i>Zea mays L.</i> ).....	47
Longitud del hipocotílo y epicotílo del trigo ( <i>Triticum aestivum L.</i> ).....	48
Longitud del hipocotílo y epicotílo en chile ( <i>Capsicum annum L.</i> ).....	49
Longitud del hipocotílo y epicotílo en Jitomate ( <i>Lycopersicum esculentum</i> ).....	50
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>52</b>
<b>LITERATURA CITADA.....</b>	<b>53</b>
<b>APENDICES .....</b>	<b>56</b>

## INDICE DE FIGURAS

Nº		Pág.
1	Vías a través de las cuales se liberan las sustancias alelopáticas al medio ambiente.....	20
2	Esquema de Inducción de compuestos aleloquímicos por estrés ambiental.....	21
3	Estructura química de algunos agentes alelopáticos.....	25
4	Ruta de biosíntesis de aleloquímicos.....	26
5	Esquema del proceso del fenilpropanoide.....	27
6	Esquema del proceso de los isoprenoides.....	28
7	Estudio Potencial de Plantas Alelopáticas.....	33
8	Porcentaje de germinación en maíz ( <i>Zea mays L.</i> ).....	44
9	Porcentaje de germinación en trigo ( <i>Triticum aestivum L.</i> ).....	45
10	Porcentaje de germinación en chile ( <i>Capsicum annum L.</i> ).....	46
11	Porcentaje de germinación de tomate ( <i>Lycopersicum esculentum L.</i> ).....	47
12	Longitud del hipocotilo y epicotilo del maíz ( <i>Zea mays L.</i> ).....	48
13	Longitud del hipocotilo y epicotilo del trigo ( <i>Triticum aestivum L.</i> )....	49
14	Longitud del hipocotilo y epicotilo en chile ( <i>Capsicum annum L.</i> )....	50
15	Longitud del hipocotilo y epicotilo en Tomate ( <i>Lycopersicum esculentum L.</i> ).....	51

## RESUMEN

Los cultivos de maíz y trigo son cereales que tienen una amplia importancia en México y a nivel mundial, así mismo las hortalizas tienen una relevante importancia entre ellas el tomate y el chile, tienen una amplia producción a nivel Nacional e Internacional, su proceso de producción comprende actividades de aplicación de plaguicidas y fertilizantes, los cuales provocan daño a la salud humana y los animales, esta situación en las últimas décadas a preocupado al hombre, dicha situación lo impulsa a buscar nuevas alternativas ecológicas que permitan ser más cuidadosos con el medio ambiente; la alelopatía es una alternativa en la agricultura orgánica, diversas plantas presentan metabolitos secundarios los cuales tienen una función alelopática contra otros vegetales, como fue el caso del Pirul (*Schinus molle* L.) que por sus antecedentes se utilizó para el presente trabajo como extracto, para evaluar su efecto sobre la germinación, crecimiento y desarrollo del hipocotilo y epicotilo en semillas de maíz, trigo, chile y tomate en laboratorio. El estudio se llevó a cabo en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, estableciendo en el experimentos siete tratamientos los cuales fueron de 2,000ppm; 1,500ppm; 1,000ppm; 600ppm; 300 ppm y dos testigo T1 con agua y el T2 agua mas tween20, con cuatro repeticiones y cuatro muestreos (el primero a los 9, 11, 13 y 15 días, en el último día de muestreo se hicieron las mediciones de hipocotilo y epicotilo), para analizar los resultados obtenidos se utilizó el paquete de diseños experimentales de la Universidad de Nuevo León-Facultad de Agronomía, obteniendo como resultado que en dosis bajas de 600 ppm fue donde se obtuvieron los más altos porcentajes de germinación, crecimiento y desarrollo del hipocotilo y epicotilo, todos los casos (maíz, trigo, chile y tomate), caso contrario a dosis altas de 2,000ppm que presentaron inhibición en germinación, crecimiento y desarrollo del hipocotilo y epicotilo, todos los casos (maíz, trigo, chile y tomate), con respecto al testigo.

**Palabras claves:** Maíz, Trigo, Chile, Tomate, sustancias alelopáticas.



## INTRODUCCIÓN

Uno de los hábitats más intensiva y extensivamente manipulados son los agroecosistemas, el manejo de dichos ecosistemas es crucial, no sólo porque proveen los alimentos para la población humana, sino por las repercusiones de las actividades involucradas en su manejo, como la aplicación de plaguicidas y fertilizantes, y la reducción de la diversidad biológica; además Peres *et. al.*, (2007) mencionan que la Organización Mundial de la Salud estima que entre tres y cinco millones de personas se contaminan cada año en todo el mundo con pesticidas; esta situación en las últimas décadas, ha preocupado la sostenibilidad de esta actividad y se sugiere que ello depende del conocimiento de los procesos ecológicos que permitan ser más cuidadosos con el manejo del ambiente (Zamorano, 2006)

En la naturaleza, la presión ejercida por factores bióticos y abióticos a los que están expuestos los vegetales ha provocado el desarrollo de numerosas rutas de biosíntesis, a través de las cuales los vegetales sintetizan y acumulan en sus órganos una gran variedad de metabolitos secundarios, que les permiten una mejor adaptación a su medio (*Sampietro D. y Sampietro A. 2003*) dicha característica origina la alelopatía, que es definida como la influencia directa de un compuesto químico liberado por una planta sobre el desarrollo y crecimiento de otra planta; los compuestos alelopáticos pueden ser liberados de las plantas al ambiente por medio de la exudación de las raíces, lixiviación, volatilización y descomposición de los residuos de las plantas en el suelo (FAO, 2004).

El pirul es una planta que contiene metabolitos secundarios como son taninos, flavonoides libres y combinados, carbohidratos, antocianidinas, saponinas, ácido linoleico, behémico, lignocérico, triterpenos y glicósidos, los cuales hacen posible que la planta brinde beneficios de aspecto medicinal, insecticida, bactericida (Carrere, 2009), otros estudios han demostrado que inhiben el crecimiento de plantas vecinas al liberar tanto toxinas volátiles, como solubles en agua (Anaya,

2003). Por lo anterior mencionado se plantea el siguiente objetivo; Determinar el efecto alelopático del extracto vegetal de Pirul (*Schinus molle L.*) sobre las semillas de maíz, trigo, jitomate y chile en laboratorio.

### **OBJETIVO GENERAL**

Determinar el efecto alelopático del extracto vegetal de Pirul (*Schinus molle L.*) sobre las semillas de maíz, trigo, jitomate y chile en laboratorio.

## **REVISIÓN DE LITERATURA**

### **Importancia de los cultivos**

#### **Maíz (*Zea mays L.*)**

Los principales países productores de maíz en el mundo son Estados Unidos de América, China, Brasil y México ocupando el cuarto lugar pero también es un importante consumidor del mismo, aunque se cubre la totalidad de la demanda del maíz blanco con la producción nacional, el país es deficitario en maíz amarillo, que tiene diversos usos, principalmente pecuario, por lo cual se tienen requerimientos de importación superiores a los 5 millones de toneladas promedio anual (SIAP, 2009).

Durante el periodo de 1996-2006, las importaciones de maíz representaron, en promedio, el 39 % de la producción nacional (sin contar 1997, cuando dicha participación bajo a 14 %). En 2006, las importaciones fueron equivalentes a 7.53 millones de toneladas de maíz amarillo y blanco; la participación del primero en este total representó el 97 %, en tanto que la del segundo significó 3 %, el principal proveedor del maíz grano requerido por México es Estados Unidos (SIAP, 2010).

En México se producen diversas variedades, sin embargo la más importante es la del maíz blanco, cuya participación en la producción total de maíz fue de 94% promedio en el bienio 2004-2005. En tanto que la participación del maíz amarillo significó el 6 % en promedio durante el periodo de referencia (SIAP, 2010).

Durante el periodo 1996-2006 se produjo un promedio anual de 19.3 millones de toneladas de grano objeto de estudio, con un valor promedio anual de 29,090 millones de pesos corrientes. La tasa media anual de crecimiento (TMAC) del volumen de producción por régimen hídrico fue de 4.4 % bajo condiciones de riego y 0.4 % en lo que toca al régimen de temporal. Las exportaciones de maíz en México han sido poco significativas y muy fluctuantes a través de los años,

fundamentalmente de maíz blanco, los países hacia a los que se destinan las exportaciones de México de maíz blanco son principalmente de Centroamérica (SIAP, 2010).

### **Descripción**

El maíz es una planta gramínea originaria de América, que se extendió por todo el mundo, la planta es de porte robusto de fácil desarrollo y de producción anual, el tallo es simple y erecto, de elevada longitud, pudiendo alcanzar los cuatro metros de altura, es robusto y sin ramificaciones, no presenta entrenudos y una medula esponjosa, si se realiza un corte transversal (SIAP, 2010).

La reproducción del maíz se efectúa mediante una espiga o inflorescencia masculina que presenta una panícula de coloración amarilla que posee una cantidad elevada de polen en el orden de 20 a 25 millones de granos, en cada florecilla que compone la panícula se presentan tres estambres donde se desarrolla el polen, la mazorca o inflorescencia femenina marca un menor contenido en granos de polen, alrededor de los 800 o 100 granos y se forma en unas estructuras vegetativas denominadas espádices que se disponen en forma lateral ; las hojas son largas de gran tamaño, lanceoladas, alternas, paralelinervias, se encuentran abrazadas al tallo y por el haz presentan vellosidades, los extremos de las hojas son muy afilados y cortantes, las raíces son fasciculadas (SIAP, 2010).

### **Clima**

El Maíz requiere una temperatura de 25 a 30 °C, así como bastante incidencia de luz solar, para que se produzca la germinación en la semilla la temperatura debe situarse entre los 15 a 20 °C, llega a soportar temperaturas mínimas de 8 °C y a partir de los 30 °C, pueden aparecer problemas serios debido a mala absorción de nutrientes minerales y agua, para la fructificación se requieren temperaturas de 20 a 32 °C. Es un cultivo exigente en agua en el orden de unos 5 mm al día, las necesidades hídricas van variando a lo largo del cultivo y cuando las plantas

comienzan a nacer se requiere menos cantidad de agua manteniendo una humedad constante, en la fase del crecimiento vegetativo es cuando más cantidad de agua se requiere, siendo la fase de floración el periodo más crítico porque de ella va a depender el cuajado y la cantidad de producción obtenida. Se adapta muy bien a todos tipos de suelo pero suelos con PH de 6 a 7 son a los que mejor se adapta, también requiere suelos profundos, ricos en materia orgánica, con buena circulación del drenaje para no producir encharques que originen asfixia radicular (SIAP, 2010).

### **Siembra**

Se puede realizar de forma manual depositando la semilla en el surco o puede sembrarse con maquinaria de precisión, se lleva a cabo cuando la temperatura del suelo alcance un valor de 12 °C, se siembra a una profundidad de 5 cm en llano o a surcos. La separación de las líneas es de 0.8 a 1 m y la separación entre las plantas de 50 a 80 cm (SIAP, 2010).

### **Cosecha**

Cuando se realiza en forma manual en la denominada “pizca”, que significa separar de la planta las mazorcas para llevarlas a un secado final para almacenar o para desgranar y conservar el grano. En la recolección de las mazorcas de Maíz se aconseja que no exista humedad en las mismas, más bien que se encuentren secas. Otra forma de recolección es de manera mecanizada donde se obtiene una cosecha limpia, sin pérdidas de grano y más sencilla, para las mazorcas se utilizan las cosechadoras de remolque o bien las cosechadoras con tanque incorporado y arrancan la mazorca del tallo, previamente se secan con aire caliente y pasan por un mecanismo desgranador y una vez extraídos los granos se vuelven a secar para eliminar el resto de humedad. Las cosechadoras disponen de un cabezal por donde se recogen las mazorcas y un dispositivo de trilla que separa el grano de la mazorca, también se encuentran unos dispositivos de limpieza, mecanismos reguladores del control de la maquinaria y un tanque o depósito donde va el grano de Maíz limpio.

Otras cosechadoras de mayor tamaño y más modernas disponen de unos rodillos recogedores que van triturando los tallos de la planta, trabajan a gran anchura de trabajo de 5 a 8 filas la mazorca igualmente se tritura y por un dispositivo de dos tamices la cosecha se limpia, para la conservación del grano se requiere un contenido en humedad del 35 al 45 % (SIAP, 2010).

## **Usos**

El Maíz Grano Blanco se utiliza principalmente para la elaboración de las tradicionales tortillas y tamales, pero también se puede obtener aceite o en la fabricación de barnices, pinturas, cauchos artificiales y jabones, el Maíz Grano Amarillo también se puede utilizar para consumo humano en una amplia variedad de platillos, sin embargo, en la actualidad se tiene como destino el consumo pecuario en la alimentación del ganado y en la producción de almidones (SIAP, 2010).

## **Trigo (*Triticum aestivum* L.)**

La producción mundial de trigo se centra en pocos países destacando Australia, Canadá, China, Estados Unidos, India, Pakistán, Rusia, Turquía, Ucrania y la Unión Europea concentran poco más del 80 % de esa producción. En el ámbito internacional, México tiene escasa participación en cuanto a producción de trigo se refiere, sus principales zonas productoras sobresalen Sonora, Guanajuato, Sinaloa y Baja California por la alta participación de las superficies que se destinan a este cultivo y el nivel de producción que alcanzan (SIAP, 2010).

A partir de la década de los cincuenta se inició en nuestro país un ambicioso proyecto denominado "Revolución Verde", dando como resultado el Centro Internacional de Mejoramiento del Maíz y del Trigo (CIMMYT). Por los resultados obtenidos, se puede considerar a México como uno de los países más importantes del mundo en cuanto al mejoramiento genético del trigo. En ese sentido, las variedades de trigo que se desarrollan y utilizan en nuestro país y en algunas partes del mundo, tienen como propósito incrementar el rendimiento, lograr una mayor

resistencia a la sequía y ser de alta calidad para la industria fabricante de harinas y pastas alimenticias, estas variedades en términos generales han dado buenos resultados, principalmente en cuanto al rendimiento, ya que al compararlos, México supera a Estados Unidos y Canadá en ese rubro, en México el rendimiento promedio es de 4.1 ton/ha, mientras que en Estados Unidos es de 2.5 y, en Canadá, de 2.1 ton/ha. En este esfuerzo las políticas instrumentadas por los gobiernos han jugado un papel muy importante al buscar satisfacer la demanda interna de trigo y garantizar la seguridad alimentaria del país (SIAP, 2010).

Así mismo el trigo ocupa el segundo lugar en el mundo, después del maíz, aunque para consumo humano es el grano que tiene mayor importancia alrededor del 75 % se consume de manera directa, esto es a través de productos finales como pan, harina y pastas alimenticias, el 15 % de forma indirecta a través de productos animales y el resto se emplea como semilla; básicamente en México se cultivan cinco tipos de trigo, que se clasifican de acuerdo con su dureza, elasticidad y tenacidad: cristalino, suave, fuerte, medio y tenaz, con todos los trigos se pueden producir harinas, que a su vez sirven para fabricar pan, pastas y galletas; en algunos casos, los trigos duros se utilizan para alimentar al ganado. A diferencia del maíz, que una parte importante de la producción se destina al autoconsumo en áreas de temporal, el trigo se comercializa en su totalidad en ambos ciclos agrícolas (SIAP, 2010).

Nuestro país no ha sido ajeno a la globalización de los sistemas alimentarios, por lo que de manera progresiva se ha introducido el consumo de derivados del trigo como el pan, las galletas y las pastas alimenticias, productos que en las zonas urbanas compiten abiertamente con los derivados del maíz, a diferencia de México, cuyas culturas prehispánicas dependían del maíz para su alimentación, en otras regiones del mundo predomina desde sus orígenes el consumo de trigo (SIAP, 2010).

A diferencia de otros cultivos, tal vez el trigo sea el que incorpore los adelantos tecnológicos más avanzados en cuanto a tecnología agronómica se refiere, lo que ha dado como resultado altos rendimientos, sobre todo en las zonas de riego, estos adelantos se ofrecen bajo en nombre de paquetes tecnológicos y requieren de cierto

tipo de tierras, la disponibilidad de insumos y el agua. La característica de las tierras es que deben ser planas o casi planas, de tal manera que puedan permitir el uso de maquinaria agrícola; esta situación más el clima predominante en la región noroeste del país (hay que recordar que el trigo requiere de ciertas horas-frío para que inicie su germinación) hacen posible que los principales centros productores del cereal se localicen en Baja California, Chihuahua, Sinaloa y Sonora, además de Guanajuato, Jalisco y Michoacán, en el centro del país (SIAP, 2010).

Entonces, de manera sintética se puede decir que la mayor producción de trigo proviene de tierras de riego, que se produce en el ciclo Otoño-Invierno y otra proporción, la menor, se origina en el Primavera-Verano, ciclo en el que predomina el régimen hídrico de temporal (SIAP, 2010).

Asimismo, es la base de la alimentación de alrededor del 35 % de la población mundial y proporciona más de las calorías y proteínas en la dieta mundial que cualquier otro grano en diferencia de otros, el del trigo contiene un gluten con proteína que permite producir una amplia variedad de productos finales (SIAP, 2010).

Por otro lado, el trigo debe tener un proceso industrial antes de ser consumido por la población, el proceso de conversión de trigo-harina-derivados se efectúa en molinos ubicados en ciertas regiones de la República Mexicana, cabe señalar que en este proceso se obtiene también el salvado, que se utiliza sobre todo para el consumo animal (SIAP, 2010).

### **Descripción**

Planta gramínea anual con espigas de cuyos granos molidos se saca la harina. La forma del grano de Trigo es ovalada con extremos redondeados, en uno de ellos sobresale el germen y en el otro hay un mechón de pelos finos conocido como el pincel; los granos de Trigo común pueden ser blandos o duros. En el fondo del surco hay una zona vascular fuertemente pigmentada; la altura de la planta que varía entre 30 y 150 cm; el tallo es recto y cilíndrico; la hoja es lanceolada, con un ancho de 0.5 a 1 cm y una longitud de 15 a 25 cm, cada planta tiene de 4 a 6 hojas (SIAP, 2010).



## **Clima**

El mejor cultivo del Trigo se consigue en terreno cargado de marga y arcilla, aunque el rendimiento es satisfactorio en terrenos más ligeros. Prospera en climas sub-tropicales, moderadamente templados y moderadamente fríos; lo más apropiado es una pluviosidad anual de 229 a 762 mm, más abundante en primavera que en verano, la temperatura media en el verano debe ser de 13 °C o más(SIAP, 2010).

## **Siembra**

La cantidad de semilla depende del tipo de Trigo, en el que se siembra al voleo se emplean de 150 a 180 kg/ha, y si se realiza en líneas esta cantidad disminuye de 120 a 125 kg/ha, si el Trigo se destina a forraje verde se emplea mayor cantidad de semilla (SIAP, 2010).

## **Cosecha**

El momento más conveniente para realizar la siega o cosecha es aquel en que los tallos han perdido por completo su color verde y el grano tiene suficiente consistencia. El corte del tallo se lleva a cabo a unos 30 cm del suelo y es regulada por la cosechadora. Los Trigos de invierno suelen cultivarse en las zonas templadas (SIAP, 2010).

## **Usos**

Consumo humano y en la industria de la panificación, pastas y galletas. Hay cinco grupos: cuatro de ellos son panificables y el quinto es cristalino. Es uno de los cereales más usados en la elaboración de alimentos (SIAP, 2010).

## **Chile (*Capsicum annum L.*)**

El chile es la principal especie hortícola en México y en todo el mundo, se cultiva de diferentes formas y tamaños, se consume fresco, fermentado o deshidratado, además es utilizado como condimento debido principalmente a su sabor picante (SIAP, 2010).

A nivel mundial, China es el mayor productor de chile después México, Turquía, Estados Unidos., España e Indonesia. A la vez, Estados Unidos, Alemania, Reino Unido, Francia, Holanda y Canadá son los principales países importadores, estos países realizan importaciones, principalmente, de diciembre a abril. Para el 2006, el valor promedio de 1 kg de fruta fresca en el mercado de Miami, Estados Unidos, varió de 1-3.5 dólares norteamericanos (Azofeifa *et al.*, 2008).

En México el chile se cultiva en todo el territorio nacional desde el nivel del mar hasta altitudes de 2,500 msnm, los principales estados productores de chile son el estado de Zacatecas, Chihuahua, Sinaloa y San Luís Potosí (García *et al.*, 2006).

### **Descripción**

El chile es una planta de comportamiento anual y perenne, tiene tallos erectos, herbáceos y ramificados de color verde oscuro, el sistema de raíces llega a profundidades de 0.70 a 1.20 m, y lateralmente hasta 1.20 m la altura promedio de la planta es de 60 cm; las hojas son planas, simples y de forma ovoide alargada, las flores son perfectas (hermafroditas), formándose en las axilas de las ramas; son de color blanco y a veces púrpura, el fruto en algunas variedades se hace curvo cuando se acerca a la madurez; el color verde de los frutos se debe a las altas cantidades de clorofila acumulada, los frutos maduros toman color rojo o amarillo debido a pigmentos (licoperisina, xantofila y caroteno), la picosidad es debida al pigmento capsicina.

## **Clima**

El chile es sensible a las temperaturas bajas, sin embargo prospera entre 0 y 2,500 msnm de preferencia libre de heladas, una mejor germinación en un período de 9 a 12 días es posible lograrse bajo condiciones de temperatura de 20 a 30 °C; se considera que una condición de 16 a 32 °C de temperatura, el crecimiento vegetativo y reproductivo se ve favorecido, para el caso de variedades de Chile Dulce, se considera el rango de temperaturas adecuadas para esta etapa de 21 a 30 °C, siempre evitando temperaturas inferiores a los 18 °C condición con la que se inicia la detención del crecimiento. Los suelos más adecuados son de textura ligera; areno-arcillosos; con alta retención de humedad, en general el Chile es poco tolerante a la salinidad; en cuanto al pH, los rangos de adaptación son de 6.3 a 7.0 (SIAP, 2010).

## **Siembra**

El chile se cultiva tanto en forma directa como de trasplante, en la siembra directa, el lomo de los surcos es alisado con tablón para tener una mejor condición de cama de siembra facilitando el desplazamiento de la sembradora mecánica. La siembra mecánica o manual se debe hacer cuando el suelo está debidamente preparado; cuando se utilice sembradora debe estar calibrada a tirar de 100 a 120 semillas/m, a una profundidad de 2 a 3 cm y en hileras sencillas. Bajo el método de siembra a chorrillo (en banda), posterior a la emergencia de plántulas y mediante raleo se debe ajustar la distancia entre plantas a 25 a 30 cm. Cuando la siembra es manual, se depositan de 10 a 15 semillas/mata, con distanciamiento de 50 cm entre las matas (SIAP, 2010).

## **Cosecha**

Se cosecha de manera manual, se utilizan principalmente dos indicadores, la longitud o tamaño y el color para saber el momento adecuado de recolección; como ejemplo, el chile serrano a los 75 días, color verde intenso con 3 a 4 cm de longitud, jalapeño a los 75 días, color verde rojizo de 5 a 7 cm de largo (SIAP, 2010).

## **Uso**

Los usos de los frutos naturales o procesados del Chile son múltiples, aparte del consumo en fresco, cocido, o como un condimento o "especia" en comidas típicas, existe una gran gama de productos industriales que se usan en la alimentación humana: congelados, deshidratados, encurtidos, enlatados, pastas y salsas, se utiliza como materia prima para la obtención de colorantes y de oleoresinas para fines industriales, e incluso para fines medicinales (SIAP, 2010).

## **Tomate (*Lycopersicon esculentum* L.)**

El tomate rojo mexicano es una de las hortalizas que generan más divisas para el país, ya que cerca de 30 % de la producción nacional se exporta, principalmente a los Estados Unidos de Norteamérica, por lo tanto el cultivo depende significativamente del comportamiento del mercado internacional; para el mercado estadounidense en los últimos diez años las exportaciones se incrementaron 67%, en el 2000 el cual México aportó 590 000 ton (80.8 %) de tomate fresco a los Estados Unidos, seguido por Canadá (13.9 %) y los Países Bajos (3.8 %) (SIAP, 2010).

La importancia del tomate mexicano en el mercado estadounidense se relaciona con la cercanía geográfica, competitividad en precio y calidad, buen sabor, larga vida de anaquel y con el descenso de la producción de esta hortaliza en Estados Unidos en el invierno, además la importancia económica que generan sus exportaciones de hortalizas frescas y del tomate rojo, y con su alta dependencia del mercado internacional, ha motivado diversas investigaciones sobre la competitividad

de estos cultivos (Hernández *et al.*, 2004), por lo cual el tomate es una de las principales hortalizas producidas en áreas de riego y temporal por los agricultores, ya que sus precios pueden llegar a ser atractivos, tener una buena aceptación por los consumidores y tener gran captación de divisas para el país (Vargas y Martínez 2004).

### **Descripción**

El tomate rojo (Jitomate), es el nombre común que se le ha dado a esta planta herbácea de tallo voluble, largo; las hojas son lobuladas con los bordes dentados; las flores pentámeras se reúnen en ramilletes laterales y son amarillas; la fruta de forma generalmente redondeada y achatada a excepción de algunas variedades de fruto alargado, el tamaño es variable pero tiende a ser un fruto grande, a veces no es completamente liso sino que presenta gajos más o menos profundos, la sección transversal muestra la epidermis delgada y resistente, color rojo al madurar, al igual que la pulpa, un tanto gelatinosa, que se halla dividida en lóculos que alojan a las semillas. El color del Jitomate, verde al principio y rojo cuando madura, se debe a una sustitución de clorofila en los cromoplastos de las células por carotenos (SIAP, 2010).

### **Clima**

El tomate es una planta versátil que crece bien en casi todos los terrenos y climas, su límite lo establecen las heladas bajo las cuales muere, otro factor que puede afectar su crecimiento son los vientos fuertes y secos. Prefiere los terrenos neutros (pH de 7), sueltos y bien drenados, con un contenido de caliza ideal para su desarrollo, la tierra rica en nutrientes y en especial el estiércol bien descompuesto favorece en engrosamiento de los frutos (SIAP, 2010).

## **Siembra**

La siembra por trasplante se realiza, al aire libre en un lugar protegido de los rayos directos del sol y de los vientos. Lo mejor es utilizar un invernadero o una cajonera con tapa de cristal, para preparar el semillero, se ponen en remojo 24 horas, después se lavan bien y se dejan en la sombra hasta que se secan (SIAP, 2010).

## **Cosecha**

El corte es manual, cuando los tomates empiezan a tomar un tono rallado, el valor nutritivo y el perfume son mayores cuando el tomate madura al sol en pleno campo (SIAP, 2010).

## **Usos**

Su principal utilización es en ensaladas y jugo en fresco, la industria alimenticia actual procesa los jitomates de infinidad de formas, desde jugos, purés, conservas de jitomates enteros y pelados, fritos, en componentes de diversas salsas picantes o dulces, mermeladas, esencia para la elaboración de alimentos, saborizantes y otros productos. Los hay del tipo saladette, bola y cherry (SIAP, 2010).

## **Problemas de los pesticidas**

Zamorano (2006), menciona que uno de los hábitats más intensiva y extensivamente manipulados son los agroecosistemas, el manejo de dichos ecosistemas es crucial, no sólo porque proveen los alimentos para la población humana, sino por las repercusiones de las actividades involucradas en su manejo, como la aplicación de plaguicidas y fertilizantes, ocasionan la reducción de la diversidad biológica; así mismo Peres *et. al.*, (2007) mencionan que la Organización

Mundial de la Salud estima que entre tres y cinco millones de personas se contaminan cada año en todo el mundo con pesticidas.

Otro problema es el control químico de las malezas que origina el desarrollo de biotipos de plantas, las cuales son altamente resistentes a herbicidas. (*Torres. et al., 2003*).

La FAO (2004) reporta que para eliminar la contaminación de molinate y thiobencarp del agua potable en EE.UU. se gastaron \$ 600 000 en asistencia compartida de costos a fin de implementar sistemas de recuperación de aguas en la producción de arroz de California, Estados Unidos de América esto fue un duro golpe para los productores de arroz y también para los consumidores, lo que sugirió la necesidad urgente de supervisar el movimiento de los herbicidas y la contaminación en los arrozales, corrientes de agua, todos los sistemas acuáticos y aún los organismos no objetivo de los herbicidas

Todos estos factores pueden muy bien ofrecer suficientes razones para atraer la atención pública respecto a los efectos negativos de los herbicidas que podrían originarse de la aplicación intensiva de los mismos y su entrada al ambiente, al respecto es imprescindible encontrar una alternativa para esa seria dependencia. Tal alternativa podría ser encontrada en el uso de la alelopatía la cual puede reducir el uso de herbicidas (FAO, 2004).

## **Alelopatía**

### **Beneficios de la alelopatía**

Los benéficos que nos propicia la alelopatía son dar fuerza a la agricultura autosostenible es decir aquella que puede perdurar por tiempo indefinido en beneficio de la humanidad, sin deteriorar el medio ambiente; mejora la calidad de los productos agrícolas, disminuye los costos de producción; preserva los cultivos, los animales y el hombre al tener una alimentación sana (ICPROC, 1998); otros de los beneficios que menciona Zarate, *et al.*, (2006) que son compuestos orgánicos naturales, mejor conocidos como aleloquímicos, los beneficios en el proceso de

producción son muchos, ya que son biodegradables, son persistentes en el suelo, no causan daños en los mantos acuíferos, y sobre todo no son perjudiciales al hombre; así mismo Zamorano( 2006) menciona que brinda una de las ventajas más importantes de los compuestos aleloquímicos el desarrollo de pesticidas naturales que son fácilmente biodegradables y muchos de ellos son seguros y limpios desde el punto de vista ambiental.

### **Conceptos de alelopatía**

En las comunidades vegetales algunas especies regulan a otras produciendo o liberando repelentes, atrayentes, estimulantes o inhibidores químicos, fenómeno que se ha clasificado dentro del concepto de 'ecología química'; el efecto de la interferencia entre especies no sólo se debe a una interacción competitiva, sino además, a la presencia de inhibidores. En los agroecosistemas, la colonización o distribución de las especies indeseables obedece en muchos casos a un proceso químico que ocurre de manera amplia en comunidades naturales y, en parte, es responsable de la distribución o densidad de muchas especies, en este amplio espectro, la alelopatía se ocupa de las relaciones planta-planta y planta-microorganismo (Gómez, *et al.*, 2003), otros autores definen la alelopatía de la siguiente forma:

Sampietro D. y Sampietro A. (2003) mencionan que el término alelopatía proviene del griego *allelon* que significa, uno al otro, y *pathos* que quiere decir sufrir, mencionan que este fenómeno de la alelopatía fue utilizado por primera vez por el científico alemán H. Molisch en 1937 para referirse a los efectos perjudiciales o benéficos que son ya sea directa o indirectamente el resultado de la acción de compuestos químicos que, liberados por una planta, ejercen su acción en otra.

En un concepto general Torres *et al.*, (2003) mencionan que la alelopatía se refiere a cualquier proceso donde haya metabolitos secundarios producidos por plantas, microorganismos, virus y hongos que influyen en el desarrollo de la agricultura y los sistemas biológicos.



Zamorano (2006), menciona que la alelopatía es un mecanismo de interferencia química entre dos seres vivos que, en el ámbito de las especies vegetales, se verifica mediante la supresión de la germinación y el crecimiento de una especie frente a otra, a través de la liberación de sustancias químicas inhibitorias.

La Sociedad Internacional de Alelopatía (AIS) define la actividad alelopática como las relaciones de inhibición o estimulación del crecimiento entre plantas, involucrando bacterias, hongos y algas; en las últimas décadas, esta actividad ha sido promovida en semillas germinadas, plántulas en desarrollo o en campo (Isaza *et al.*, 2007).

## **Tipos de alelopatía**

### **Alelopatía positiva**

Es el efecto benéfico que tiene una planta sobre otra: Ejemplo el frijol verde y la fresa prosperan más cuando son cultivados juntos que cuando se cultivan separadamente; la lechuga sembrada con espinaca se hace mas jugosa; el frijol sembrado con maíz ayuda a repeler y disminuir los ataques del gusano cogollero.

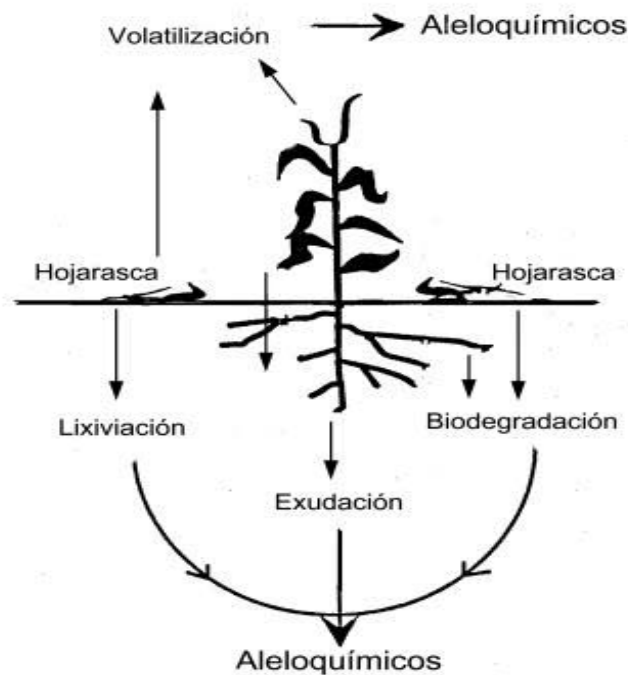
### **Alelopatía negativa**

Es la no convivencia de algunas plantas en un mismo espacio, pues hay determinadas plantas que segregan sustancias tóxicas por sus raíces y hojas impidiendo el desarrollo de las plantas vecinas, como el ajeno, eneldo, diente de león y otras como el eucalipto. Algunas hortalizas no se aconsejan sembrar en asocio, por sus propiedades alelopáticas negativas, se rechazan o tienen una relación de antipatía a estas plantas se les conoce como el nombre de plantas antagónicas (ICPROC, 1998).



## **Mecanismos alelopáticos y distribución geográfica de especies**

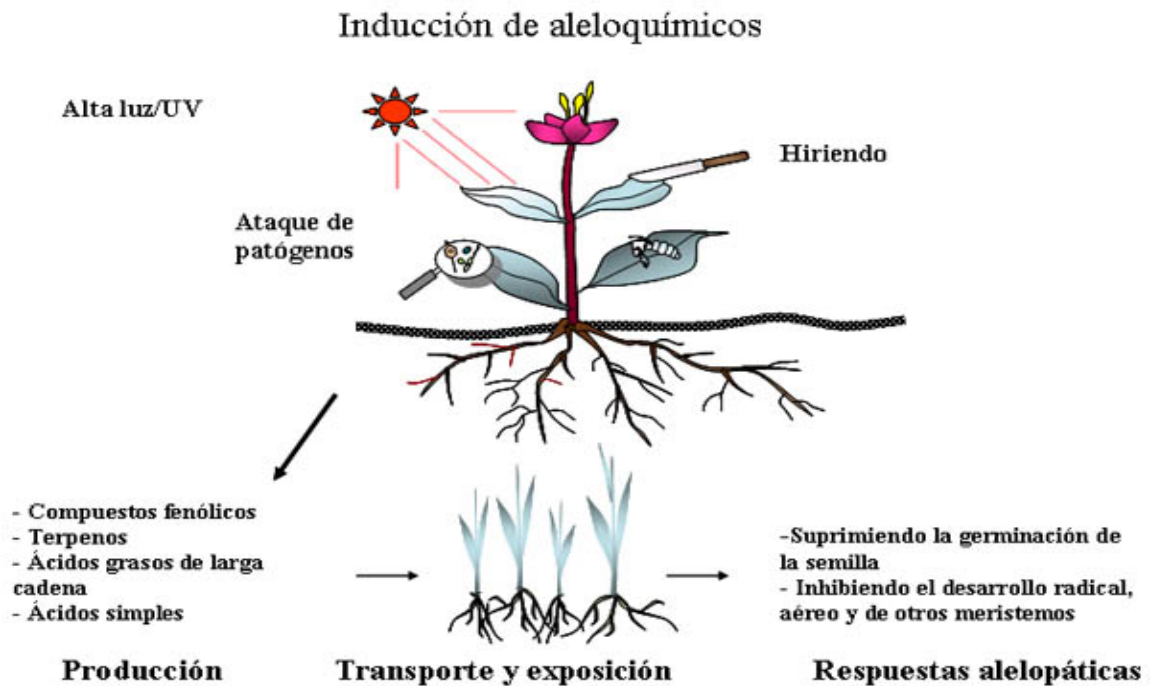
La distribución geográfica de una especie viene determinada, en líneas generales, por las peculiaridades topográficas, edáficas y microclimáticas de la zona donde pretende introducirse; si los límites de tolerancia a alguno de los factores físicos competitivos citados son tolerables, la especie podrá introducirse en la comunidad vegetal; sin embargo, un compuesto químico excretado por una planta puede inhibir y excluir a otra que no le es tolerante, mediante un proceso alelopático, básicamente son cuatro las vías por las cuales las toxinas pueden ser liberadas de una planta al medio ambiente que se muestran en la (Figura 1), lixiviación por la lluvia, eliminación como componentes volátiles, acumulación de residuos vegetales en el suelo con posterior liberación de compuestos químicos orgánicos y exudación por las raíces; cualquiera de ellas, se ha demostrado que es importante en el proceso de la inhibición bioquímica. Los productos orgánicos que producen estas inhibiciones son normalmente sustancias del metabolismo secundario de plantas y están representados una gran variedad de grupos orgánicos. La cantidad de toxinas eliminadas viene influenciada no solamente por condiciones ambientales, también intervienen factores tales como la edad del vegetal, nutrición, luz y humedad influyen cualitativa y cuantitativamente la liberación de las sustancias. En zonas de mayor o menor precipitación, corresponde un tipo de plantas que metabolizan unos productos determinados como medio de ataque o defensa al medio que le rodea, así los mecanismos de lixiviación por la lluvia y la acumulación de residuos vegetales en el suelo son los más importantes en regiones de clima húmedo participando aquí los compuestos fenólicos (hidrosolubles) terpenos y alcaloides, mientras que la acumulación de dichos residuos y la eliminación como componentes volátiles son en climas secos en donde participan los terpenoides, terpenicos es decir volátiles y no solubles en agua (Ballester y Vieitez, 1978).



**Figura 1:** Vías a través de las cuales se liberan las sustancias alelopáticas al medio ambiente.

### **Inducción de compuestos aleloquímicos por estrés ambiental**

Es un hecho conocido que sustancias alelopáticas son inducidas por estreses ambientales como se muestra en la (Figura 2) hasta hace poco tiempo muchos estudios verificaron los mecanismos de un sistema de autodefensa, incluyendo la alelopatía en las plantas, especialmente referida al metabolismo de fenilpropanoides e isoterpenoides. Las plantas responden al estrés ambiental por medio de una variedad de reacciones bioquímicas que pueden proporcionar protección contra los agentes causantes. El incremento de compuestos fenólicos y terpenoides alelopáticos bajo condiciones de estreses ambientales ha sido bien documentado. Por ejemplo, un fortalecimiento de la luz UV-B induce la acumulación de fenilpropanoides y flavonoides en diferentes especies tales como frijoles, perejil, papa, tomate, maíz, centeno, cebada y arroz (FAO 2004).



**Figura 2.-** Esquema de Inducción de compuestos aleloquímicos por estrés ambiental.

### **Clasificación de los Aleloquímicos**

En diferentes especies de plantas se producen diferentes metabolitos secundarios, aunque es frecuente encontrar en una misma planta diversas mezclas de estos, originando combinaciones que varían en su composición y abundancia en las diversas células, tejidos y órganos de la planta, los cuales se modifican con la edad de los mismos y con las condiciones ambientales (Gómez *et al.*, 2003); afectando los procesos fisiológicos de las plantas, los cuales dependerá de la concentración o de las formas en que se utilicen, estas sustancias resultan perjudiciales para otras especies o para la misma que los produce.

Diversos estudios de alelopatía ha permitido obtener una clasificación de los metabolitos secundarios que a continuación se menciona:

**Gases tóxicos:** Entre ellos está el etileno que ha sido utilizado como hormona para favorecer algunas especies vegetales; además en especies de los géneros

*Brassica* y *Sinapsis* (Cruciferae) se han identificado compuestos alelopáticos como el allyl isotiocianato y el  $\beta$ -fenetil isotiocianato.

**Ácidos orgánicos y aldehídos:** Los ácidos alifáticos, algunos de los cuales forman parte del ciclo de Krebs, son inhibidores de la germinación y su efecto se puede separar del causado por el pH bajo de una solución; por otra parte, se ha encontrado que los ácidos alifáticos de bajo peso molecular se forman en la descomposición anaeróbica de residuos de plantas en el suelo.

**Lactonas simples no saturadas:** Entre ellas se encuentra el ácido parasorbico encontrado en *Sorbus aucuparia* L.; otros estudios mencionan la psilotina y psilotinina son producidas por *Psilotum nudum* L. y *Twesiperis tannensis* L. respectivamente, la protoanemonina es producida por varias ranunculáceas, son poderosos inhibidores de crecimiento aunque el rol de estos compuestos en alelopatía no se conoce completamente.

**Alcaloides:** Los alcaloides son potentes inhibidores de la germinación; se han extraído de semillas de tabaco, café y cacao. El picloram es uno de los herbicidas sintéticos reportado como más activo en el mercado, es un derivado clorinado del ácido picolínico, un alcaloide microbial.

La cocaína, cafeína, cinconina, fisostigmina, quinina, cinconidina, estricnina son reconocidos inhibidores de la germinación. La cebada exuda por sus raíces la gramina que inhibe el crecimiento de *Stellaria media*. La cafeína mata ciertas hierbas sin afectar algunas especies cultivadas como, por ejemplo, el poroto.

**Terpenoides y esteroides:** Los monoterpenos son de los aceites esenciales más comunes en plantas y el grupo más grande de inhibidores de crecimiento y germinación.

Frecuentemente estas sustancias se aislaron de plantas que crecen en zonas áridas y semiáridas, los monoterpenos son los principales componentes de los aceites esenciales de los vegetales y son los terpenoides inhibidores de crecimiento más abundantes que han sido identificados en las plantas superiores. Son conocidos por su potencial alelopático contra malezas y plantas de cultivo. Entre los más frecuentes con actividad alelopática se pueden citar el alcanfor, a y b pineno, 1,8-cineol, y dipenteno. Dentro de las plantas que los producen podemos citar los

géneros *Salvia* spp, *Amaranthus*, *Eucalyptus*, *Artemisia*, y *Pinus*. Un sesquiterpeno destacado es el ácido abscísico una importante hormona vegetal y también agente alelopático.

**Compuestos alifáticos:** Que son compuestos poco conocidos por su actividad inhibitoria de la germinación de semillas y el crecimiento de plantas. Comprenden varios ácidos (p.ej. oxálico, crotónico, fórmico, butírico, acético, láctico y succínico) y alcoholes (tales como metanol, etanol, n-propanol y butanol) solubles en agua, que son constituyentes comunes presentes en plantas y suelo. Bajo condiciones aeróbicas los ácidos alifáticos son rápidamente metabolizados en el suelo, por lo cual no pueden considerarse una importante fuente de actividad alelopática.

**Lípidos y ácidos grasos:** Existen varios ácidos grasos tanto de plantas terrestres como acuáticas que son inhibitorios de crecimiento vegetal. Se pueden citar entre otros los ácidos linoleíco, mirístico, palmítico, láurico e hidroxisteárico. Su rol en alelopatía no está completamente investigado.

**Glicósidos cianogénicos:** Entre ellos se encuentran la durrina y amigdalina (o su forma reducida prunasina) de reconocida actividad alelopática. La hidrólisis de estos compuestos da lugar no sólo a cianhídrico sino también a hidroxibenzaldehído que al oxidarse origina el ácido p-hidroxibenzoico, el cual posee por sí mismo actividad alelopática. La durrina es frecuente entre especies tanto cultivadas como silvestres del genero *Sorghum*. Amigdalina y prunasina son frecuentes en semillas de Prunaceae y Pomaceae actuando como inhibidores de germinación. La mayoría de los miembros de la familia Brassicaceae producen grandes cantidades de estos glicósidos, los que por hidrólisis producen isotiocianato con igual actividad biológica.

**Compuestos aromáticos:** Estos comprenden la más extensa cantidad de agentes alelopáticos. Incluye fenoles, derivados del ácido benzoico, derivados del ácido cinámico, quinonas, cumarinas, flavonoides y taninos.

Fenoles simples: Entre ellos las hidroxiquinonas y la arbutina, las cuales inhiben el crecimiento de varias plantas.

Acido benzoico y derivados: Derivados del ácido benzoico tales como los ácidos hidroxibenzoico y vainílico, están comúnmente involucrados en fenómenos alelopáticos. Dentro de las especies que los contienen se pueden citar el pepino, la avena (*Avena sativa L.*) y el sorgo (*Sorghum vulgare L.*). También se detectó la presencia de estos frecuentemente en el suelo.

Acido cinámico y sus derivados: La mayoría de estos compuestos son derivados de la ruta metabólica del ácido shikímico y están ampliamente distribuidos en las plantas. Se identificó la presencia de los mismos en pepino (*Cucumis sativus L.*), girasol (*Helianthus annus L.*) y guayule (*Parthenium argentatum L.*). Otros derivados de los ácidos cinámicos tales como clorogénico, cafeico, p-cumárico, y ferúlico (figura 3) están ampliamente distribuidos en el reino vegetal y son inhibitorios de una gran variedad de cultivos y malezas. Los efectos tóxicos de estos compuestos son pronunciados debido a su larga persistencia en el suelo y muchos derivados del ácido cinámico han sido identificados como inhibidores de la germinación.

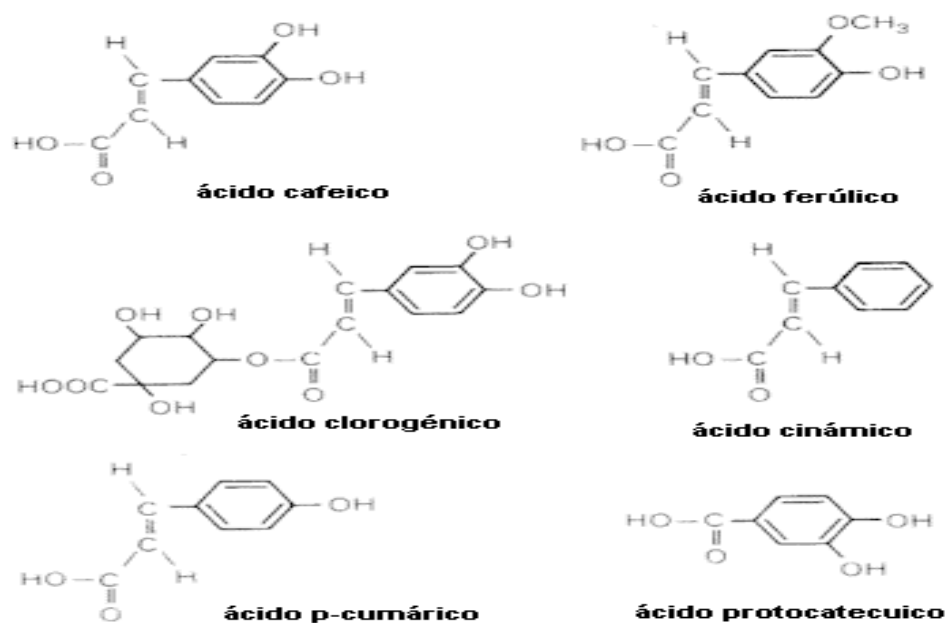
Quinonas y derivados: Algunos compuestos de este grupo se han examinado para su actividad herbicida, y otros tienen comprobados efectos adversos sobre las plantas, varias de las quinonas y sus derivados provienen de la ruta metabólica del ácido shikímico.

Cumarinas: Pertenecen al grupo de las lactonas del ácido o-hidroxicinámico con cadenas de isoprenoides, cumarinas, esculina y psoralen; son potentes inhibidores de la germinación; los inhibidores de este grupo comúnmente son producidos por granos de leguminosas y cereales, las cumarinas están presentes en muchas plantas, la metil esculina fué identificada en Ruta, Avena e Imperata. Compuestos tales como escopolina, escopoletina y furanocumarinas tienen capacidad inhibitoria del crecimiento vegetal.

Flavonoides: Una amplia variedad de flavonoides tales como floridzina (producida por *Malus* y algunas ericáceas) y sus productos de degradación tales como glicósidos de quempferol, quercetina y myrcetina son agentes alelopáticos bien conocidos.



**Taninos:** Los taninos, tanto los hidrolizables como los condensados, tienen efectos inhibitorios debido a su capacidad para unirse a proteínas. Taninos hidrolizables comunes tales como los ácidos gálico, elágico, trigálico, tetragálico y quebúlico están ampliamente distribuidos en el reino vegetal. La mayoría están presentes en suelos de bosques en concentraciones suficientes para inhibir nitrificación. Los taninos condensados, los cuales se originan de la polimerización oxidativa de las catequinas, inhiben las bacterias nitrificantes en suelos forestales y reducen el ritmo de descomposición de la materia orgánica el cual es importante para los ciclos de circulación de minerales en el suelo.



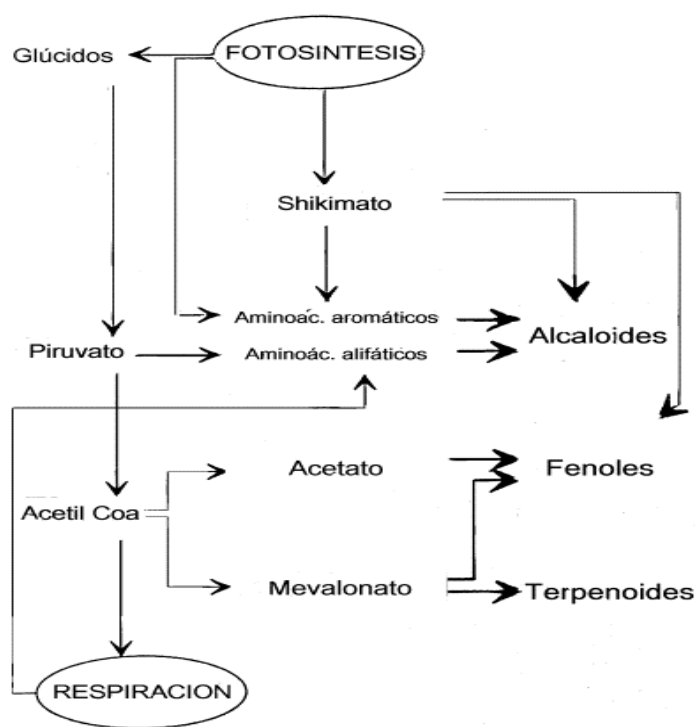
Fuente: Sampietro D. y Sampietro A. 2003.

**Figura 3.-** Estructura química de algunos agentes alelopáticos antes mencionados.

### Biosíntesis de aleloquímicos

La mayoría de los agentes alelopáticos son metabolitos secundarios derivados de las rutas del acetato-mevalonato o del ácido shikímico como se ilustra en la (Figura 4); así mismo provienen de la ruta metabólica del acetato-mevalonato terpenos, esteroides, ácidos orgánicos solubles en agua, alcoholes de cadena lineal, aldehídos alifáticos, cetonas, ácidos grasos insaturados simples, ácidos grasos de

cadena larga, poliacetilenos, naftoquinonas, antroquinonas, quinonas complejas y floroglucinol. Proviene de la vía metabólica del shikímico fenoles simples, el ácido benzoico y sus derivados, el ácido cinámico y sus derivados, cumarinas, sulfuros, glicósidos, alcaloides, cianhidrinas, algunos de los derivados de quinonas y taninos hidrolizables y condensados. Existen también compuestos (p. ej. los flavonoides) en cuya síntesis participan metabolitos de las dos rutas. Como es previsible, las concentraciones de estos compuestos en los tejidos varía según el ritmo de biosíntesis, almacenamiento y degradación. También son afectados por los balances internos de reguladores de crecimiento vegetal y otros factores bióticos y abióticos.



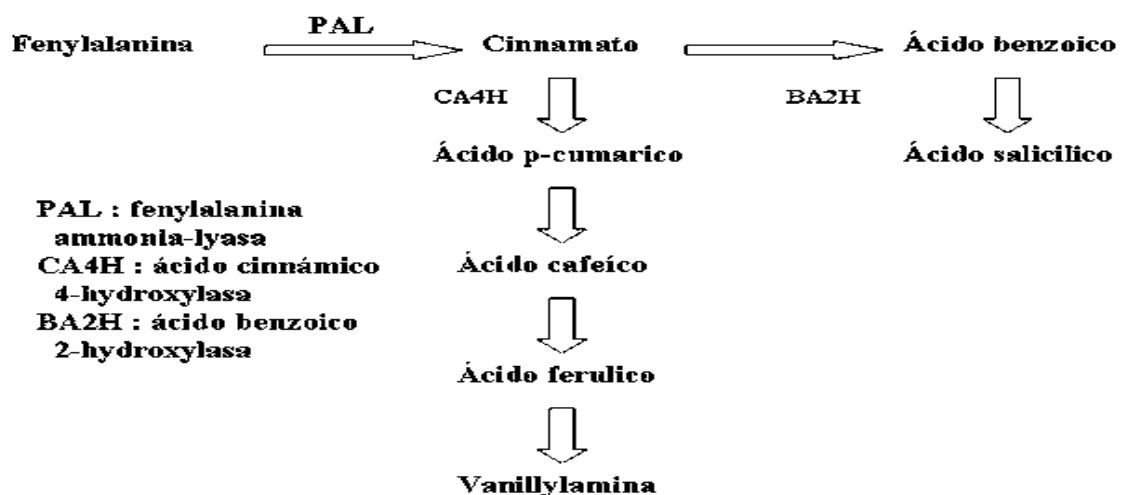
Fuente: Sampietro D. y Sampietro A. 2003.

**Figura 4.-** Ruta de biosíntesis de aleloquímicos

Todos los fenilpropanoides son derivados del ácido cinnámico como se muestra en la (Figura 5) el cual es formado a partir de la fenilalanina por acción catalítica de la fenilalanina amonioliasa (PAL), la enzima ramificada entre el metabolismo primario (proceso «shikimate») y secundario (fenilpropanoide). Se sabe

que muchos compuestos fenólicos no tienen solamente una capacidad fisiológica funcional sino también potencial alelopático para las plantas.

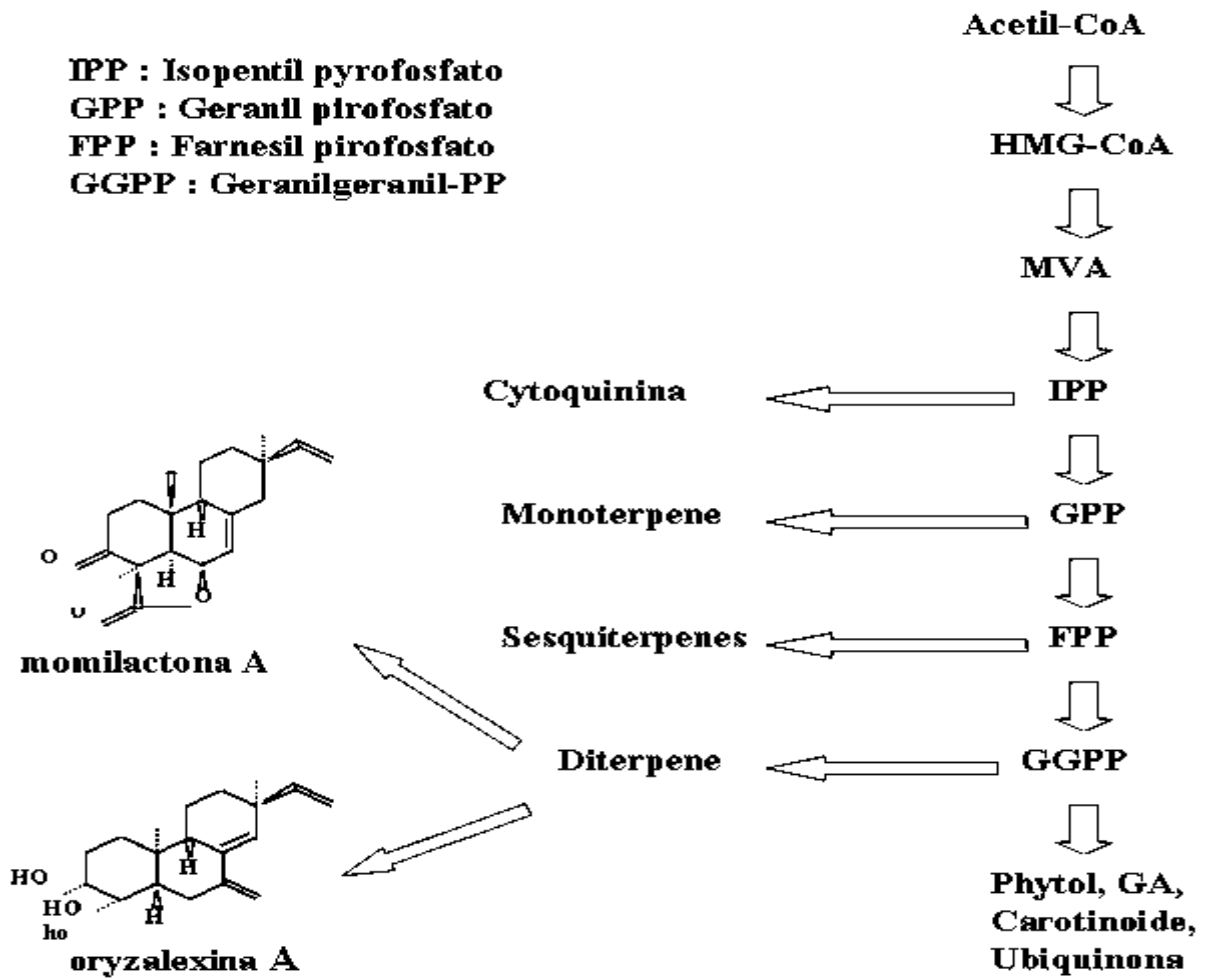
Los terpenoides tienen distintas funciones en las plantas como hormonas (giberelinas, ácido absísico), pigmentos fotosintéticos (fitol, carotenoides), transportadores de electrones (ubiquinona, plastofatos), mediadores de la unión de polisacáridos (fosfatos de poliprenilo) y componentes estructurales de las membranas (fitosteroles). Además de las funciones universales fisiológicas, metabólicas y estructurales muchos compuestos terpenoides específicos (comúnmente en las familias C<sub>10</sub>, C<sub>15</sub> y C<sub>20</sub>) sirven para la comunicación y la defensa. Se ha determinado que terpenoides específicos inducidos han sido correlacionados con interacciones planta-planta, planta-insecto y planta-patógeno.



Fuente: Sampietro D. y Sampietro A. 2003.

**Figura 5.-** Esquema del proceso del fenilpropanoide.

Los compuestos isoprenoides son producidos a partir de unidades isoprenoides C<sub>5</sub> mostrado en la (figura 6) y la clasificación de las diferentes familias de isoprenoides está basada en el número de unidades de isoprenoides C<sub>5</sub> presentes en el esqueleto de los compuestos (FAO, 2004).



Fuente: Sampietro D. y Sampietro A. 2003.

**Figura 6.-** Esquema del proceso de los isoprenoides.

### **Modo de acción de los inhibidores alelopáticos**

El estudio del modo o mecanismo de acción de los productos químicos alelopáticos y sintéticos ha producido grandes descubrimientos para los investigadores, en el caso de uno de los grupos importantes de herbicidas, las acetanilidas, los distintos compuestos tienen acción directa sobre la síntesis de proteínas en las especies susceptibles. Sin embargo, en el caso de los químicos alelopáticos, la diferencia entre los efectos primarios y secundarios ha sido difícil de establecer, y si bien en ambientes aislados pueden aclararse ciertos tópicos, casi siempre queda sin resolver el hecho de si la sustancia con el efecto verificado se

encuentra en el medio natural en las concentraciones necesarias para que se registre el mismo efecto. Así mismo se indican que el efecto inhibitorio de los químicos alelopáticos sobre la germinación y el crecimiento sólo resume el resultado del efecto sobre muchos procesos individuales.

Hay dos modos de acción de compuestos alelopáticos el indirecto y directo:

**Modo de acción Indirecto:** Incluye los efectos ocasionados por la alteración de propiedades del suelo, del estado nutricional y de la actividad de poblaciones de organismos benéficos.

- a) **Efectos en la toma de nutrientes:** Los compuestos alelopáticos afectan en la toma de iones como el K por parte de las plantas.
- b) **Efectos sobre otras poblaciones.** El efecto sobre la actividad de una población benéfica o perjudicial, como microorganismos, insectos o nematodos.

**Modo de acción Directo:** Comprende los efectos sobre varios procesos del crecimiento y el metabolismo de las plantas se clasifican en primarios y secundarios.

a) **Efectos primarios:** involucran procesos metabólicos como:

**Inhibición de la división celular:** En el caso de la disminución de la actividad mitótica de las raíces de plantas, por efecto de un extracto clorofórmico obtenido de *Raphanus sativus L.*

**Inhibición de la fotosíntesis.** En lo relacionado con la apertura de estomas y la síntesis de pigmentos clorofílicos.

**Efectos en la respiración:** Estudios han demostrado que el efecto de la juglona sobre la fosforilación oxidativa indica que los aleloquímicos pueden estimular o inhibir la respiración, proceso esencial de producción de energía metabólica. En el caso de la estimulación, la secuencia de la fosforilación oxidativa puede ser desacoplada, resultando en una ausencia en la fosforilación del ATP. Muchos compuestos aislados del suelo han mostrado su poder inhibitorio sobre la respiración de las raíces de las plantas.

**Efectos sobre la síntesis de proteínas.** Para monitorear este tipo de efectos de los aleloquímicos, se han utilizado azúcares y aminoácidos marcados con  $^{14}\text{C}$ .

**Cambios en la permeabilidad de las membranas:** Estudios han demostrado que los compuestos fenólicos aumentan el flujo de  $\text{K}^+$  de los tejidos de las raíces; el sitio de acción inicial es el plasmalema; a bajo pH este y el tonoplasto causan pérdidas masivas de  $\text{K}^+$ .

**Inhibición de la actividad de enzimas:** Una gran variedad de enzimas es inhibida por la presencia de aleloquímicos; los taninos inhiben la actividad de peroxidasa, catalasa, celulasa, poligalacturonasa, amilasa y otra variedad de enzimas, además compuestos que presentan aceites esenciales inhiben la asparagina sintetasa.

**b) Efectos Secundarios:** Incluyen los siguientes procesos:

**Interferencia con la germinación:** Los frutos y semillas que contienen compuestos fenólicos, flavonoides o sus glucósidos, así como taninos, investigaciones muestran que estos compuestos actúan como agentes inhibidores de germinación.

**Interferencia con el crecimiento:** Estudios con extracto de *Raphanus sativus L.* se ha demostrado que afecta el crecimiento de plántulas de achicoria (*Cichorium intybus L.*), así mismo lixiviados del suelo y de residuos descompuestos de *Lolium multiflorum L.*, logrados con lluvia artificial, resultaron tóxicos para el crecimiento de plántulas de avena.

### **Estudio potencial de plantas alelopáticas**

El proceso de identificación de plantas alelopáticas consiste en cinco grandes apartados descritos por (Ballester y Vieitez ., 1978): estudio del área, estudio del suelo, trabajo en el laboratorio, trabajo en el invernadero y experiencias de campo resumido este proceso en la (Figura 7).

1) **Estudio del área:** El primer paso que debe darse en el estudio de la alelopatía es el determinar el área objeto del trabajo, en el cual una planta, potencialmente

alelopática, es la especie dominante o está en vías de serlo por eliminación de especies vecinas. Deberá estudiarse botánicamente - la zona y, a ser posible, hacer una historia bibliográfica de la misma al objeto de conocer la evolución que ha seguido a lo largo del tiempo la composición vegetal.

También, deberá definirse geográfica y climatológicamente dicha zona para conocer datos tales como precipitación anual, dirección más frecuente de los vientos, temperaturas medias anuales.

2) **Estudio del suelo:** Se debe determinar las características del suelo en cuanto a profundidad, composición, pH, macro y micronutrientes e incluso hacer un estudio de su microbiología: todo ello puede indicarnos si la especie dominante lo es porque el suelo posee algún factor determinado que facilite su presencia, o bien, porque realmente se produce un mecanismo alelopático.

Si efectivamente, con estos estudios previos, seguimos suponiendo que el fenómeno es alelopático, se pueden iniciar los estudios de laboratorio; si fuesen negativos, habrá que pensar que la inhibición observada se produce por mecanismos competitivos.

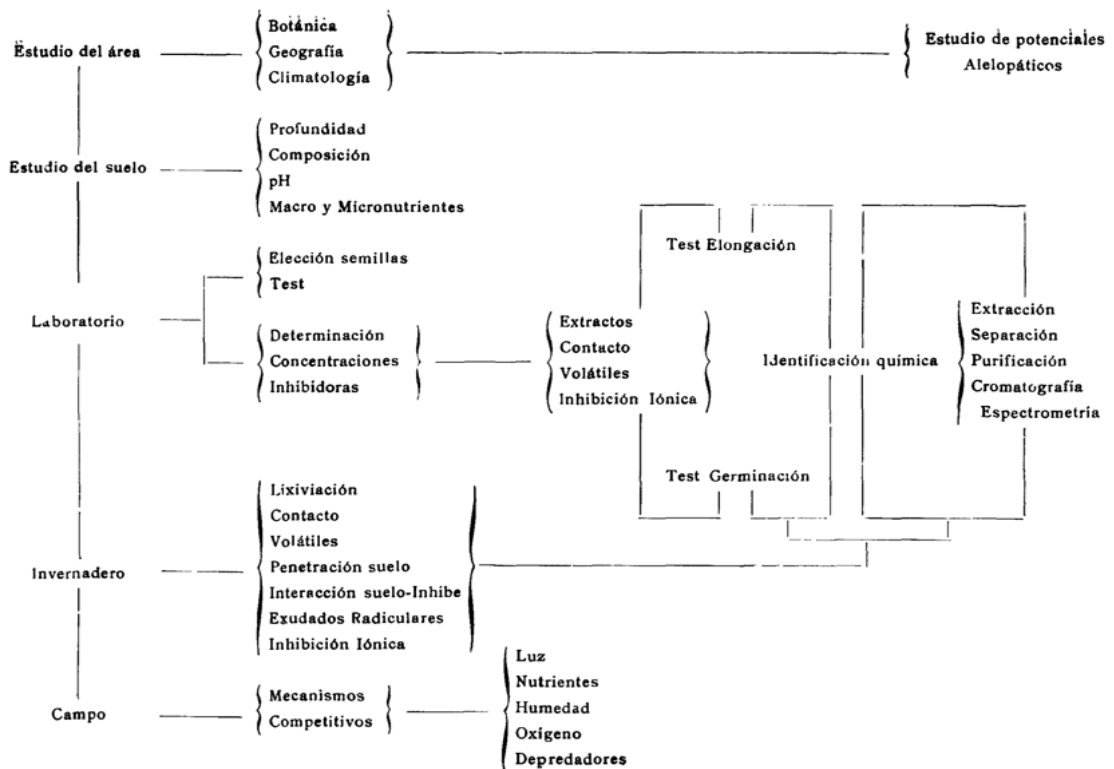
3) **Estudio en laboratorio:** En el laboratorio se eligen semillas-test con las que se determinará la actividad biológica de la planta objeto de estudio; esta elección debe hacerse de acuerdo con lo observado en el campo, es decir, las semillas-test deben ser de las mismas especies que son inhibidas en la zona objeto de estudio, una vez elegidas, se realizan los ensayos de elongación y germinación: de extractos (como agente extractante deberá usarse siempre agua, por ser la extracción acuosa ecológicamente más significativa que la extracción orgánica), de contacto, de compuestos volátiles y el biohistograma que parcialmente ayudará a conocer la identidad química de los inhibidores . Deberá determinarse la concentración de planta que produce una inhibición significativa: si esta concentración es muy elevada, la inhibición obtenida lo podrá ser por un efecto iónico, debido a las sales minerales presentes en el extracto acuoso, lo que no sería ya un proceso alelopático, por ejemplo se a encontrado que la germinación de semillas de remolacha era totalmente inhibida por disoluciones que contenían 0,40 M de K<sup>+</sup> (como nitrato o cloruro"), o bien 0,30 M de Na<sup>+</sup> (también como nitrato o cloruro"); así mismo la germinación de

las semillas de trébol es parcialmente inhibida por disoluciones 0,05 M de C1K, y totalmente por disoluciones 0.1 M. Una vez observada la inhibición, el paso siguiente es el estudio químico de los compuestos orgánicos responsables de la misma. Una de las técnicas es el estudio de compuestos fenólicos como agentes alelopáticos presentes en diferentes especies de Ericáceas han sido descritas recientemente, estas técnicas llevan a la identificación de compuestos fenólicos sencillos (fenoles), ácidos fenólicos, cinámicos, lactonas de estos ácidos.

4) **Estudio en invernadero:** Comprobados los efectos inhibidores de la planta objeto de estudio en condiciones de laboratorio, será necesario reproducirlos en invernadero, aproximándose lo más posible a las condiciones de campo, el cual se estudiará el grado de penetración de los inhibidores en el suelo y se verá si éste afecta, de alguna forma, a la estructura de aquéllos. También se tendrá en cuenta lo que se menciona anteriormente respecto a la inhibición iónica, y finalmente se estudiarán químicamente los responsables de dicha inhibición.

5) **Estudios de campo:** para determinar el papel que desempeñan los mecanismos competitivos en este último ensayo se determina si la dominancia de la especie objeto de estudio se debe simplemente a su acción alelopática, a mecanismos competitivos o bien si los dos fenómenos se dan simultáneamente. Este es, en líneas generales, un esquema de trabajo muestra en el estudio de la alelopatía, el objeto de acortarlo, es en previsión de que la especie elegida no sea alelopática, podrá iniciarse el estudio en el laboratorio, sin haber hecho previamente un reconocimiento exhaustivo del área o de las condiciones edáficas.





**Figura 7.- Estudio Potencial de Plantas Alelopáticas**

### **Generalidades del Pirul (*Schinus molle L.*)**

#### **Nombres comunes en México**

Árbol del Perú, Pirwi, Tsactumi, Tzactumi, Tzantuni (Rep. Mex.); Pirú, Pirul (Valle de México); Xasa, Xaza (l. Otomí); Peloncuáhuil (l. Náhuatl); Yaga-cica, Yaga-lache (l. zapoteca, Oax.).

## Clasificación taxonómica

Reino:        Plantae  
Phyllum:     Spermatophyta  
Subphyllum:    Magnoliophytina  
Clase:         Magnoliopsida  
Subclase:       Rosidas  
Orden:         Sapindales  
Familia:        Anacardiacea

## Origen

Originario de la región andina de Sudamérica, principalmente Perú, aunque se extiende de Ecuador a Chile y Bolivia. Vive en los Andes Peruanos a altitudes de hasta 3,650 msnm. Ampliamente distribuido en México, en Centroamérica y en el sur de California y oeste de Texas, en Estados Unidos.

## Distribución

**Área geográfica:** Se distribuye en la zona templada seca de la Altiplanicie o Mesa Central, sobre todo en las regiones semiáridas de Durango a Coahuila, Veracruz y Oaxaca, con Altitudes de 1,500 a 2,700 msnm, aunque lo podemos encontrar en toda la República Mexicana.

## Descripción Botánica

Es una especie “polígamo dioica” es decir que algunas de sus flores son hermafroditas (con ambos sexos) en tanto que otras son masculinas; las hermafroditas y las masculinas están separadas en distintos arboles. Las plantas recién nacidas son muy fáciles de reconocer, su tallo como la parte inferior de los cotiledones son de color rojo.

Los cambios que se producen en su corteza las ramillas jóvenes la tienen de color verde que poco después pasa a ser rojizo; al desarrollarse un poco más adquiere un color amarronado y sobre la misma aparecen una serie de puntos amarillentos (llamados "lenticelas"); finalmente, la corteza adulta se vuelve grisácea y rugosa.

**Flor:** Las flores son panículas axilares en las hojas terminales, de 10 a 15 cm de largo, flores muy pequeñas y numerosas, de color amarillento, miden 6 mm transversalmente.

**Fruto:** Drupas en racimos colgantes, cada fruto de 5 a 9 mm de diámetro, rosados o rojizos, con exocarpo oriáceo, lustroso, seco en la madurez, mesocarpio delgado y resinoso, cada fruto contiene una o dos semillas.

**Semilla:** Las semillas poseen un embrión bien diferenciado que llena toda la cavidad; la testa y el endospermo son delgados, el mesocarpio forma parte de la unidad de dispersión.

**Fuste:** Su fuste principal es normalmente corto y su desarrollo se concentra en la copa, que se abre a modo de sombrilla a partir del primero o segundo metro de altura del fuste.

**Hojas:** Copa redondeada y abierta, proporcionando sombra moderada. Hojas compuestas, alternas, de 15 a 30 cm de largo, colgantes, con savia lechosa; imparipinnadas de 15 a 41 folíolos, generalmente apareados, de 0.85 a 5 cm de largo, estrechamente lanceolados, color verde amarillento.

**Raíz:** La raíz que tiene es pivotante, lo que permite su resistencia a la sequía.

**Altura:** En general es un árbol de 6-8 metros de altura, aunque puede llegar a los 10-12 metros y excepcionalmente a más de 14 metros.

## **Hábitat**

Prospera a orilla de caminos, en zonas perturbadas con vegetación secundaria, en pedregales y lomeríos, terrenos agrícolas, pendientes (20 a 40 %).

Clima entre subtropical, cálido-templado, semiárido, templado seco y templado húmedo. No tiene exigencias en cuanto a suelo, pero prefiere suelos arenosos.

Tolera texturas pesadas, suelos muy compactados y pedregosos.

**Suelos:** toba andesítica, fluvisol eútrico arenoso, roca metamórfica, cambisol eútrico arcilloso, aluvión, arenoso seco.

### **Aspectos fisiológicos**

**Adaptación:** Esta especie de fácil adaptación.

**Competencia:** Se reconoce con buena capacidad competitiva, al capturar nutrientes, agua y luz eficientemente.

**Crecimiento:** Tiene un rápido crecimiento cuando es joven, alcanzando 3 m de altura en un año y vive alrededor de 100 años.

**Descomposición:** Su descomposición foliar es lenta y moderadamente lenta en madera y frutos.

**Establecimiento:** Se establece fácilmente, teniendo una alta sobrevivencia.

**Interferencia:** Presenta alelopatía, inhibe el crecimiento y/o desarrollo de las plantas vecinas. Produce felandreno, alcohol terpenoide carbacol, los cuales se eliminan a través de las hojas y frutos.

### **Estudios con semilla Pirul**

Para el almacenamiento de la semilla en estado seco la semilla se conserva bien por mucho tiempo, sin necesidad de tratamientos; su germinación tiene un tiempo promedio de 20 días, teniendo un porcentaje de germinación del 40 al 80 %, pero extrayendo los embriones se alcanza del 98 al 100 % de germinación a los 7 días.

## Tratamiento pre-germinativo

Existen muchas técnicas como son la lixiviación de las semillas por agua para liberar a la testa de sustancias inhibitorias de la germinación, se ha probado con éxito la inmersión en agua por 1 a 4 días; otra técnica es la escarificación que consiste en la remoción mecánica del exocarpo; también se puede llevar acabo sumergir las semillas en ácido sulfúrico al 10 % durante 5 min; otra técnica empleada es remojo en agua a temperaturas menores a 15 °C y otro método es intemperizando o quemando los frutos completos, desde el punto de vista práctico y económico el mejor tratamiento es la imbibición y la extracción manual de los embriones.

**Viabilidad:** Aún después del tratamiento de remojo, las semillas se secan y llegan a perder su viabilidad después de 42 días.

## Importancia

El pirul *Schinus molle* L. tiene una amplia importancia en los siguientes diversos empleos como son:

**Medicinal:** la infusión de sus hojas para preparar un té que se utiliza contra los resfriados. Los frutos de la anacahuita se pueden usar como una pimienta distinta, con un sabor y aroma muy particulares. La raíz se emplea en las enfermedades de los riñones. Su resina, seca y pulverizada, si se aplica sobre las heridas las desinfecta y las cierra, además es usada como goma de mascar, se dice que fortalece las encías y sana las úlceras de la boca. Se ha demostrado la acción emenagoga de la infusión de las hojas y el poder bactericida de su aceite esencial (Carrere, 2009).

**Actividad antibacteriana in vitro del aceite esencial de *Schinus molle* L.** Estudios reportados concluyeron que, el aceite esencial de *Schinus molle* L. muestra actividad antibacteriana contra cepas Gram (+), como *Staphylococcus aureus*, y

contra Gram (-) tales como: *Escherichia coli*, *Enterobacter*, *Shigella flexneri*, *Klebsiella pneumoniae* y *Proteus vulgaris*. Además otros estudios han demostrado las propiedades antimicrobianas de los aceites esenciales, llegando a la conclusión que éstos tienen acción inhibitoria frente a bacterias, hongos y levaduras. (Alba *et. al.*, 2009)

**Actividad insecticida:** El aceite esencial de las hojas y frutos ha mostrado ser un efectivo repelente de insectos, particularmente contra la mosca casera.

En Etiopía los aceites esenciales de las hojas del *aguaribay* fueron evaluados para el control de *Musca domestica L.* y mostraron tener actividad antialimentaria y/o repelente, en consecuencia, algunos pobladores rurales adornan sus cabezas con ramas y hojas para repelerlas, otros estudios han mostrado tener efecto sobre el control de plagas agrícolas como la polilla de la papa *Phthorimaea operculella* Zeller (Lannacone y Lamas 2003).

## Composición química

**Hojas:** Las hojas presentan taninos, flavonoides libres y combinados, carbohidratos, antocianidinas, saponinas, ácido linoleico, behémico, lignocérico, triterpenos, glicósidos además de contener alcaloides, esteroidales, esterol, terpenos y aceite esencial presente en las hojas contiene, bergamota, bicyclogermacreno, borneno, cadineno, cadinol, calacoreno, calamenediol, calamaneno, canfeno, carvacrol, ácido gálico, butirato de geraniol, limoneno, mirceno, ácido palmítico (Gonzales A. *et. al.*, 2009).

**Semillas:** Las semillas contienen ácido linoleico, se ha comprobado que la variación estacional afecta la concentración de los aceites en la semilla.

**Frutos:** El aceite de los frutos presenta principalmente mono y sesquiterpenos además varios aceites esenciales de mirceno, felandreno, limoneno y cadinol, los que pueden extraerse fácilmente por arrastre de vapor de agua. Produce felandreno, alcohol terpenoide carvacol, los cuales se eliminan a través de las hojas y frutos.

**Corteza:** La corteza presenta una importante cantidad de taninos, oleorresinas, ácido linoleico, erúcido y lignocérico (*Carrere, 2009*).

### **Métodos de extracción de sustancias alelopáticas**

Para el análisis de cualquier planta sospechosa de producir alelopatía se describen los siguientes métodos para la extracción de sus sustancias alelopáticas:

**Inmersión en agua:** El método más simple consiste en la inmersión en agua de la parte vegetal que se desea estudiar por varios periodos, ya sea fresca o seca, después hacer bioensayos con el filtrado producido, generalmente estos bioensayos se realizan en cajas petri, en suelo o en solución nutritiva.

Otros metodos de extracción pueden ser mediante el empleo de agua hirviendo, autoclave o el uso de solventes orgánicos. Con los primeros se aumenta la difusion de las sustancias químicas en el agua de extracción y a la vez se eliminan los posibles inconvenientes con microbios. Los solventes orgánicos ayudan a la extracción de un mayor número de sustancias. Como estos métodos implican la muerte del tejido o el trabajo con tejidos muertos, los resultados no son necesariamente los mismos que se obtienen cuando se trabaja con el tejido vivo. Estos metodos serán válidos cuando las sutancias alelopáticas son el producto final de un proceso metabólico que logrará acumularse en el tejido estudiado.

Para estudiar sutancias que se producen continuamente, durante el crecimiento de la planta, y que puedan liberarse de la parte aerea mediante el lavado con las lluvias o el rocío, generalmente se acostumbra a rociar suavemente el follaje de estas plantas y atrapar dicha agua para hacer con ella los bioensayos en platos de petri, soluciones nutritivas, suelo o arena.

**Sustancias Radiculares:** Otro campo de investigacion interesante con alelopaticos se presenta cuando estas sustancias son producidas mediante secreciones radiculares durante el crecimiento de las plantas. Para estas investigaciones se usan varios metodos:

- a) Cultivar plantas en agar y posteriormente analizar ese agar para la presencia de las posibles sustancias activas.

- b) Sembrar en arena la planta donante y la receptora antes de que se presente competencia analizar en la planta receptora el posible efecto de las sustancias producidas.
- c) Cultivar la planta donante en arena por un tiempo, lavar posteriormente esa arena con agua y con esa agua hacer los bioensayos en cajas de petri, suelo o arena.
- d) Cultivar en materos individuales con arena las plantas donantes y las receptoras y luego colocarlas alternamente en el sistema conocido como “escalera” . En este sistema una solución nutritiva fluye por gravedad desde un recipiente superior, a través de los materos donde se alteran individualmente las plantas donantes y receptora. Al final la solución llega a un recipiente desde donde se vuelve a recircular en el sistema.

**Sustancias en tejido:** Cuando se trata evaluar el efecto alelopático de las sustancias liberadas por los tejidos vegetales muertos o producidos durante su descomposición, la metodología es más simple, pero el análisis de la información obtenida es más difícil. Basta con poner a mezclar los residuos de la planta donante con el suelo donde se van hacer los estudio, luego por diferentes intervalos se siembran las plantas receptoras. Se puede trabajar con el suelo esterilizado para descartar la participación de los microorganismos o dejarlos actuar en la descomposición de los residuos. Posteriormente se aíslan para analizar en ellos la presencia de subproductos de su metabolismo con posibles sustancias alelopáticas.

**Sustancias gaseosas:** En los estudios con sustancias alelopáticas gaseosas generalmente se mide su efecto sobre la germinación de las semillas de las plantas potencialmente involucradas. En estos trabajos, únicamente las emanaciones gaseosas producidas por el donante entran en contacto con las semillas de las plantas receptoras.

### **Elaboración de extractos**

Para la extracción de compuestos como (taninos, terpenoides, alcaloides y fenoles) la clave son los solventes de acetona: agua en relación (7:3), se pesan 5 g



de muestra fresca, se colocan en matraces de 250 mL y se añaden 250 mL de acetona-agua (7:3) y este proceso se lleva a cabo en ausencia de luz, la temperatura que no debe excede los 60 °C, agitación constante.

Otra técnica descrita por Laynez y Mendez (2007) es la colección del follaje y dejarlo secar a temperatura ambiente por 24 hrs. y después en estufa (72 hrs, 50 °C), posteriormente preparar el extracto al 15 % p/v, cortando el follaje en trozos no mayores a 3 cm y licuarlo en agua sin llegar a pulverizar, enseguida el extracto al 15 % p/v se deja reposar por 48hrs. en recipientes de vidrios tapados y finalmente se separa el liquido de la parte solida a través de un proceso de filtrado (papel filtro Whatman).

### **Otras técnicas**

Otras técnica para la obtención de sustancias alelopáticas empleada menciona Zamorano (2006) es el aislamiento de compuestos aleloquímicos y el descubrimiento de su estructura; entre tales técnicas se encuentra la Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC, por sus siglas en inglés); además de la Técnica *in vitro* en donde las propiedades alelopáticas de una especie pueden ser manipuladas en el laboratorio, utilizando el cultivo *in vitro*, merced al aumento en la cantidad de los metabolitos secundarios responsables de la alelopatía (Gómez *et al.*, 2003).

### **Técnicas de evaluación de efecto de extractos**

Una de las formas más sencillas de examinar las propiedades alelopáticas de una especie es mediante bioensayos, en los que se cuantifica la germinación y/o emergencia de plántulas, y se mide la radícula y/o hipocótilo (Zamorano, 2006).

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Ubicación del experimento**

El presente trabajo se realizó en el laboratorio de Toxicología que se encuentra dentro del departamento de Parasitología Agrícola con las coordenadas, ubicado en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro con las coordenadas 25° 21' 08.07" Lat N y 101° 01' 37.89" Long O, la cual se localiza en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. El laboratorio no tiene una temperatura controlada pero la temperatura mayor que oscila es de 36 °C como máximo y 5 °C como mínima, tiene una humedad relativa de 16 % como mínima y 45 % como máxima aproximadamente.

### **Obtención de las semillas**

Las semillas son de venta comercial.

### **Colecta de material Vegetal y elaboración de extracto.**

Se realizó un extracto de hoja de *Schinus molle* L. el material vegetal se colectó dentro de las instalaciones de la Universidad, posteriormente se trasladó al laboratorio de Toxicología para licuar el material con solvente metanol y se depositó en matraces de 1L los cuales se cubrieron con papel aluminio para evitar la degradación de los principios activos, se mantuvieron en agitación constante/3 días, posteriormente se filtró el solvente en un matraz y con la ayuda de un rotavapor BUCHI se llevó a cabo la separación del solvente-extracto, el cual se dejó semilíquido para un mejor manejo y se colocaron en recipientes de vidrio los cuales se cubrieron con papel aluminio para evitar la degradación de los principios activos

por la luz y temperatura, por último el extracto obtenido se dejó en refrigeración a 4 °C para su mejor conservación.

### **Elaboración del bioensayo**

Una vez obtenidas las semillas de las monocotiledóneas y dicotiledóneas se procedió a la elaboración de las concentraciones que fueron como sigue; 2,000ppm, 1,500ppm, 1,000ppm, 600ppm y 300 ppm, teniendo dos testigos, T1 con agua y T2 agua mas tween20, se depositaron 2 ml de cada concentración en cada caja petri previamente preparada con papel filtro para la conservación de la humedad, se etiqueto para una mejor identificación, posteriormente se colocaron diez semillas en el contorno por cada caja.

Se estuvo regando cada tercer día durante todo el experimento. Se realizaron cuatro muestreos, el primer a los 9 días después de establecer el experimento y los otros 3 cada tercer día. La medición del hipocotílo y epicotílo se realizo el último día que se hizo el conteo de germinación.

### **Diseño experimental**

En este trabajo de investigación el diseño estadístico utilizado fue completamente al azar, para analizar los resultados obtenidos se utilizo el paquete de diseños experimentales de la Universidad de Nuevo León-Facultad de Agronomía (FAUANL, 1994).

### **Variables**

Las variables que se evaluaron fueron el número de semillas germinadas por caja y la longitud del hipocotilo y epicotilo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Porcentaje de germinación en maíz (*Zea mays L.*)

Incrementos en la concentración del extracto semilíquido foliar produjo inhibición de la germinación proporcionales al aumento de la concentración del extracto, así mismo se obtuvo promoción en la germinación con una dosis de baja concentración como se observa en la (Figura 8). Similares resultados indicados por Laynez y Méndez (2007) quienes apreciaron un efecto inhibitorio en la germinación del maíz (*Zea mays L.*) al aplicar extractos acuosos de la maleza *Cyperus rotundus L.* al aumentar proporcionalmente la concentración del extracto en 4,0 y 6,0% p/v. Estos datos no coinciden con Torres et. al., (2003) mencionan que el extracto de boniato de *Ipomoea batatas L.* aplicado al suelo no mostró efecto inhibitorio ni estimulante sobre la actividad germinativa en los cultivos de maíz, sorgo y melón.

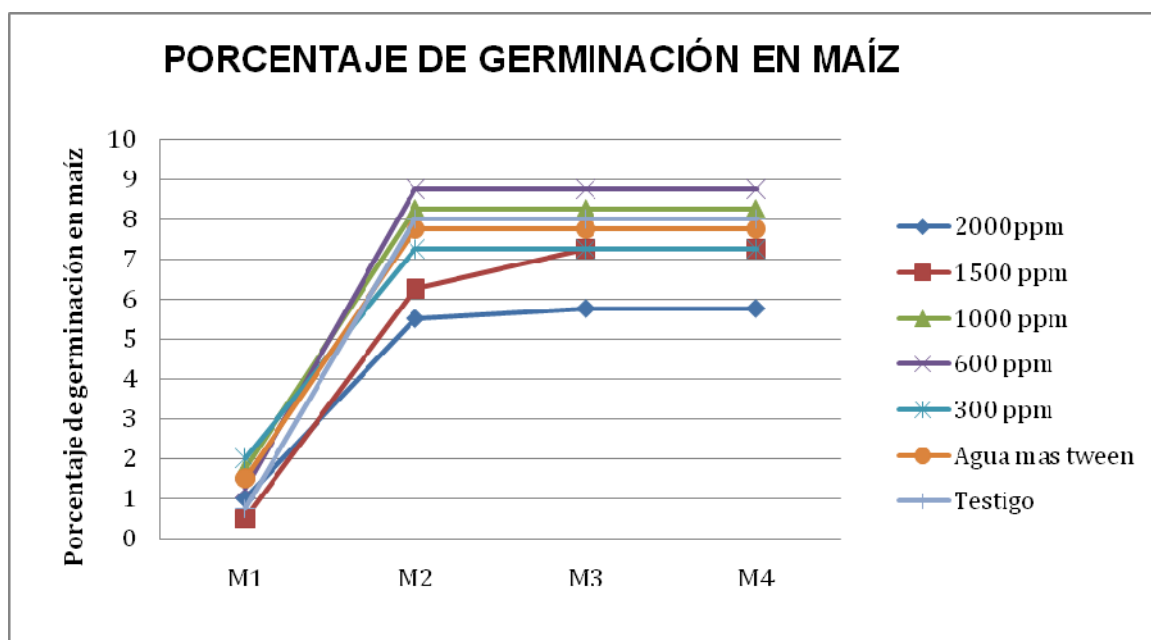


Figura 8.- Porcentaje de germinación en maíz (*Zea mays L.*)

### Porcentaje de germinación en trigo (*Triticum aestivum* L.)

El porcentaje de germinación como se observa en la (Figura 9) se vio afectado por la dosis de mayor concentración 2000 ppm, para los cuatro muestreos en comparación con el testigo, mientras que las dosis de baja concentración se observó una promoción en la germinación, estos resultados coinciden con Gómez *et al.*, (2003) que observó que extractos de *Rumex crispus* L. y *Polygonum segetum* HBK con una concentración de 0.05 % ocasionaron un efecto inhibitorio sobre la germinación del trigo.

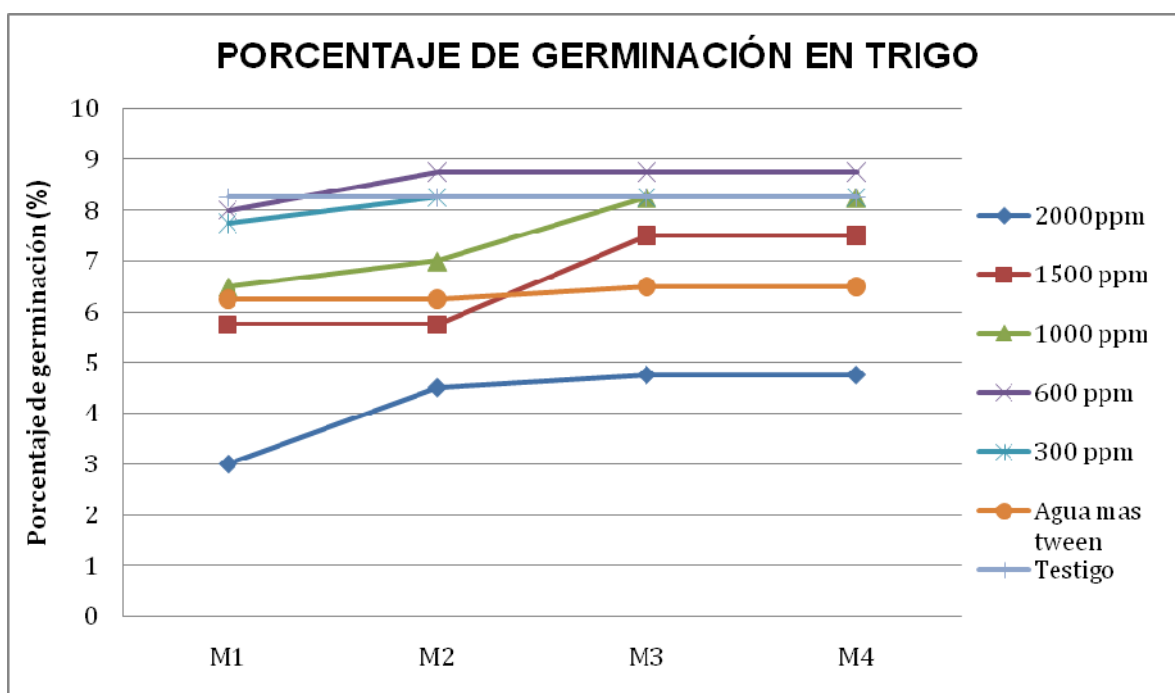
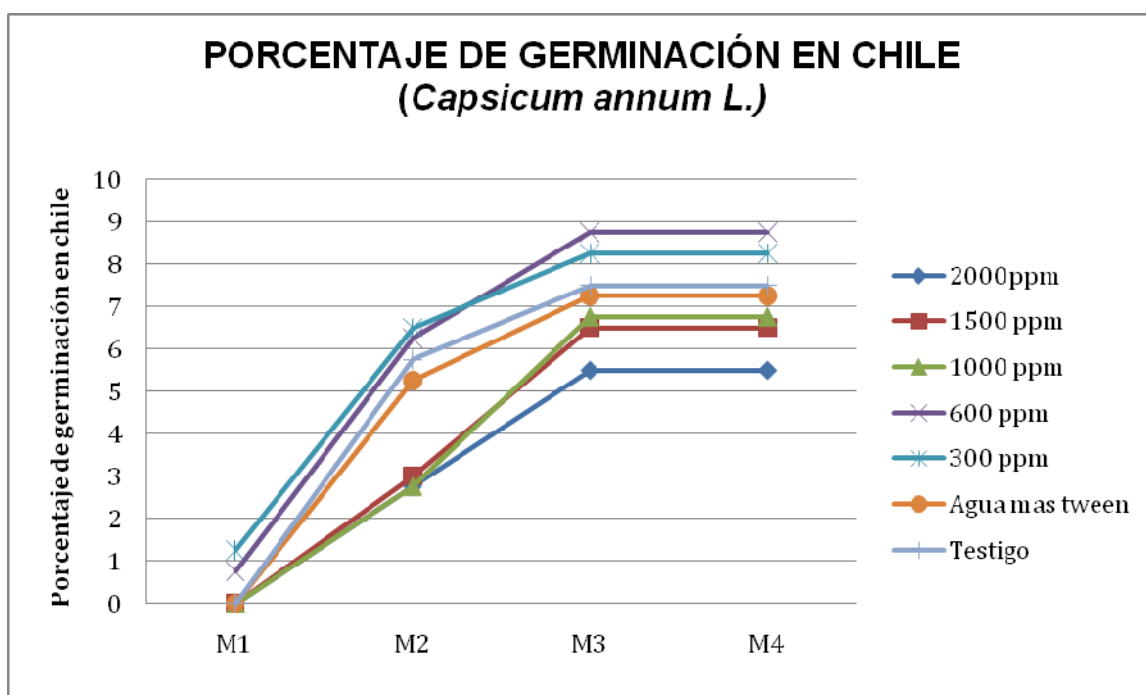


Figura 9.- Porcentaje de germinación en trigo (*Triticum aestivum* L.)

### Porcentaje de germinación en chile (*Capsicum annum* L.)

La (Figura 10) muestra el comportamiento del extracto, el cual se observa que las dosis de mayor concentración inhibió la germinación en comparación al testigo, así mismo las dosis de baja concentración promueven la germinación. Estos datos coinciden con Sobre *et. al.*, (2004) al observar la acción de extractos acuosos de

rizomas y hojas de *Wedelia glauca* L. sobre la germinación de tres cultivos hortícolas de dicotiledóneas de *Lycopersicon esculentum* P., *Cucumis sativus* L. y *Raphanus sativus* L. obteniendo inhibición en las dosis más concentradas.

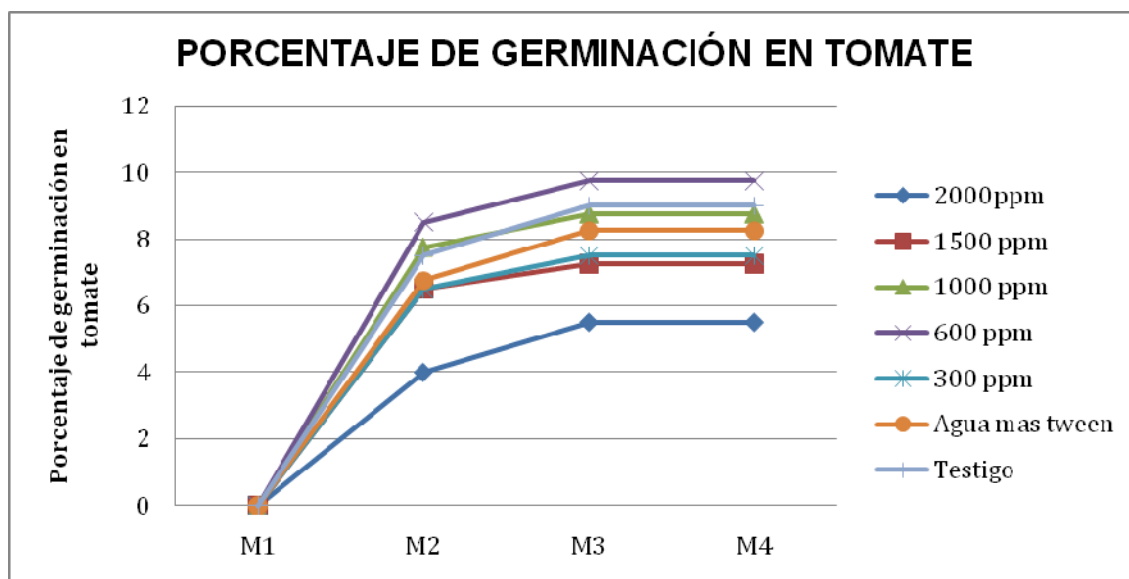


**Figura 10.-** Porcentaje de germinación en Chile (*Capsicum annum* L.)

### Porcentaje de germinación de tomate (*Lycopersicum esculentum* L.)

El extracto semilíquido en la máxima concentración 2000 ppm, se inhibió la germinación como se observa en la (Figura 11) para los cuatro muestreos en comparación con el testigo, mientras que las dosis de baja concentración se observó una promoción en la germinación, estos resultados coinciden con Isaza *et al.*, (2007) muestran que el porcentaje de germinación del tomate es afectado en altas concentraciones por extractos de *Miconia*, *Tibouchina*, *Henriettella*, *Tococa*, *Aciotis* y *Bellucia*, y los de menor concentración promueven la germinación; así mismo los estudios de Sobrero *et al.*, (2004) con extracto de rizomas y hojas de *Wedelia glauca* L. el porcentaje de germinación se inhibió en las mayores concentraciones al 75 % y 100 %, además menciona que estudios con extractos de hojas de

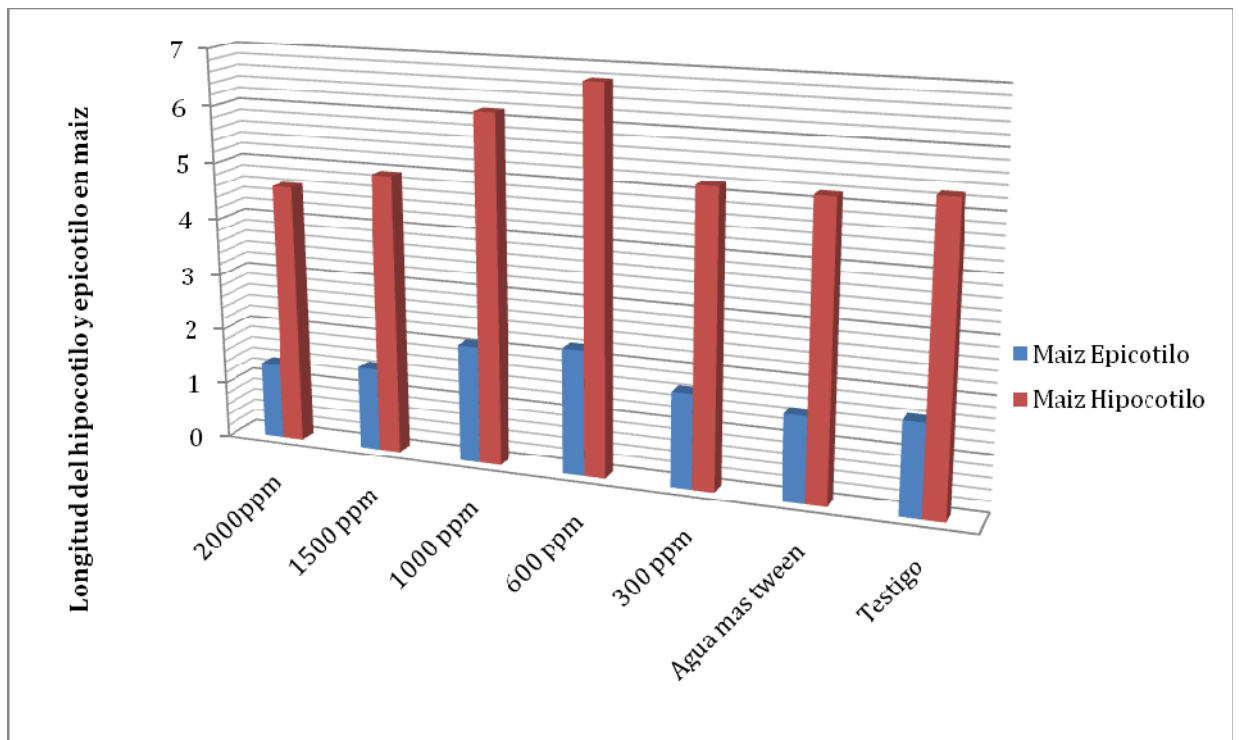
especies de *Ambrosia trifida L.* y *Peltandra virginica L.*, producían disminución en la germinación en altas concentraciones. Estudios realizados por Bedin *et. al.*, ( 2006) encontrón que el extracto acuoso de hojas frescas de *Eucalyptus citriodora L.* no influye en el porcentaje de germinación de tomate pero si disminuye la velocidad del índice de la tasa de germinación.



**Figura 11.-** Porcentaje de germinación en tomate (*Lycopersicum esculentum L.*)

### Longitud del hipocotilo e epicotilo del maíz (*Zea mays L.*)

La longitud del hipocotilo y epicotilo fue afectada por la dosis de mayor concentración, para los cuatro muestreos en comparación con el testigo, mientras que las dosis de baja concentración se observó una promoción en su crecimiento y desarrollo como se aprecia en la (Figura 12). Resultados similares por Laynez y Méndez (2007) quienes apreciaron un efecto reducido en las radículas del maíz (*Zea mays L.*) al aplicar extractos acuosos de la maleza *Cyperus rotundus L.* al incrementar proporcionalmente la concentración del extracto a 4,0 y 6,0% p/v.

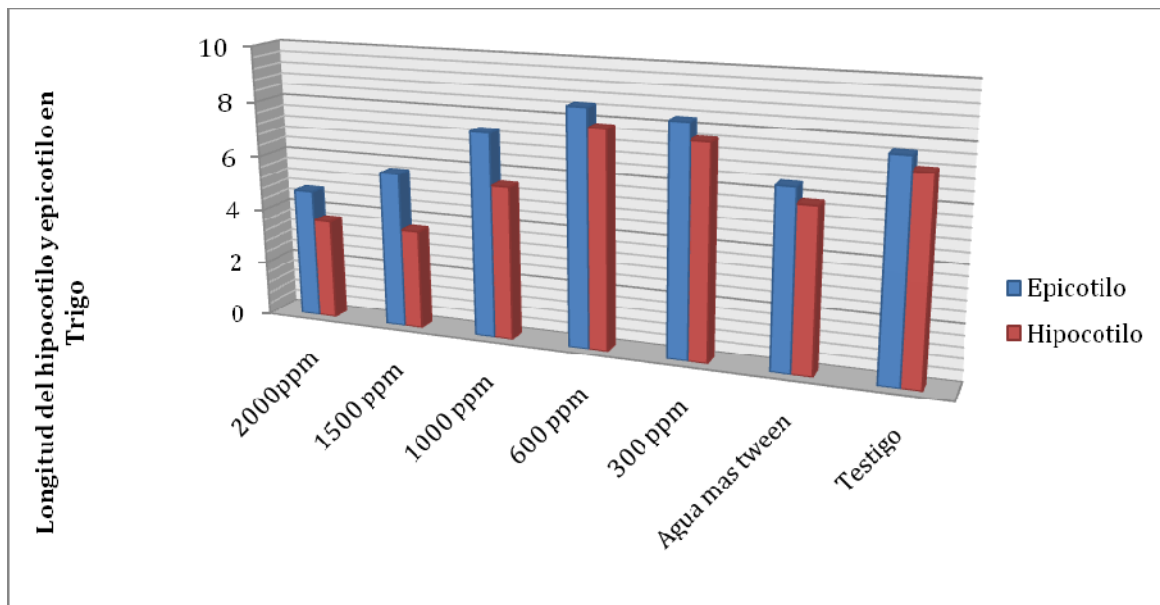


**Figura 12.-** Longitud del hipocotilo y epicotilo en maíz (*Zea mays L.*)

### **Longitud del hipocotilo y epicotilo del trigo (*Triticum aestivum L.*)**

La (figura 13) muestra el comportamiento del extracto, el cual se observa que las dosis de mayor concentración que fue 2,000 ppm inhibió la germinación en comparación al testigo, así mismo las dosis de baja concentración se observó una promoción en el crecimiento y desarrollo del hipocotilo y epicotilo. Estos datos coinciden con Gómez *et al.*, (2003) en sus ensayos de crecimiento para trigo, aplicando extractos acuosos de hojas y raíces, las dosis más concentradas de *Polygonum* demostraron actividad inhibitoria para la longitud de la radícula y las de menor concentración se encontró que mostro mayor crecimiento en la longitud de la radícula.



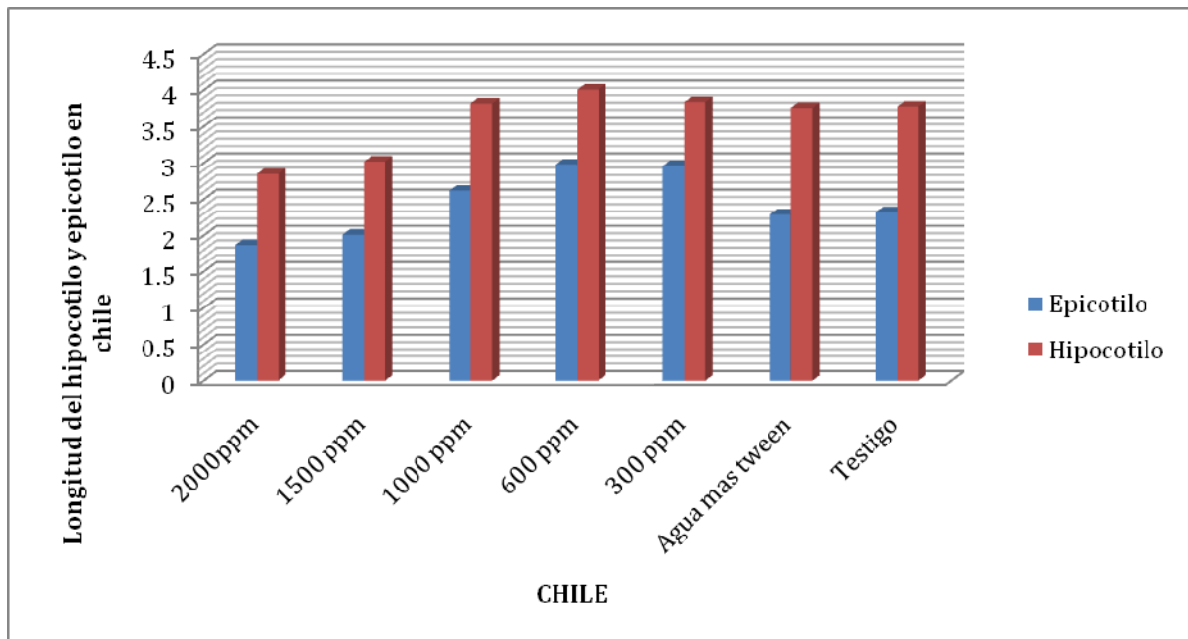


**Figura 13.-** Longitud del hipocotilo y epicotilo en Trigo (*Triticum aestivum L.*)

### **Longitud del hipocotilo e epicotilo en chile (*Capsicum annum L.*)**

La (Figura 14) muestra el comportamiento del extracto, el cual se observa que las dosis de mayor concentración que fue 2,000 ppm inhibió la germinación en comparación al testigo, así mismo las dosis de baja concentración de 600 ppm se observó una promoción en el crecimiento y desarrollo del hipocotilo y epicotilo.

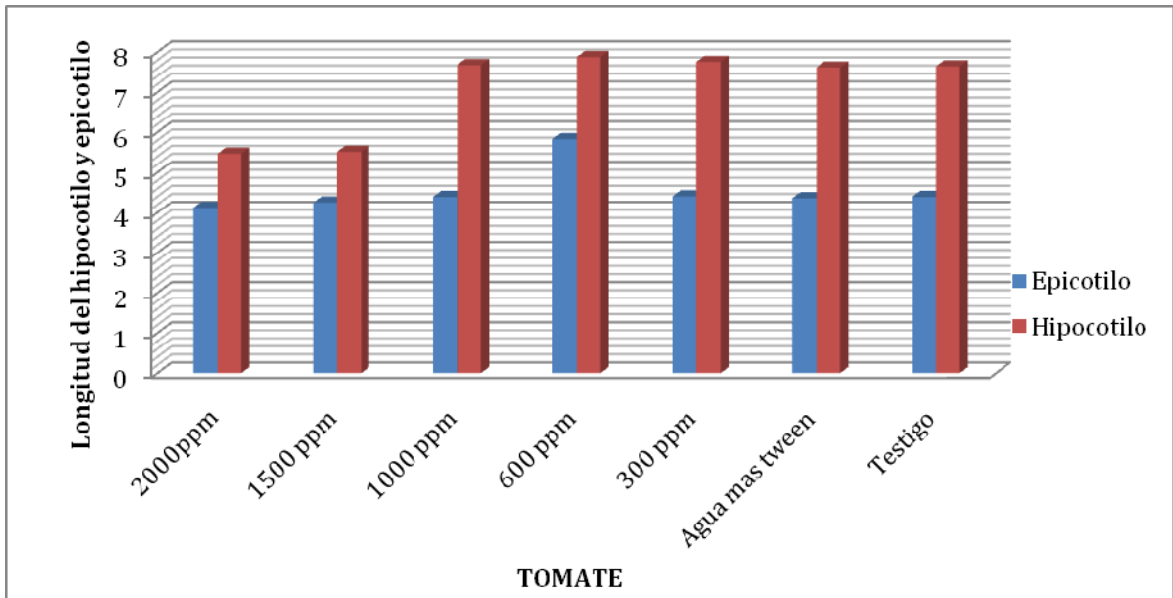
Estos datos coinciden con Sobre *et. al.*, (2004) al observar la acción de extractos acuosos de rizomas y hojas de *Wedelia glauca L.* sobre la elongación de radícula de tres cultivos hortícolas de dicotiledóneas de *Lycopersicon esculentum P.*, *Cucumis sativus L.* y *Raphanus sativus L.* obteniendo inhibición en las dosis más altas.



**Figura 14.-** Longitud del hipocotilo y epicotilo en Chile (*Capsicum annum L.*)

### **Longitud del hipocotilo e epicotilo en Tomate (*Lycopersicum esculentum L.*)**

Como se observa en la (Figura 15) la longitud del hipocotilo y epicotilo se vio afectado por la dosis de mayor concentración, para los cuatro muestreos en comparación con el testigo, mientras que las dosis de baja concentración se observó una promoción en su crecimiento y desarrollo. Estos resultados se avalan por los obtenidos por Sobrero *et al.*, (2004) mencionan que la longitud de la radícula se observó, que esta fue disminuyendo a medida que incrementó la concentración del extracto de rizomas 75 % y 100 % de *Wedelia glauca* aplicado aplicado en *Lycopersicum esculentum P.*, así mismo observo que hubo una estimulación de crecimiento en dosis de menor concentración de 25 % y 50 %, además que estudios con extractos de hojas de especies de *Ambrosia trifida L.* y *Peltandra virginica L.*, producían disminución en crecimiento radical en tomate; otros estudios por Isaza *et al.*, (2007) muestran que los extractos de *Miconia*, *Tibouchina*, *Henriettella*, *Tococa*, *Aciotis* y *Bellucia*, presentan mayor efecto Inhibitorio sobre hipocotilo que sobre epicotilo en dosis de mayor concentración y los de menor concentración promueven su crecimiento del tomate.



**Figura 15.-** Longitud del hipocotilo y epicotilo en Tomate (*Lycopersicon esculentum L.*).

## **CONCLUSIÓN**

Se observo que la dosis de 600 ppm es la que promueve la germinación, el crecimiento y desarrollo de maíz, trigo, tomate y chile, mientras que la dosis de mayor concentración de 2,000 ppm inhibe la germinación, crecimiento y desarrollo del hipocotilo y epicotilo. El uso de extractos vegetales en dosis bajas puede ser una alternativa para promover la germinación, crecimiento y desarrollo de maíz, trigo, tomate y chile, lo contrario al ser utilizado en dosis altas ya que estas inhiben lo anterior.

## LITERATURA CITADA

- Alba, A.; Bonilla, P.; Arroyo, J. 2009. Actividad Cicatrizante de una pomada con aceite esencial de *Schinus molle* L. "Molle" en ganado vacuno con heridas infectadas y ratones. *Ciencia e Investigación* 2009; 12(1): 29-36.
- Anaya, A. 2003. *Ecología Química*. Ed. Editores Plaza y Valdés P y V S.A de C.V., México D.F., Pag. 274.
- Ávila, I.; Murillo W.; Durango, E.; Torres, F.; Quiñones, W.; Echeverri, F. 2007. Efectos Alelopáticos Diferenciales de Extracto de Eucalipto. *Scientia et Technica* Año XIII, No 33. UTP. ISSN 0122-1701. Mayo de 2007.
- Azofeifa, A. y Moreira, M. 2008. Absorción y distribución de nutrimentos en plantas de chile Jalapeño (*Capsicum annum* L. CV. HOT) en Alajuela, Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 32(1): 19-29. ISSN: 0377-9424 / 2008.
- Ballester, A. y Vieitez, A. 1978. Estudio De Potenciales Alelopáticos en Comunidades Vegetales. *Anales Del Instituto Botánico A. J. Cavanilles*. Tomo XXXIV. Vol. II
- Bedin, C.; Mendes, L.; Trecante, V.; Silva, J.; 2006. Efeito Alelopatico de Extracto de *Eucalyptus critriodora* Na Germinação de Sementes de Tomate (*Lycopersicum esculentum* M.) *Revista científica eletônica de agronomia – issn: 1677-0293*
- Carrere, R. 2009. Anacahuita (*Schinus molle*): la indígena más popular. Colección del Grupo Guayabira Sobre Especies Indígenas No. 15.
- FAO, 2004. Manejo de Malezas para países en desarrollo (Addendum I). Estudios FAO: Producción y protección vegetal-120 Add.1 2004. 318 P. ISBN: 9253050195
- García, I.; Miranda, G.; González, L.; Nieto F. 2006. Estudios preliminares de la fermentación de chile jalapeño (*Capsicum annum* L.). *Investigación Universitaria Multidisciplinaria - Año 5, N°5, diciembre 2006*.
- Gómez, C.; Arango R.; Arévalo, P.; Delgado, C.; Guzmán, M.; León, S.; Marentes, D.; Correa, E.; Vargas S. 2003. Algunos Estudios de alelopatía de *Rumex crispus* L. *Polygonum segetum* HBK., en Colombia. *Revista Corpoica*. Vol. 4. N°1. Septiembre 2003.

- Hernández, J.; García, R.; Valdivia, R.; Omaña, J.; 2004. Evolución de la Competitividad y Rentabilidad del Cultivo del Tomate Rojo (*Lycopersicon esculentum* L.) en Sinaloa, México. *Agrociencia* 38: 431-436.
- Instituto Cristiano De Promoción Campesina. 1998. Alelopatía. Área De Técnicas Agropecuarias Sostenibles.
- Isaza, J.; Jiménez, F.; Galvan, J.; Restrepo, J. 2007. Actividad Alelopática de Algunas Especies de los Géneros *Miconia*, *Tibouchina*, *Henriettella*, *Tococa*, *Aciotis* y *Bellucia* (Melastomataceae). *Scientia Technica* Año XIII, No 33, Mayo de 2007. UTM. ISSN 0122-1701.
- Lannacone, J. y Lamas G. 2003. Efecto insecticida de cuatro extractos botánicos y del cartap sobre la palomilla de la papa *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae), en el Perú. Vol. 18 (2):95-105.
- Layne, A. y Mendez, J. 2007. Efectos de extractos acuosos de la maleza *Cyperus rotundus* L. (Cyperaceae) sobre la germinación de semillas y crecimiento de plántulas de maíz (*Zea mays* L.) cv. Pioneer 3031. *Rev. Peru. biol.* 14(1): 055-060.
- Peres, F.; Costa, J.; Meneses, K.; Lerner, R.; Claudio, L. El Uso de Pesticidas en la Agricultura y Salud del Trabajador Rural en Brasil. *Cienc Trab.* oct-dic;9(26):158:163).
- Sampietro D. y Sampietro A. 2003. Alelopatía: Concepto, Características, Metodología de Estudio e Importancia; Facultad de Bioquímica, Química y Farmacia; Universidad Nacional de Tucumán, San Miguel Tucumán, Argentina.
- Secretaría de Información Agroalimentaria y Pesca SIAP. 2010. Maíz de grano [http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=202&Itemid=86](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=202&Itemid=86)
- Secretaría de Información Agroalimentaria y Pesca SIAP. 2010. Trigo grano [http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=269&Itemid=103](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=269&Itemid=103)
- Secretaría de Información Agroalimentaria y Pesca SIAP. 2010. Chile Verde

[http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=138&Itemid=77](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=138&Itemid=77)

Secretaria de Información Agroalimentaria y Pesca SIAP. 2010. Tomate Rojo (jitomate)

[http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=264&Itemid=99](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=264&Itemid=99)

Sobrero, M.; Ochoa, M.; Chaila S. 2004. Potencial Alelopático de *Wedelia glauca*: Efecto sobre especies hortícolas. *Planta Daninha*, Viçosa-MG, v.22, n.1, p.71-75.

Torres, S.; Puente M.; De Cupere F.; Puerto M.; Rodríguez M. 2003. Efecto Alelopático del Boniato (*Ipomoea batatas* L. (Lam.)), sobre la germinación y crecimiento de cultivos y malezas. *Centro Agrícola*, año 30, no. 1.

Vargas, J. y Martínez, M.; 2004. Un Modelo Econométrico del Mercado del Jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en México, 1970-1994. Vol. 8 Núm. 2 pp. 115-133.

Zamorano, C. 2006. Alelopatía: Un Nuevo Reto en la Ciencia de las Arvenses en el Trópico. *Agron.* 14(1): 7-15, Agosto 2006.

Zarate, J.; García R.; Zavala, F.; Perez, Soto, M. 2006. Fitotoxicidad de los extractos de *Calia secundiflora* (Ort.) Yakovlev. *Revista Chapingo. Serie Horticultura* 12(2):197-202, 2006.

# **A P E N D I C E**



Cuadro 1. Comparación de medias del porcentaje de germinación en maíz (*Zea mays* L.)

Conc.	M1	M2	M3	M4
2000 ppm	1	5,5	5,75	5,75
1500 ppm	0,5	6,25	7,25	7,25
1000 ppm	1,75	8,25	8,25	8,25
600 ppm	1,25	8,75	8,75	8,75
300 ppm	2	7,25	7,25	7,25
Agua mas tween	1,5	7,75	7,75	7,75
Testigo	0,75	8	8	8

C.V.= \* 22 % \* 22 % \* 17.17 % \* 17.17 %

CV = coeficiente de variación, \* = Significancia, NS = no significativo, \*\* = altamente significativo

M1= Muestreo uno; M2= Muestreo dos; M3= Muestreo tres; M4= Muestreo cuatro.

Cuadro 2. Comparación de medias del porcentaje de germinación en trigo (*Triticum aestivum* L.)

Conc	M1	M2	M3	M4
2000 ppm	3	4,5	4,75	4,75
1500 ppm	5,75	5,75	7,5	7,5
1000 ppm	6,5	7	8,25	8,25
600 ppm	8	8,75	8,75	8,75
300 ppm	7,75	8,25	8,25	8,25
Agua mas tween	6,25	6,25	6,5	6,5
Testigo	8,25	8,25	8,25	8,25

C.V.= \* 20.25 % \* 20.00 % \* 18.89 % \* 18.89 %

CV = coeficiente de variación, \* = Significancia, NS = no significativo, \*\* = altamente significativo

M1= Muestreo uno; M2= Muestreo dos; M3= Muestreo tres; M4= Muestreo cuatro.

Cuadro 3. Comparación de germinación en porcentaje de germinación en Chile (*Capsicum annum* L.)

Conc	M1	M2	M3	M4
2000 ppm	0	2,75	5,5	5,5
1500 ppm	0	3	6,5	6,5
1000 ppm	0	2,75	6,75	6,75
600 ppm	0,75	6,25	8,75	8,75
300 ppm	1,25	6,5	8,25	8,25
Agua mas tween	0	5,25	7,25	7,25
Testigo	0	5,75	7,5	7,5

C.V.= \* 23 % \* 22 % \* 17.82% \* 17.82%

CV = coeficiente de variación, NS = no significativo, \* = significativo, \*\* = altamente significativo.

M1= Muestreo uno; M2= Muestreo dos; M3= Muestreo tres; M4= Muestreo cuatro.

Cuadro 4. Comparación de medias del porcentaje de germinación en tomate (*Lycopersicon esculentum* L.)

Conc.	M1	M2	M3	M4
2000 ppm	0	4	5,5	5,5
1500 ppm	0	6,5	7,25	7,25
1000 ppm	0	7,75	8,75	8,75
600 ppm	0	8,5	9,75	9,75
300 ppm	0	6,5	7,5	7,5
Agua mas tween	0	6,75	8,25	8,25
Testigo	0	7,5	9	9

C.V.= \* 25.93 % \* 11.10 % \* 11.10%

CV = coeficiente de variación, NS = no significativo, \* = significativo, \*\* = altamente significativo

M1= Muestreo uno; M2= Muestreo dos; M3= Muestreo tres; M4= Muestreo cuatro

Cuadro 5. Comparación de medias en longitud del hipocotilo e epicotilo del maíz (*Zea mays* L.)

Conc	Epicotilo	Hipocotilo
2000ppm	1,3577	4,615
1500 ppm	1,4775	4,95
1000 ppm	2,0825	6,1575
600 ppm	2,225	6,7675
300 ppm	1,676	5,195
Agua mas tween	1,517	5,175
Testigo	1,635	5,31

C.V. = \* 26.27 % \* 24.17 %

CV = coeficiente de variación, NS = no significativo, \* = significativo, \*\* = altamente significativo

M1= Muestreo uno; M2= Muestreo dos; M3= Muestreo tres; M4= Muestreo cuatro.

Cuadro 6. Comparación de medias de longitud del hipocotilo y epicotilo del trigo (*Triticum aestivum* L.)

Conc.	Epicotilo	Hipocotilo	
2000ppm	4,71	3,64	
1500 ppm	5,65	3,59	
1000 ppm	7,39	5,53	
600 ppm	8,5	7,82	
300 ppm	8,25	7,64	
Agua mas tween	6,38	5,83	C.V.
Testigo	7,68	7,18	= * 16.67 %

\* 18%

CV = coeficiente de variación, NS = no significativo, \* = significativo, \*\* = altamente significativo

M1= Muestreo uno; M2= Muestreo dos; M3= Muestreo tres; M4= Muestreo cuatro.

Cuadro 7. Comparación de medias de longitud del hipocotilo e epicotilo en chile (*Capsicum annum* L.)

CHILE		
Conc	Epicotilo	Hipocotilo
2000ppm	1,87	2,85
1500 ppm	2,01	3,02
1000 ppm	2,62	3,82
600 ppm	2,98	4,01
300 ppm	2,96	3,84
Agua mas tween	2,29	3,76
Testigo	2,32	3,78

C.V. = \* 12.95 % \* 25.82 %

CV = coeficiente de variación, NS = no significativo, \* = significativo, \*\* = altamente significativo

M1= Muestreo uno; M2= Muestreo dos; M3= Muestreo tres; M4= Muestreo cuatro.

Cuadro 8. Comparación de medias de longitud del hipocotilo e epicotilo en Tomate (*Lycopersicon esculentum* L.)

	<b>Epicotilo</b>	<b>Hipocotilo</b>
<b>2000ppm</b>	4,12	5,47
<b>1500 ppm</b>	4,25	5,52
<b>1000 ppm</b>	4,39	7,68
<b>600 ppm</b>	5,83	7,88
<b>300 ppm</b>	4,41	7,76
<b>Agua mas tween</b>	4,36	7,62
<b>Testigo</b>	4,39	7,65
C.V. =	* 22.95 %	* 25.12 %

CV = coeficiente de variación, sig.= Significancia, NS = no significativo,

\* = significativo, \*\* = altamente significativo

M1= Muestreo uno; M2= Muestreo dos; M3= Muestreo tres; M4= Muestreo cuatro