

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA



Efecto Alelopático del Extracto de Mezquite (*Prosopis juliflora*), Sobre la Germinación de Maíz (*Zea mays*) y Amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*) Bajo Condiciones de Laboratorio

Por:

FRANCISCO VARGAS MARTÍNEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Saltillo, Coahuila, México

Marzo 2013

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

Efecto Alelopático del Extracto de Mezquite (*Prosopis juliflora*), Sobre la Germinación de Maíz (*Zea mays*) y Amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*) Bajo Condiciones de Laboratorio

Por:

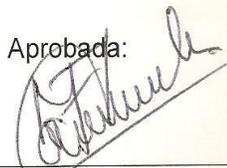
FRANCISCO VARGAS MARTÍNEZ

TESIS

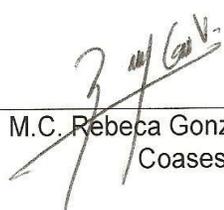
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

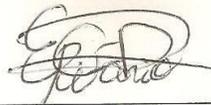
Aprobada:



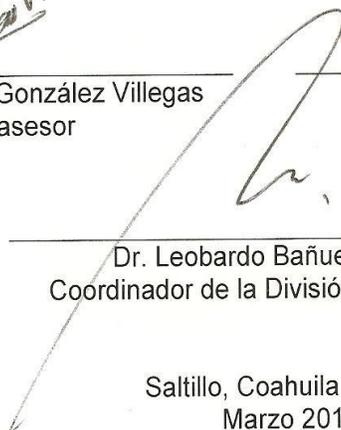
Dr. Mariano Flores Dávila
Asesor principal



M.C. Rebeca González Villegas
Coasesor



Ing. Epifanio Castro Del Ángel
Coasesor



Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Coordinador de la División De Agronomía

Coordinación
División de Agronomía
Saltillo, Coahuila, México
Marzo 2013

AGRADECIMIENTOS

A Dios

Primordialmente agradezco a ti mi padre por darme la gratitud de a ver concluido uno de muchos logros en mi vida y de darme las fuerzas de poder día a día continuar en mis estudios, gracias padre **DIOS** todo poderoso **DIOS**.

A mi “Alma Terra Mater”: A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro; por abrirme las puertas a un mejor y amplio conocimiento a la agricultura, por hacer de mi una mejor persona con conocimientos agronómicos y un profesional con aptitudes para una mejoría en la agricultura y por ser parasitólogo “buitre” de corazón.

A la Dra. Rebeca Gonzales Villegas: por su valioso tiempo, dedicación, comprensión y apoyo para que este trabajo se llevara a cabo en este trabajo. Por todos los momentos en que te pedí ayuda que nunca me los engastes, por los conocimientos que eh aprendido mucho de ti, gracias rebeca por ser un gran ser humano y que te caracteriza por ser una gran persona y como profesional una muy excelente académica.

Al H. Jurado Examinador: por colaborar y ser parte jurídica en este trabajo

A los maestros del departamento: que en su momento me brindaron parte de sus conocimientos y experiencias.

A mis padres Juan cruz y Ma. Graciela: gracias por toda su confianza que me brindaron y apoyo económico.

A Mis hermanos Ismael, Juan, Juan pablo, Raúl y Blanca lucero: por su gran apoyo, en especial para mi gran hermano Juan que fue con el que pase tiempo mayor tiempo de mis estudios, por darme consejos como hermano y amigo, por estar siempre conmigo en las buenas y en las malas, a mi gran hermano pablo, por apoyarme en las buenas y malas por ser un gran hermano y amigo, por poyarme económicamente, solo me resta decirles hermanos ¡GRACIAS!!!!.

A mis amigos del internado “la colorada”: mis grandes amigos y hermanos Eduardo Robles Saucedo (machillo), Diego Álvarez Saucedo (la perrita), Edgar Iván Aviña Juárez (el choky) y a José Benito Ramírez Negrete (el cuñado) por haber sido grandes amigos, por esos momentos y ratos de desmadre y locura que jamás olvidare.

A mis compañeros de generación: por los pocos o muchos momentos felices que pasamos juntos en clase y por brindarme su amistad.

A mis vecinos: J. Luz Cisneros, Antonia Rivera, Margarita Cisneros, Amada Cisneros, Rodolfo Cisneros y Juanita, gracias por todo sus consejos, en especial para J. Luz Cisneros y Antonia Rivera que para mí han sido como mis abuelos, gracias por esos consejos y lágrimas que en mi partida más de alguna vez lo vi derramar una lágrima por mí, por querer formarme parte de su familia y hacer pasar momentos agradables cuando estaba en mi casa solo sin nadie con quien platicar, gracias son mis abuelos ¡¡¡viejos!!! Los quiero mucho.

A mi gran primo: David Martínez Martínez por ser casi como un hermano, por estar siempre en las buenas y en las malas y por ayudarme estando en su casa, cuando yo me encuentro en la escuela.

A mis tíos: Antonio Martínez Arellano (el pariente) y Juan Martínez Arellano (el América) por su gran confianza que me tienen y les tengo, por apoyarme en los momentos en que me presentaba con algunos problemas gracias parientes.

A todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron para poder terminar mi carrera. ¡Mil Gracias!

.

DEDICATORIA

A TI MI PADRE DIOS: Mi señor dios te dedico mi tesis por lograr echo mis sueños realidad de ser un profesional en la vida y por los demás capítulos que faltan de realizar en mi tanto en mi vida personal como en el ámbito profesional ¡Gracias! DIOS.

A mis padres

Juan cruz Vargas vela

Y

Ma. Graciela Martínez Arellano

Este capítulo más en mi vida, lo quiero compartir en especialmente con ustedes por ser mis padres, las personas que más Amo, Admiro, Aprecio y tengo en mi vida. Gracias por brindarme todo su apoyo moral y económico, por todos sus consejos que en su momento algunos me dieron para jamás rendirme y seguir adelante con la frente en alto echándole ganas al estudio, por poner en mi toda su confianza, por guiarme siempre por el buen camino, por darme la oportunidad de vivir y darme en ustedes una maravillosa familia, gracias por todo mis queridos viejos porque sin ustedes hubiera sido difícil poder ser lo que ahora soy un profesional.

A mis hermanos: Ismael, Juan, Juan pablo, Raúl y blanca lucero.

Gracias por haber fomentado en mí el deseo de superación y el anhelo de triunfo en la vida. Mil palabras no bastarían para agradecerles su apoyo, su comprensión y sus consejos en los momentos difíciles, a todos, espero no defraudarlos y contar siempre con su valioso apoyo, sincero e incondicional.

A TODOS MIS FAMILIARES Y AMIGOS

Por haber contribuido directa o indirectamente al logro de una de mis metas...obtener mi título profesional.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
AGRADECIMIENTOS.....	III
DEDICATORIA.....	V
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	VI
ÍNDICE DE CUADROS.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
RESUMEN.....	X
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVO.....	3
HIPÓTESIS.....	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Cultivos bajo estudio.....	4
Importancia del maíz (<i>Zea Mays L</i>).....	4
Amaranto, bledo (<i>Amaranthus hypochondriacus</i>).....	7
Generalidades de la planta empleada como extracto.....	15
Origen del mezquite (<i>prosopis juliflora</i>)	15
Distribucion geografica.....	15
Importancia Economica y Ecologica.....	15
Clasificación taxonómica.....	16
Nombres vulgares.....	17
Descripción botánica.....	17
Biología.....	17
Usos y calidad de frutos.....	19
Antecedentes plaguicidas del mezquite.....	20

Antecedentes del efecto de alelopatía.....	22
Beneficios de la alelopatía.....	22
Conceptos de alelopatía.....	22
Tipos de alelopatía.....	24
Mecanismos alelopáticos y distribución geográfica de especies.....	25
Inducción de compuestos aleloquímicos por estrés ambiental.....	26
Clasificación de los aleloquímicos.....	27
Biosíntesis de aleloquímicos.....	31
Modo de acción de los inhibidores alelopáticos.....	32
Efectos de extractos vegetales empleados para la germinación.....	35
MATERIALES Y MÉTODOS.....	36
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	38
Análisis de datos de amaranto.....	38
Porcentajes de germinación.....	38
Análisis de varianza de germinación en la primera lectura.....	40
Comparación de medias de la segunda lectura.....	41
Análisis de varianza de germinación en la segunda lectura.....	41
Comparación de medias de la segunda lectura.....	42
Vigor (longitud de plúmula, longitud de radícula y peso fresco).....	42
Análisis de datos de maíz.....	45
Vigor (longitud de plúmula, longitud de radícula y peso fresco).....	49
CONCLUSIÓN.....	52
LITERATURA CITADA.....	53
APÉNDICE.....	61

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Pág.
1	Condiciones de humedad y temperatura para que germinen las semillas.....	12
2	Cultivos que no se siembran en asocio.....	25
3	Porcentaje de germinación de Amaranto.....	39
4	Análisis de varianza.....	40
5	Comparación de medias con un Nivel de significancia de 0.05.....	41
6	Análisis de varianza.....	41
7	Comparación de medias con un Nivel de significancia de 0.05....	42
8	Comparación de los tratamientos.....	42
9	Análisis de varianza.....	43
10	Comparación de medias con un Nivel de significancia de 0.05.....	43
11	Análisis de varianza.....	44
12	Comparación de medias con un Nivel de significancia de 0.05.....	44
13	Análisis de varianza.....	45
14	Comparación de medias con un Nivel de significancia de 0.05.....	45
15	Porcentaje de germinación de maíz.....	46
16	Análisis de varianza.....	48
17	Comparación de medias con un Nivel de significancia de 0.05.....	48
18	Análisis de varianza del maíz.....	49
19	Comparación de los tratamientos.....	49
20	Análisis de varianza.....	50
21	Análisis de varianza.....	50
22	Comparación de medias con un Nivel de significancia de 0.05.....	51
23	Análisis de varianza.....	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Nº		Pág.
1	Vías a través de las cuales se liberan las sustancias alelopáticas al medio ambiente.....	26
2	Esquema de inducción de compuestos aleloquímicos por estrés ambiental.....	27
3	Ruta de biosíntesis de aleloquímicos.....	31
4	Compuestos de germinación de amaranto.....	40
5	Comportamiento de germinación de maíz.....	47

RESUMEN

Las plantas sintetizan diferentes metabolitos que semejan la acción de los químicos sintéticos con la ventaja de que son biodegradables, claro ejemplo de esto son los aleloquímicos, productos que por su naturaleza orgánica, se consideran saludables para el consumidor y el ambiente. De acuerdo a lo anterior se planteó como objetivo; Determinar el efecto del extracto de mezquite sobre la germinación de Amarantho y maíz bajo condiciones de laboratorio. El estudio se llevo a cabo en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, estableciendo en el experimentos siete tratamientos los cuales fueron de 300ppm, 600ppm,900ppm,1200ppm, 1500 ppm y 1800ppm, teniendo un testigo con agua, con cuatro repeticiones y dos muestreos, el primero a los 4 y 13 días después de establecer el experimento, en el primero y segundo para obtener el porcentaje de germinación, en el segundo muestreo se obtuvo la medición de las variables de vigor (Longitud Media de Plúmula (L.M.P), Longitud Media de Radícula (L.M.R), peso fresco (P. F.) y para analizar los resultados obtenidos se utilizo el paquete de diseños experimentales de la Universidad de Nuevo León-Facultad de Agronomía (FAUANL, 1994). Se tenían 2 cultivos a evaluar con 7 tratamientos y 4 repeticiones cada tratamiento.

Obteniendo como resultado que el extracto a base de mezquite afecta la germinación de Amarantho (*Amaranthus hypochondriacus*), para este caso no es un buena alternativa, por otro lado es una buena alternativa para acelerar germinación de maíz (*Zea mays*) sin dañar su calidad, llegando a obtener plantas más vigorosas.

Palabras clave: germinación, longitud de plúmula, longitud de radícula, peso fresco.

INTRODUCCIÓN

Se han utilizado cientos de químicos nocivos para la elaboración de agroquímicos, sin embargo, el uso de estos compuestos sintéticos han causado serios daños al ambiente y a la salud humana, la mayoría irreversibles al ambiente; estos daños se deben a la naturaleza no biodegradable y sintética de muchos agroquímicos. Las plantas sintetizan diferentes metabolitos que semejan la acción de los químicos sintéticos con la ventaja de que son biodegradables, claro ejemplo de esto son los aleloquímicos, productos que por su naturaleza orgánica, se consideran saludables para el consumidor y el ambiente (Rizvi, 1981).

Los productos químicos pueden producir contaminación al medio ambiente, son dañinos al ser humano y a los animales. Una alternativa salvadora para estos problemas es el uso de la alelopatía para la sustentabilidad de la agricultura, la forestación y el mantenimiento del medio ambiente limpio para nuestras futuras generaciones. 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 (Allelopathy in the next millennium, 2001).

Las estrategias alelopáticas apuntan a la reducción de la polución ambiental y a mantener un balance ecológico en la flora y la fauna, con la disminución en el uso de pesticidas (insecticidas, fungicidas, nematocidas y herbicidas) sustituyendo estos por compuestos naturales (plantas y microorganismos). Los aleloquímicos y fotoquímicos están libres de todos estos problemas asociados con la presencia de pesticidas. Por esto la alelopatía es un área prioritaria de investigación en la mayoría de los países del mundo (An *et al.*, 2000).

Además, otro problema con el control químico en malezas es el desarrollo de biotipos de plantas, las cuales son altamente resistentes a herbicidas.

Las plantas tienen sus propios mecanismos de defensa y los aleloquímicos pueden ser herbicidas naturales. La alelopatía incluye numerosos procesos complejos,

donde diferentes químicos influyen en los efectos alelopáticos. Además, ambas, el cultivo y las plantas silvestres, muestran estos efectos; las plantas cultivadas son más interesantes ya que ellas pueden ser utilizadas en el futuro como material para la producción de herbicidas naturales (Macías *et al.*, 1996).

El cultivo del amaranto está resurgiendo debido al alto contenido de proteína en sus granos y a su calidad nutritiva como verdura.

Amaranthus hypochondriacus (originario de México y Guatemala) es la especie más extendida e importante de los amarantos productores de grano. Se ha reportado la importancia potencial de este cultivo para el control de maleza debido al efecto inhibitorio de sus residuos. La toxicidad de los residuos de diferentes cultivos impide el crecimiento de maleza y puede ser evidencia de actividad alelopática.

El fenómeno de alelopatía, propuesto como una posible alternativa para el control de maleza se define como el efecto de una planta (incluyendo microorganismos) en el crecimiento de otra, mediante la liberación de compuestos químicos al ambiente. El estudio de la alelopatía es muy importante para producir herbicidas más eficaces, selectivos y ambientalmente seguros.

Debido a la escasez de trabajos con *A. hypochondriacus* en México, en cuanto a su actividad inhibitoria o alelopática, se investigó dicho tipo de actividad mediante pruebas biológicas en laboratorio.

Las malezas en el cultivo de maíz son una importante fuente de pérdidas económicas en la producción de este cultivo es importante el uso de extractos vegetales naturales como inhibidores de germinación de malezas así mismo reducir el uso de herbicidas químicos para reducir la contaminación en el medio ambiente.

OBJETIVO

- ✓ Determinar el efecto del extracto de mezquite sobre la germinación de Amarantho y maíz bajo condiciones de laboratorio.

HIPOTESIS

- ✓ Se espera un cultivo presente buen efecto de germinación con el uso del extracto de mezquite.

REVISIÓN DE LITERATURA

Cultivos bajo estudio

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, 2010).

Origen

El maíz es un cereal nativo de América, cuyo centro original de domesticación fue Mesoamérica, desde donde se difundió hacia todo el continente. No hay un acuerdo sobre cuándo se empezó a domesticar el maíz, pero los indígenas mexicanos dicen que esta planta representa, para ellos, diez mil años de cultura (Riveiro, 2004).

El nombre maíz, con que se lo conoce en el mundo de habla española, proviene de mahís, una palabra del idioma taíno, que hablaban pueblos indígenas de Cuba, donde los europeos tuvieron su primer encuentro con este cultivo. En maya el nombre de este cereal es x-im o xiim, y a las mazorcas se las denomina naal. En quichua se llama sara.

Descripción botánica

La planta del Maíz es de porte robusto, de fácil desarrollo y producción anual; el tallo es simple, erecto, de elevada longitud pudiendo alcanzar los 4 m de altura, es robusto y sin ramificaciones, por su aspecto recuerda al de una caña, no presenta entrenudos y si una médula esponjosa, si se realiza un corte transversal, con inflorescencia masculina y femenina separada dentro de la misma planta; la

inflorescencia masculina presenta una panícula (vulgarmente denominada espigón o penacho) de coloración amarilla que posee una cantidad muy elevada de polen en el orden de 20 a 25 millones de granos, en cada florecilla que compone la panícula se presentan 3 estambres donde se desarrolla el polen; la inflorescencia femenina marca un menor contenido en granos de polen, alrededor de los 800 ó 1000 granos y se forman en unas estructuras vegetativas denominadas espádices que se disponen de 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 y su misión es la de aportar un perfecto anclaje a la planta, en algunos casos sobresalen unos nudos de las raíces a nivel del suelo (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).

Amaranto, bleo (*Amaranthus hypochondriacus*)

El uso del amaranto data de 8,000 a 4,000 años a. C. siendo los Mayas quienes lo domesticaron y lo convirtieron en un cultivo de rendimiento comparativamente alto (Peña, 1997). El género *Amaranthus* contiene más de 70 especies, de las cuales la mayoría son nativas de América y sólo 15 especies provienen de Europa, Asia, África y Australia (Robertson, 1981)

En tiempos precolombinos *A. cruentus* se encontraba desde el Norte de México a América Central, *A. hypochondriacus* compartía su distribución con *A. cruentus* sólo que esta comenzaba en el sudoeste de Estados Unidos y a diferencia de las otras dos especies, la distribución de *A. caudatus* se encontraba dirigida a la zona andina sudamericana. Estudios realizados con la técnica de RAPD (Random amplified polymorphic DNA) sugieren que las especies *A. hypochondriacus* y *A. caudatus* son genéticamente más cercanas entre sí que comparadas con *A. cruentus* a pesar de haberse originado en áreas diferentes (Transue *et al.*, 1994).

Un paso importante en la domesticación de los amarantos de semilla fue la selección que los antiguos agricultores hicieron de las formas mutantes en las que la semilla negra de tipo silvestre fue reemplazada por una semilla blanca. El resultado fue una semilla de mejor sabor y con mayor calidad al reventar, este tipo de mutación también permitió a los domesticadores prehistóricos evitar cruza entre su cultivo y los amarantos silvestres por medio de la eliminación de las semillas oscuras híbridas en la semilla utilizada para la siembra; de esta forma se favoreció la evolución divergente de las formas domesticadas.

Distribución geográfica

En América existen varias regiones donde el amaranto se cultiva para grano: México, suroeste de los Estados Unidos, Guatemala, Bolivia, Perú, Argentina y Chile. En Asia existe una zona de distribución para el amaranto de grano, que va desde Manchuria en el interior de China y del Himalaya hasta Afganistán y Persia en donde predominan *A. leucocarpus* y *A. caudatus*. En Europa, principalmente en España, Inglaterra, Hungría y Alemania, todas las especies de *Amaranthus* se esparcen en los terrenos cultivados, en los escombros, sobre los bordes de los caminos (Ramírez, 2005).

En Oceanía se ha encontrado en Nueva Guinea y Australia *A. gangeticus*. En México se ha cultivado en diferentes regiones fisiográficas, crece bien en casi todos los tipos de suelos, desde el arenoso hasta el arenoso-calizo y húmidos (Ralph, 1950). El amaranto se puede encontrar como planta silvestre o cultivada en regiones como la Sierra Madre Occidental, Llanura Costera del Golfo de California, Altiplanicie Mexicana y Sierra Madre del Sur (Transue *et al.*, 1994).

El amaranto *Amaranthus hypocondriacus* es una de las plantas cultivadas domesticadas en México, con una gran tradición, ya que su fruto fue utilizado en ofrendas a los dioses en las culturas prehispánicas (Casas *et al.*, 2001)

Destacan entre las entidades productoras: Puebla, Morelos, Tlaxcala, Estado de México, y el Distrito Federal. También se siembra en menores superficies y de manera más esporádica en: Aguascalientes, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Michoacán, Oaxaca y Querétaro. Durante los años 1997 y de 1999 a 2001, se tuvieron las máximas superficies cultivadas con áreas superiores a las tres mil has. De 2004 a 2007, se ha estabilizado la superficie a un nivel ligeramente superior a las dos mil has (Casas *et al.*, 2001).

Importancia del amaranto

El amaranto es una planta originaria de América, cuya calidad y cantidad de aminoácidos lo convierte en un alimento excelente, sobre todo porque posee un alto valor nutritivo, es decir, un alto contenido proteico y una buena proporción de aminoácidos, dado indudablemente por la L-lisina, aminoácido esencial en la nutrición humana y deficiente en la proteína de los cereales. Las hojas se aprovechan como hortalizas y sus semillas en calidad de cereal. Las especies silvestres se empleaban como verduras, llegando a constituir una fuente de energía, por su alto contenido en proteínas, minerales y vitaminas. A nivel internacional se le conoce con distintos nombres como alegría, Kiwicha, icapachi, sangorache e ilmi. El amaranto es una planta de excelente follaje y abundantes semillas, por lo que resulta altamente recomendable promover el aprovechamiento alimentario de sus semillas, hojas y tallo, dada la extraordinaria composición química de todas sus partes de la planta (Saina, 1973).

Clasificación Taxonomía

Reino: Vegetal

División: Fanerogama

Clase: Dicotiledoneae

Subclase: Archyclamidae

Orden: Centrospermales

Familia: Amaranthaceae

Género: *Amaranthus*

Especie: *A. hypochondriacus*

Botánica y descripción de la planta

Taxonómicamente aún existen discrepancias y alguna confusión debido a su semejanza entre ellos, amplia distribución geográfica y criterios de los taxónomos; el género tiene amplia dispersión y distribución en el mundo, encontrándola en México, Estados Unidos, Guatemala, Ecuador, Perú, Bolivia, Argentina, Asia, India, Pakistán, Sri Lanka, Nepal, Birmania, Afganistán, Irán, China, África, Nigeria, Uganda, Oceanía, Malasia, Indonesia, etc. El amaranto es una especie anual, herbácea o arbustiva de diversos colores que van del verde al morado o púrpura con distintas coloraciones intermedias (Sumar, 1993, Tapia, 1997).

Raíz: Es pivotante con abundante ramificación y múltiples raicillas delgadas, que se extienden rápidamente después que el tallo comienza a ramificarse, facilitando la absorción de agua y nutrientes, la raíz principal sirve de sostén a la planta, permitiendo mantener el peso de la panoja. Las raíces primarias llegan a tomar consistencia leñosa que anclan a la planta firmemente y que en muchos casos sobre todo cuando crece algo separada de otras, alcanza dimensiones considerables. En caso de ataque severo de nematodos se observan nodulaciones prominentes en las raicillas (Sumar, 1993, Tapia, 1997).

Tallo: Es cilíndrico y anguloso con gruesas estrías longitudinales que le dan una apariencia acanalada, alcanza de 0.4 a 3 m de longitud, cuyo grosor disminuye de la base al ápice, presenta distintas coloraciones que generalmente coincide con el color de las hojas, aunque a veces se observa estrías de diferentes colores, presenta ramificaciones que en muchos casos empiezan desde la base o a media altura y que se

originan de las axilas de las hojas. El número de ramificaciones es dependiente de la densidad de población en la que se encuentre el cultivo (Sumar, 1993; Tapia, 1997).

Hojas: Son pecioladas, sin estípulas de forma oval, elíptica, opuestas o alternas con nervaduras prominentes en el envés, lisas o poco pubescentes de color verde o púrpura cuyo tamaño disminuye de la base al ápice, presentando borde entero, de tamaño variable de 6.5-15 cm (Sumar, 1993; Tapia, 1997).

Inflorescencia Presenta panojas amarantiformes o glomeruladas muy vistosas, terminales o axilares, que pueden variar de totalmente erectas hasta decumbentes, con colores que van del amarillo, anaranjado, café, rojo, rosado, hasta el púrpura; el tamaño varía de 0.5-0.9 m pudiendo presentar diversas formas incluso figuras caprichosas y muy elegantes. Son amarantiformes cuando los amentos de dicasios son rectilíneos o compuestos dirigidos hacia arriba o abajo según sea la inflorescencia erguida o decumbente y es glomerulado cuando estos amentos de dicasios se agrupan formando glomérulos de diferentes tamaños. Las plantas por el tipo de polinización son predominantemente autógamias, variando el porcentaje de polinización cruzada con los cultivares (Tapia, 1997).

Flores: Son unisexuales pequeñas, estaminadas y pistiladas, estando las estaminadas en el ápice del glomérulo y las pistiladas completan el glomérulo, el androceo está formado por cinco estambres de color morado que sostienen a las anteras por un punto cercano a la base, el gineceo presenta ovario esférico, súpero coronado por tres estigmas filiformes y pilosos, que aloja a una sola semilla. El glomérulo es una ramificación dicasial cuya primera flor es terminal y siempre masculina, en cuya base nacen dos flores laterales femeninas, cada una de las cuales origina otras dos flores laterales femeninas y así sucesivamente (Tapia, 1997).

Fruto: Es una cápsula pequeña que botánicamente corresponde a un pixidio unilocular, la que a la madurez se abre transversalmente, dejando caer la parte superior llamada opérculo, para poner al descubierto la inferior llamada urna, donde se encuentra la semilla. Siendo dehiscente por lo que deja caer fácilmente la semilla (Sánchez, 1980).

Existen algunas especies de amaranto que tienen pixidios indehiscentes, característica que puede ser transferida a cultivares comerciales de amaranto (Brenner, 1990).

La semilla es pequeña, lisa, brillante de 1-1,5 mm de diámetro, ligeramente aplanada, de color blanco, aunque existen de colores amarillentos, dorados, rojos, rosados, púrpuras y negros; el número de semillas varía de 1000 a 3000/gr (Nieto, 1990).

Las especies silvestres presentan granos de color negro con el episperma muy duro. En el grano se distinguen cuatro partes importantes: episperma que viene a ser la cubierta seminal, constituida por una capa de células muy finas, endosperma que viene a ser la segunda capa, embrión formado por los cotiledones que es la más rica en proteínas y una interna llamada perisperma rica en almidones (Irving *et al.*, 1981).

Fechas de siembra

Trinidad (1997), analizó el efecto de fecha de siembra en amaranto y encontró que para la mesa del valle de México la mejor fecha de siembra es comprendida del 16 de abril al 29 de junio para *A. hypocondriacus*, para una densidad de población de 99 mil plantas/ha.

Peña (1996), indica que en la región del valle central de México la mejor fecha de siembra está comprendida del primero al 31 de mayo para *A. hypocondriacus* a fin de evadir las heladas tempranas y para *A. cruentus* del 16 de mayo al 15 de junio.

García y Valdez (2002) en el Norte-centro de México, recomiendan para el amaranto como fecha de siembra del primero al 15 de junio para las dos especies mencionadas, debido a la presencia de las primeras lluvias y permitir un escape de heladas tempranas que normalmente se presentan en la región a principios del mes de octubre.

Reyna (1990) señala que en cuanto a la temperatura, que el amaranto a mostrado un buen desarrollo en lugares muy cálidos, con temperaturas altas de 29 °C y uniformes todo el año como en Atoyac, Gro, hasta localidades templadas como Tulyehualco y milpa alta, D.F, con temperatura media anual de 14 °C, inviernos definidos y presencia de heladas tempranas que afectan principalmente al follaje, pero poco al grano (Cuadro 1).

Cuadro 1. Condiciones de humedad y temperatura para que germinen las semillas

Germinación de algunas semillas sometidas a remojo					
Espece	Tiempo de un periodo de remojo	Temperatura del agua de remojo	Tiempo que tardan en germinar	Condiciones de germinación	Temperatura de germinación
Alfalfa	4-12 horas	15-20 °C	5-6 días	Baja luz	20 °C
Ajo	8-12 horas	15-20 °C	10 -15 días	Baja luz	20°C
Alforfón	8-12 horas	15-20 °C	5-6 días	Baja luz	20°C
Almendra	4-12 horas	15-20 °C	1-2 días	Baja luz	20°C
Amaranto	No hace falta remojar		2-4 días	Baja luz	20°C
Arroz	4-24 horas	15-20 °C	2-4 días	Baja luz	20 °C
Arugula	No hace falta remojar		3-6 días	Baja luz	20°C
Avena	20-30 minutos	15-20 °C	1-3 días	Baja luz	20°C
Berros	No hace falta remojar		5-6 días	Baja luz	20 °C
Brécol	6-12 horas	15-20 °C	3-6 días	Baja luz	20°C
Calabaza	1.4 horas	15-20 °C	1-2 días	Baja luz	20°C
Cebada	6-12 horas	15-20 °C	2-3 días	Baja luz	20°C
Cebolla	8-12 horas	15-20 °C	10-15 días	Baja luz	20°C
Centeno	6-12 horas	15-20 °C	2-3 días	Baja luz	20°C
Cacahuetes	4-12 horas	15-20 °C	2-4 días	Baja luz	20 °C
Chía	No hace falta remojar		5-6 días	Baja luz	20 °C
Espelta	6-12 horas	15-20 °C	2-3 días	Baja luz	20°C
Espiguilla	1-4 horas	15-20 °C	6-9 días	Baja luz	20°C
Judías adzuki	12 horas	21-32 °C,	2-4 días	Baja luz	22°C
Judías mungo	8-12 horas	21-32 °C,	2-5 días	Baja luz	22°C
Judías pinto	8-12 horas	15-20 °C	2-3 días	Baja luz	20 °C
Fenogreco	6-12 horas	15-20 °C	4-6 días	Baja luz	20°C
Garbanzos	8-12 horas	15-20 °C	2-3 días	Baja luz	20 °C

Girasol	1-12 horas	15-20 °C	1-2 días	Baja luz	20°C
Kamut	6-12 horas	15-20 °C	2-3 días	Baja luz	20 °C
Lentejas	8-2 horas	15-20 °C	1-2 días	Baja luz	20 °C
Lino	No hace falta remojar		5-6 días	Baja luz	20°C
Lolium	8-12 horas	15-20 °C	6-9 días	Baja luz	20 °C
Maíz	8-12 horas	15-20 °C	3-4 días	Baja luz	20 °C
Mijo	6-10 horas	15-20 °C	1-3 días	Baja luz	20 °C
Mostaza	6-12 horas	15-20 °C	3-6 días	Baja luz	20°C
Puerro	8-12 horas	15-20 °C	10-15 días	Baja luz	20°C
Quinoa	20-30 minutos	15-20 °C	2-4 días	Baja luz	20°C
Repollo	8-12 horas	15-20 °C	3-6 días	Baja luz	20°C
Sésamo	2-8 horas	15-20 °C	1-3 días	Baja luz	20°C
Soja	2-12 horas	15-20 °C	2-6 días	Baja luz	20°C
Rábano	6-12 horas	15-20 °C	3-6 días	Baja luz	20°C
Trigo	6-12 horas	15-20 °C	2-3 días	Baja luz	20°C
Triticale	6-12 horas	15-20 °C	2-3 días	Baja luz	20°C
Trébol	2-12 horas	15-20 °C	5-6 días	Baja luz	20°C

Aspectos generales del crecimiento y desarrollo del amaranto

Entre los granos andinos, el amaranto es una planta alimenticia que crece en todos los valles interandinos del área andina al igual que el maíz, siendo el piso ecológico de éste cereal el indicador para su cultivo, encontrándose también siembras en costa al nivel del mar e incluso en zonas tropicales.

El período vegetativo varía de 120 a 170 días, dependiendo de los factores agroambientales y cultivares utilizados; las épocas de siembra, varían de acuerdo a las condiciones climáticas, generalmente de octubre a diciembre en la zona andina.

Fases fenológicas del amaranto

La descripción de los estados fenológicos del amaranto ha sido presentada por Mujica y Quillahuamán (1989) y Henderson (1993).

Emergencia

Es la fase en la cual las plántulas emergen del suelo y muestran sus dos cotiledones extendidos y en el surco se observa por lo menos un 50% de población en este estado. Todas las hojas verdaderas sobre los cotiledones tienen un tamaño menor a 2 cm de largo. Este estado puede durar de 8 a 21 días dependiendo de las condiciones agroclimáticas.

Fase vegetativa

Estas se determinan contando el número de nudos en el tallo principal donde las hojas se encuentran expandidas por lo menos 2 cm de largo. El primer nudo corresponde al estado V_1 el segundo es V_2 y así sucesivamente. A medida que las hojas basales senescen la cicatriz dejada en el tallo principal se utiliza para considerar el nudo que corresponda. La planta comienza a ramificarse en estado V_4 .

Usos

Además de su uso ornamental, se utilizan las semillas como cereal para el consumo humano, elaborando con ellas una harina de alto valor nutritivo. El amaranto se consume principalmente como cereal reventado, del cual se elaboran los siguientes productos finales: alegrías, amaranto (cereal) reventado, granolas, tamales, atoles, pinole, mazapán, etc. Existen otros productos elaborados como: cereales enriquecidos, tortillas, galletas, panqués, horchata, bebidas chocolatadas, hojuelas, harinas, etc. Además del valor nutritivo de sus hojas como fuente importante de vitamina A, su infusión es útil para combatir la diarrea, la disentería, hemorragias intestinales y la menstruación excesiva. Se emplea también en compresas para aliviar las ulceraciones de la piel. En forma de gárgaras, se usa para combatir las irritaciones de la garganta.

Generalidades de la planta empleada como extracto

Origen del Mezquite (*Prosopis juliflora*)

Originaria de México. Elemento característico de las zonas áridas de Norte América aunque su distribución se ha extendido hasta algunas regiones áridas y semiáridas de Centro y Sudamérica (hasta Perú). Especie pantropical. Se ha propagado en Africa y en Asia (Conabio s/f).

Distribución

Se encuentra en casi todo el país, principalmente en lugares áridos, desde Baja California y Chihuahua hasta Oaxaca, y de Tamaulipas a Veracruz. Altitud: 0 a 1,600 (2,500) msnm. Baja California sur, Coahuila, Chihuahua, Guerrero, Oaxaca, San Luis Potosí, Sonora, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán (Conabio s/f).

Importancia económica y ecológica

Los mezquites y especies afines son vegetales esencialmente termo-xerófilos de considerable interés para el hombre. Estas plantas son abundantes en muchas regiones áridas de América y con frecuencia constituyen el único elemento arbóreo de la vegetación (Rzedowski, 1988).

En la sociedad moderna el mezquite es una planta especialmente útil; es valioso para la alimentación del ganado, ya que sus vainas son altamente nutritivas y los retoños tiernos son comidos por los bovinos y otros animales; el tronco y las ramas son aún usados como postes para cercas y como leña. La madera que tiene una gran firmeza, se emplea para fabricar pisos de parquet, la leña es catalogada como una de las mejores del mundo por su alto contenido calórico, y el carbón, goza de mucha demanda en los restaurantes en que se preparan carnes asadas, asimismo la miel proveniente del mezquite tiene gran demanda por su calidad (Rodríguez y Maldonado, 1996). En lo que respecta a la alimentación humana la vaina se puede consumir entre otras maneras como fruta fresca, fruta en almíbar, pinole de mezquite, atole de mezquite, vino de mezquite, entre otras.

Las especies de mezquites como freatofitas que son, desempeñan una función importante en la modificación del ambiente extremo característico de las zonas

áridas. Es decir ofrecen un impacto positivo sobre el ecosistema, ya que se convierte en una cerca viva de su propio hábitat. En el ecosistema desértico funciona como sombra y refugio para la fauna silvestre y doméstica, a la vez que es una eficaz fuente de alimento y de un microambiente característico bajo su cubierta foliar, permitiendo así que prosperen otras especies anuales y herbáceas que de otro modo no lo harían en terrenos tan inhóspitos, los mezquites proveen de un microclima a herbáceas y epifitas; a hemiparásitas y a numerosas formas de fauna, sobretodo arañas e insectos.

Debido a la resistencia y adaptabilidad del mezquite a la sequía y a las altas temperaturas, puede desarrollarse en zonas con precipitaciones menores a los 250 a 500 mm anuales según la región y temperaturas máximas promedio en verano de más de 40°C (Granados, 1996). Derivado de lo anterior ha desarrollado una vigorosa red de raíces laterales y una vigorosa raíz pivotante que penetra con frecuencia de 3 a 15 m, llegando a 20 m e incluso hasta más de 50 m en busca de agua, por lo que reviste gran importancia en las regiones áridas del mundo, las cuales se han visto acrecentadas por factores como el desarrollo industrial, la tala excesiva y el crecimiento de la población. En estas zonas se ha considerado que el cultivo de mezquite, representa una alternativa de desarrollo agropecuario forestal que podría mejorar los niveles de vida del sector rural. La eficiencia en el uso del agua es variable y se encuentra entre los 205 a 19,700 kg de agua/kg de materia seca producido. Existen algunas especies tolerantes a las altas temperaturas y otras a las heladas, pero el máximo crecimiento se ha encontrado a 30 °C; se desarrollan en diferentes niveles de salinidad y se ha encontrado un ligero decremento en el crecimiento a niveles de salinidad de 36,000 mg de cloruro de sodio/litro de solución (Osuna y Meza, 2003). Por lo que los habitantes de las zonas áridas lo utilizan como indicador de posibles fuentes de abastecimiento de agua y de buena calidad del suelo (Espinosa y Lina, 2008).

Clasificación taxonómica

El algarrobo está clasificado dentro de la familia Mimosaceae (Leguminosae - Mimosoideae) y pertenece al género *Prosopis*, del que se conocen más de 40 especies, distribuidas en tres continentes: América, Asia e África (National Academia of Sciences, 1980).

Nombres vulgares

La especie que en Brasil es denominada "algaroba", también es conocida como mesquite, algarroba, algarrobo, nacascal (Guatemala), carbón (El Salvador), acacia de Catarina (Nicaragua) y aromo (Panamá) (National Academy of Sciences, 1984).

Descripción botánica

P. juliflora (Swartz) DC "algarrobo", "mezquite" árbol de 6 a 20 m de alto, 20 a 150 cm de fuste; puede haber arbustos de 3 a 6 m de alto. Ramas con espinas geminadas o solitarias a veces ausentes y con raíces de crecimiento lateral. Las hojas bipinadas medianas a grandes, 10 a 20 cm de longitud, amplias laxas, de igual longitud que las inflorescencias o ligeramente más cortas o más largas, generalmente con 3 pares de pinnas (2–4) /hoja, de 6 a 8 cm de longitud, con 9 a 17 pares de folíolos, ligeramente pubescentes, distanciados de 4 a 8 mm, de forma oblonga, lineales, obtusos, submucronados de 5–15 mm de largo por 3–5 mm de ancho. Presenta glándulas verdosas con poro apical en la unión de las pinnas, igualmente glándulas más pequeñas en unión de los folíolos. Las flores, son de color blanco verdosas, cáliz pentadentado, con pétalos libres, lineal agudos, 3 mm de longitud, 10 estambres libres, ovario estipitado, estilo filiforme; inflorescencia en racimos espiciformes, 9 a 17 cm de longitud.

Fruto: carnosos, y dulce, de color amarillo paja o amarillo marrón, comprimido, recto, extremo falcado, estipitado de 16 a 28 cm de largo por 1,4 a 1,8 cm de ancho por 6 a 10 mm de espesor.

Semillas: son ovaladas pardas, 6 mm de longitud por 5 mm de ancho. En el atlas cromosómico de plantas con flores, *P. juliflora* figura con X igual 13, 14 cromosomas, también con 26, 52, 56 números cromosómicos.

Biología

Es un árbol que crece rápidamente, se distribuye desde la orilla del mar hasta los 700 m de altura. Se encuentra en regiones con precipitaciones entre los 150 y 1.200 mm anuales. El mejor desarrollo productivo de vainas ocurre en regiones que presentan temperaturas medias anuales superiores a 20 °C y precipitaciones entre 250–500 mm,

y humedad relativa entre 60–70 %. Resiste largos períodos de sequía, incluso períodos secos superiores a nueve meses. Es sensible a las heladas en estado de plantín.

Se desarrolla bien en suelos aluviales o depósitos de arena y arcilla que se forman en las riberas de los ríos, siempre que no sean inundados, encontrándose plantaciones desde el nivel del mar hasta altitudes de aproximadamente 1.000 m. Ribaski y Lima (1997). Vive muy bien en suelos áridos y estériles a los que mejora y facilita la introducción de otros cultivos, por ejemplo, tunas, maíz.

En México *P. juliflora* se ha establecido a lo largo de drenajes, donde las lluvias son menores a 150 mm; sin embargo, puede crecer en lugares con lluvias superiores a 750 mm anuales. Es resistente a las heladas.

Prospera bien en pleno sol desde la germinación, compitiendo airoosamente con pastos y arbustos. Las ramas inferiores no soportan la sombra de las ramas de las superiores y para tener luz tienden a alargarse lateralmente, originando la copa aparasolada. Las ramas inferiores que no reciben buena luz mueren, a esto se le llama “desrame natural”; si no se las corta permanecen por varios años.

Sharma (1984), trabajando con *P. Juliflora*, encuentra correlaciones entre el nutriente foliar y la capacidad de intercambio catiónico de la tierra. Los análisis evidenciaron la capacidad de la planta de tolerar la salinidad.

Drumond (1988), realizó análisis foliares en especies del género *Prosopis* en la región semiárida de Brasil. Con respecto al Ca, *P. Juliflora* y *P. pallida* exhibieron concentraciones de 1.860 % y 1.628 %, respectivamente, superior a las otras especies, pero debajo de la media mencionada por Aguirre y Wrann (1984) para *P. tamarugo*. Este elemento es considerado inmóvil en el tejido de la planta, y se encuentra en cantidades considerables en la pared celular. Posiblemente pueden correlacionarse las concentraciones de este elemento con la calidad de la tierra.

El magnesio en *P. juliflora* está presente en una concentración significativamente más elevada que en otras especies, con 0.744 %, esto indicaría que posee una gran capacidad de extraer este elemento de la tierra. Los 2519 ppm de manganeso encontrados en *P. Juliflora* son significativamente más altos que en las otras especies.

Haag *et. al* (1976) expresan que los niveles altos de Mn en las plantas está asociado con la acidez del suelo, en las zonas altas.

Se observó que *P. Juliflora* presenta los volúmenes más bajos de N, P, y K, junto con la productividad más alta en el volumen de madera, sugiriendo que esta especie es más eficaz en la utilización de nutrientes que las otras especies con las que se las comparó; Drumond (1988). Florece a partir del cuarto año de haberse establecido. El proceso de floración es muy variable, en un mismo árbol se presentan frutos maduros y verdes e inflorescencias simultáneamente. Se dice que el tiempo desde la floración hasta la fructificación dura tres meses, lo que representa una actividad constante de seis meses. Los hábitos de floración cambian cuando se introduce una especie a un ambiente diferente al de su origen, por ejemplo, *P. juliflora* que fue introducido en India, se ha convertido en una especie prolífica al producir flores dos veces al año; febrero-marzo, agosto - setiembre.

Burkart y Fernández (1963), escribían que las flores de este algarrobo son bastante melíferas. Calculan que de un árbol de *P. juliflora*, las abejas pueden extraer néctar para más de un kilogramo de miel. En una hectárea las abejas podrían encontrar materia prima para hacer unos 20 kilos de miel. En la región semiárida del norte Brasileño, este árbol constituye un soporte importante en la industria apícola.

Sánchez (1984), cuantificó el número de flores por inflorescencia como máximo 344 y mínimo 237, con un promedio de 304 flores. Otros autores encontraron que el número de flores por inflorescencia es de 269 a 456, mientras la longitud de inflorescencia varía entre 7,09 a 14,08 cm. Este análisis muestra que la longitud de inflorescencia y número de flores por la inflorescencia variaron los dos dentro de y entre los árboles.

Usos y calidad de frutos

Es un árbol que proporciona buena sombra, se lo usa como ornamental por la delicadeza de su follaje y En Venezuela tiene gran demanda como combustible en las áreas rurales por su alto valor calórico y la escasa producción de cenizas. También produce un carbón de primera calidad, que da un sabor agradable a las carnes.

Celis (1995), Es durable siendo utilizada para tutores, puentes, tablas, durmientes, varas para cercas, leña y carbón.

Ribaski y Lima (1997), También la cáscara se usa para curtiembre, y un exudado de goma resinosa de color amarillo hace las veces de goma arábica.

En México, se extraen de las hojas de *P. juliflora* sustancias medicinales, por ejemplo, principios de vinalina, que son usados en medicina como antimicrobianos. Según Muthana, las vainas son transformadas en harina gruesa, se extraen las semillas y se hace fermentar para obtener una cerveza suave y agradable. Medicinal, se ha indicado, que la infusión de algunas partes del mezquite se usa para combatir la disentería, las hojas se emplean para combatir algunas afecciones de los ojos, la corteza se usa para inducir al vomito o como purgante, también se sabe que sus extractos en alcohol de las hojas frescas y maduras han mostrado una marcada acción antibacterial contra *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli* (Felger, 1977).

En la alimentación humana el algarrobo es utilizado para la fabricación de harinas y mieles, en substitución de algunos alimentos convencionales como la harina de trigo, café y panela (Azevedo, 1982, Lima, 1987, Rocha, 1988, Alcedo, 1988, Mendes, 1988).

Como forraje, las vainas poseen cerca de 13 por ciento de proteína bruta (Azevedo, 1982, Mendes, 1984) y digestibilidad arriba de 74 por ciento (Lima, 1994).

La madera es durable, con densidad básica del orden de 0,90 g/cm³ (Lima, 1994), siendo utilizada para postes, tablas, durmientes, leña y carbón (Nobre, 1982, Silva, 1988, Mendes, 1988).

Puede ser también utilizado para la producción de taninos y resinas (Figueiredo, 1987, Mendes, 1988).

Antecedentes plaguicidas del mezquite

La mosquita blanca *Bemisia tabaci* es una plaga polífaga de hortalizas y plantas ornamentales, es vector de muchas enfermedades virales. Para su control se utilizan insecticidas químicos ocasionando una contaminación ambiental. El uso de productos de origen vegetal es una alternativa viable para su control. El objetivo de este trabajo fue evaluar la actividad insecticida de los extractos crudos del árbol de *Prosopis juliflora* sobre ninfas de *B. tabaci*. Se prepararon extractos a 20 y 200 ppm de hojas, tallos, semillas y flores de *P. juliflora* en hexano, diclorometano y metanol; como controles se utilizó a los solventes (1 ml), insecticida químico Endosulfan® y botánico Protefol® (2 µl/14 mL agua). Se seleccionaron y marcaron tres ninfas del tercer estadio de hojas de noche buena *E. pulcherrima* las cuales se desinfectaron y se sumergieron por 10 segundos en las concentraciones de 20 y 200 ppm de los extractos, después fueron

colocadas y tapadas en cajas petri con medio KNOP. Se realizaron observaciones durante cinco días para determinar la mortalidad de las ninfas. Los extractos hoja cloroformo, semilla-hexano a 200 ppm causaron un 100 % de mortalidad lo mismo que el Endosulfan® y el Protefol®. Con la concentración a 20 ppm los extractos no fueron significativos, al igual que los solventes hexano, acetona y metanol (Gutiérrez *et al.*, 2005)

Algunas especies del género *Prosopis* han sido informado que exhiben actividad antimicrobiana. Este es el caso de *P. juliflora*. Un alcaloide de esta planta, que ah sido nombrado juliprosinene, mostraron actividad antibacteriana contra *Escherichia coli* cepas 11303 HER 1024 y k-125 HER 1037, *Klebsiella pneumoniae* C3HER 1111, *Pseudomonas aeruginosa* PA 01 HER 1018, *Staphylococcus aureus* B-827, y *Shigella sonnei* YER HER 1048 (Ahmad *et al.*, 1989).

En otro estudio de esta planta, una mezcla de alcaloides que contienen principalmente juliprosine y isojuliprosine, Se ensayó la actividad antifúngica contra *dermatophytos*, *Aspergillus* y *Candida* especies en comparación con griseofulvina y econazol. Aunque era econazol resultó ser el más activo, la mezcla de alcaloides se encontró más eficaz que la griseofulvina (Ahmad y Khursheed, 1989).

Extractos de metanol de las cortezas de las dos especies de *Prosopis* se evaluaron para determinar su actividad antimicrobiana. *Prosopis kuntzei* mostraron actividad antimicrobiana frente a *S. aureus* ATCC 8095, INE 2213, y *Ps. aeruginosa* ATCC 25617, con CMI debajo de 1 mg / ml. Por otra parte, *Prosopis ruscifolia* tenía actividad contra *S.aureus* ATCC 8095, INE 2213, Ent. Faecium INEI 2464 y *Kl. pneumoniae* ATCC 25922, con MIC de 0,5, 0,38, 0,75 y 0,75 mg / mL, respectivamente (Salvat *et al.*, 2004).

Investigaciones recientes han descubierto un nuevo potente anti-infecciosos y antiparasitarios compuesto, 2,3-dihidro-1H-indolizinium cloruro de *Prosopis glandulosa* var.glandulosa. Esto muestra actividad antibacteriana contra Meticilina resistente *Staphylococcus aureus* y *Mycobacterium intracellulare* con valores de IC50 0,35 y 0,9 g/ml respectivamente (Samoylenko *et al.*, 2009)

Antecedentes del efecto de 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.

Beneficios de la alelopatía

- Disminuye los costos de producción
- Independiza a los cultivadores de las casas productoras de abonos y pesticidas químicos
- Preserva los cultivos, los animales y el hombre
- Mejora la estructura del suelo
- Da fuerza a la agricultura auto sostenible (aquella que puede perdurar por tiempo indefinido de la humedad, sin deteriorar el medio ambiente).
- Mejora la calidad de los productos agrícolas
- Alimentación sana

Conceptos de alelopatía

Es la ciencia que estudia las relaciones entre las plantas que se rechazan, utilizando sus feromonas o aromas para repeler o favorecer a la planta vecina; al igual que atraer insectos benéficos o rechazar el ataque de las plagas y enfermedades.

La alelopatía hace parte fundamental de la agricultura orgánica, razón por la cual es importante, conocer las relaciones que existen entre las diferentes plantas, al igual que el tipo de feromonas o aromas que producen como mecanismo de defensa contra el ataque de plagas y enfermedades fue definido por Molish (1937) lo define como el proceso por el cual una planta desprende al medio ambiente, uno o varios compuestos químicos; estos inhiben el crecimiento de otra planta que vive en el mismo hábitat, o en un hábitat cercano.

Duke (1985), menciona que es necesario establecer cuatro condiciones para que una interacción se pueda considerar como alelopática:

1. Demostrar la existencia de interferencia, describir los síntomas y cuantificar el grado de interferencia.
2. Aislar, ensayar y caracterizar lo(s) aleloquímico(s).
3. Los síntomas de interferencia, previamente diagnosticados, deben ser repetidos por la aplicación de toxina(s) a dosis presentes en la naturaleza.
4. La liberación de la toxina, su movimiento y captación por parte de la planta receptora, debe ser monitoreada y demostrar que la dosis es suficiente para explicar la interferencia observada.

La actividad alelopática depende de diversos factores como por ejemplo: sensibilidad de la especie receptora; liberación de la toxina al medio; actividad e interacciones bióticas y abióticas que ocurren en el suelo con la toxina (microorganismos, temperatura, pH, etc.) (Blum *et al.*, 1992).

Muller (1969), sugirió el uso del término "interferencia" para referirse al conjunto de todos los efectos perjudiciales de una planta sobre otra, englobando de esta manera los efectos alelopáticos y los competitivos.

No todas las sustancias liberadas por las plantas son inhibidoras y, por el contrario, algunas manifiestan efectos estimulantes; mas aun, ciertos metabolitos pueden provocar reacciones de estímulo o de inhibición, dependiendo de su concentración y de otros factores (Tukey, 1969).

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 agro ecosistemas, 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.

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).

Cuadro 2. Cultivos que no se siembran en asocio.

Calabaza	con	Papa
Diente de león	con	Todas las plantas
Fresa	con	Repollo
Frijol arbustivo	con	Cebollas, ajo
Girasol	con	Papa
Papa	con	Tomate, Pepino, Girasol
Tomate	con	Papa, Repollo, Frijol
Remolacha	con	Frijol de enredadera

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).

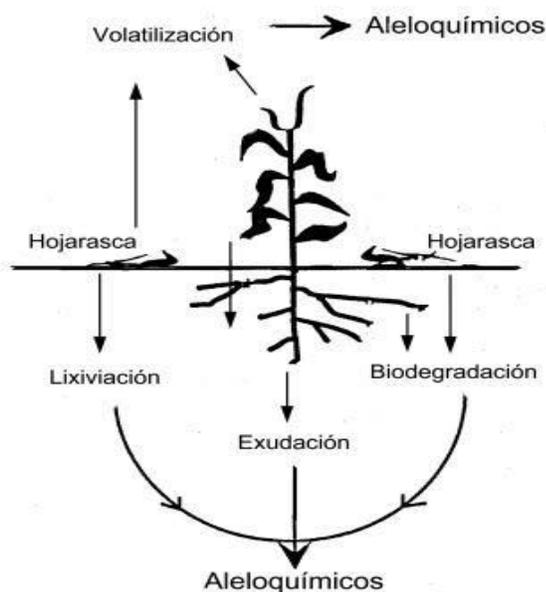


Figura 1: Vías a través de las cuales se liberan las sustancias alelopáticas al medio ambiente.

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 estrés 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).

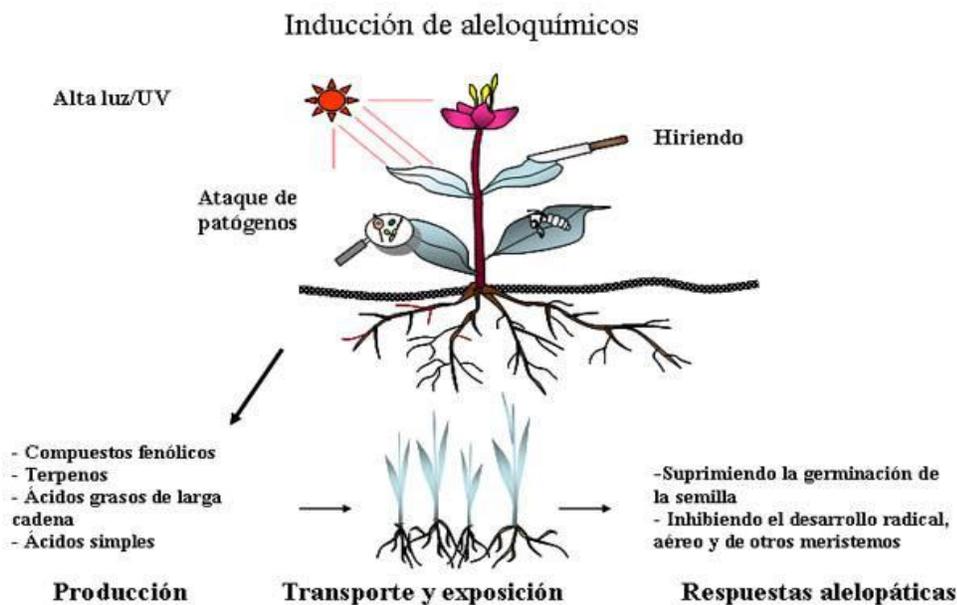


Figura 2.- Esquema de Inducción de compuestos aleloquímicos por estrés ambiental.

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 β -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 linoleico, mirístico, palmítico, láurico e hidroxiesteárico. Su rol en alelopatía no está completamente investigado.

Glucósidos 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.

Ácido benzoico y derivado: 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 annuus* L.) Y guayule (*Parthenium argentatum* L.). Otros derivados de los ácidos cinámicos tales como clorogénico, cafeico, p-cumárico, y ferúlico 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 potente 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 fue identificada en Ruta, Avena e Imperat.

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.

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 3); 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.

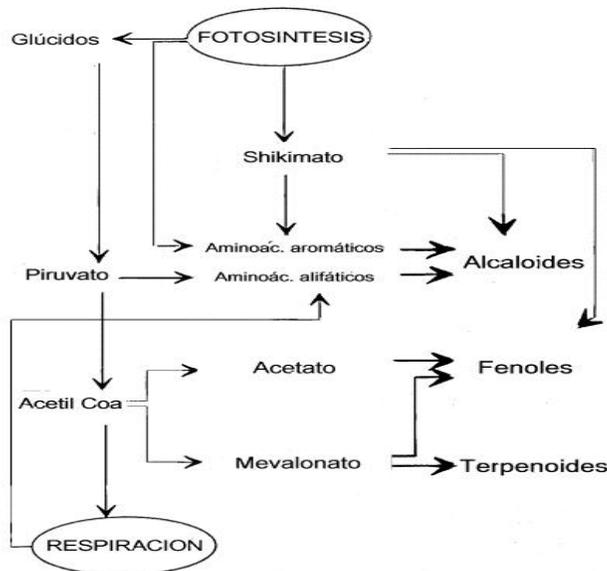


Figura 3.- Ruta de biosíntesis de aleloquímicos. Fuente: Sampietro D. y Sampietro A. 2003.

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 absícico), 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 mucho compuestos terpenoides específicos (comúnmente en las familias C10, C15 y C20) 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.

Modo de acción de los inhibidores alelopáticos

El estudio del modo o mecanismo de acción de los productos químicos alelopático 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 necesaria 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}C .

Cambios en la permeabilidad de las membranas: Estudios han demostrado que los compuestos fenólicos aumentan el flujo de 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 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 peroxidasas, 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.

Efectos de extractos vegetales empleados para la germinación

Gámez *et al*, s/f. mencionan que aunque los extractos de *Larrea tridentata* y *Karwinskia humboldtiana* al 5 % actúan como inhibidores de la germinación en sandía, melón y calabaza, para el tomatillo resultaron tener un efecto estimulante.

Los extractos de Barreta inhiben la germinación en las semillas de sorgo (*Sorghum bicolor*), en un 13.33 % en el genotipo 855-F y 22.8 % en el Azul Verde. En el genotipo Milenio se presentan diferencias altamente significativas tanto entre los extractos, como entre las concentraciones así como en su interacción, reduciéndose la germinación hasta en un 33.9 %. Estos resultados demuestran que el genotipo Milenio es el más susceptible a estos tratamientos, mientras que el genotipo 855-F es el más resistente (Gamez *et al*, s/f).

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.

Gómez *et al.*, (2003) observo que extractos de hojas y raíces *Rumex crispus* L. y *Polygonum segetum* HBK con una concentración de 0.05 % ocasionaron un efecto inhibitorio sobre la germinación del trigo, la coliflor y la arveja.

Layne y Méndez (2007) apreciaron un efecto inhibidor 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.

Torres *et al.*, (2003) mencionan que el extracto de boniato de *Ipomoea batatas* L. aplicado al suelo no mostro efecto inhibitorio ni estimulante sobre la actividad germinativa en los cultivos de maíz, sorgo y melón.

Penna *et al.*, (2003) mencionan que extractos acuosos de *Chenopodium ambrosioides* L. retardan y pueden llegar a inhibir la germinación de la maleza *Bidens pilosa* L. según el método de obtención.

González L. (2011) menciona que el extracto acuoso de hojas de *Eucaliptus gomphocephala* no mostro efectos significativos sobre la germinación de semillas de *A. hybridus*, *P. oleracea* y *E. colona*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación de lugar 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.

Colecta y/o obtención de semillas

Las semillas de *Amaranto hypochondriacus* fueron proporcionadas en el municipio de San Mateo Coatepec, Atzitzihuacan, Puebla, y las semillas de maíz (*Zea maíz*) fueron obtenidas dentro de las instalaciones de la Universidad.

Colecta de material Vegetal

Se colectaron hojas de mezquite en las instalaciones de la Universidad, tratando que fueran hojas jóvenes en su mayoría, posteriormente se trasladó al laboratorio de Toxicología para secar.

Elaboración de extracto.

Las hoja de Mezquite colectadas trituraron y se le agrego el 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 filtro 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 dejo 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 y los extractos se procedió a la elaboración de las concentraciones que fueron como sigue; 300, 600, 900, 1,200, 1,500 y 1,800 ppm, teniendo un testigo con agua, se depositaron 2 mL de cada concentración en cada caja petri previamente preparada con papel filtro para la conservación de la humedad, se etiquetó para una mejor identificación en base a las concentraciones del extracto en T1-T6, mas el testigo con agua T7 , posteriormente se colocaron diez semillas de amaranto *hypochondriacus* y cinco semillas de maíz en el contorno por cada caja petri.

Toma de datos

Se estuvo regando con agua cada tercer día durante todo el experimento. Se realizaron dos muestreos, el primero a los 4 y 13 días después de establecer el experimento, en el primero y segundo para obtener el porcentaje de germinación, en el segundo muestreo se obtuvo la medición de las variables de vigor.

Variables evaluadas:

Germinación estándar, variables vigor (evaluado en laboratorio, Longitud Media de Plúmula (L.M.P), Longitud Media de Radícula (L.M.R), peso fresco (P. F.))

Diseño experimental

En este trabajo de investigación el diseño estadístico utilizado fue completamente al azar, para analizar los resultados obtenidos se utilizó el paquete de diseños experimentales de la Universidad de Nuevo León-Facultad de Agronomía (FAUANL, 1994). Se tenían 2 cultivos a evaluar con 7 tratamientos y 4 repeticiones cada tratamiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de datos de amaranto

Porcentajes de Germinación

Para el caso de germinación de Amaranto se tomaron 2 lecturas teniendo de acuerdo a lo obtenido ninguna de las concentraciones empleadas del extracto de mezquite no promueven la germinación ya que no se obtuvieron porcentajes mejores al testigo, por lo contrario inhiben la germinación ya que para el caso de la primera y segunda lectura el testigo presento los porcentajes más altos siendo un 58 y un 93 % respectivamente (Cuadro 3).

Para el caso de la 300 ppm donde se observa una germinación del 15 % no es suficiente ya que el testigo presento más del 50 % de germinación lo cual nos indica que a concentraciones altas de extracto de mezquite se tiene una inhibición sobre la germinación de semillas de amaranto o un efecto alelopático. Por otra parte Torres *et al.*, (2003), menciona 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.

Zamora (2005) reporto una inhibición en la germinación al aplicar extractos de *Lupinus exaltatus* en semillas de *Amaranthus hybridus*.

Torres *et al.*, (2003), mencionan que el extracto de *Ipomoea batatas L.* aplicado al suelo no muestra un efecto inhibitorio ni estimulante sobre la actividad germinativa en los cultivos de maíz, sorgo y melón.

Gómez *et al.*, (2003) que observo 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.

Por su parte Laynez y Méndez (2007) en estudios realizados con extractos acuosos de la maleza *Cyperus rotundus L* encontraron un efecto inhibidor en la germinación del maíz (*Zea mays L.*) al aumentar la concentración del extracto en 4,0 y 6,0 % p/v.

Zarate *et al.*, (2006), reporto que al aumentar la concentración del extracto acuoso de raíz y hoja de *calia secundilora* se aumenta la inhibición en la germinación de semillas de *Lactuca sativa*, *Amaranthus hybridus*, *Lolium perenne*, *Ipomoea purpurea*, *Bides odorata*.

Cuadro 3. Porcentaje de germinación de Amaranto.

Conc. (ppm)	1^{ra} lectura (%)	2^a lectura (%)
T1 (300)	15	65
T2 (600)	5	50
T3 (900)	0	28
T4 (1200)	0	0
T5 (1500)	0	0
T6 (1800)	0	0
T7 (Agua)	58	93

Como se observa en la Figura 4, el porcentaje de germinación fue muy bajo para la primera lectura teniendo germinación únicamente en el T1, T2 y en el testigo. Para la segunda lectura se incrementó teniendo en 3 tratamientos germinación (T1, T2, y T3) y en el testigo obteniendo hasta un 93 % de germinación, lo cual nos indica que para el caso de amaranto no es conveniente aplicar extracto de mezquite. En los tratamientos T4, T5 y T6 no se observó germinación, lo cual nos indica que el mezquite a concentraciones altas en la segunda lectura sobre amaranto inhibe la germinación.

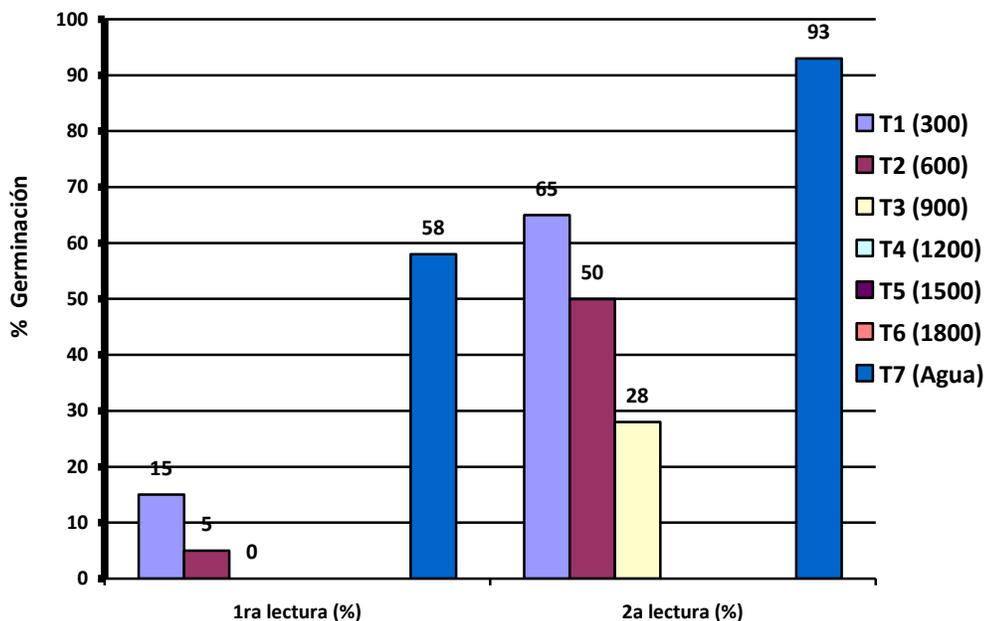


Figura 4. Comportamiento de germinación de Amaranto.

Análisis de varianza de Germinación en la primera lectura

Como se puede observar en el Cuadro 4, de acuerdo al análisis de varianza muestra que hay una diferencia altamente significativa con un 100 % de confiabilidad, con un coeficiente de variación entre los datos es muy elevada del 71.34 %.

Cuadro 4. Análisis de varianza.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	6	8135.6499	1355.9416	21.3707	0.000
ERROR	21	1332.4218	63.4486		
TOTAL	27	9468.0717			

C.V. = 71.34 %

Comparación de medias segunda lectura

Como se puede ver en la comparación de medias se puede observar que en la toma de datos de la primera lectura no hay diferencia estadística entre los Tratamientos evaluados (Cuadro 5).

Cuadro 5. Comparación de medias con un Nivel de significancia de 0.05.

TRATAMIENTO	MEDIA
7	49.3900 A
1	19.5525 B
2	9.2200 BC
4	0.0000 C
5	0.0000 C
6	0.0000 C
3	0.0000 C

Análisis de varianza de Germinación en la segunda lectura

Como se puede observar en el Cuadro 6, de acuerdo al análisis de varianza muestra que hay una diferencia altamente significativa con un 100 % de confiabilidad, con un coeficiente de variación entre los datos de un 36.00 %.

Cuadro 6. Análisis de varianza.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	6	24627.511719	4104.585449	34.8820	0.000
ERROR	21	2471.082031	117.670570		
TOTAL	27	27098.593750			

C.V. = 36.00 %

Comparación de medias segunda lectura

Como se puede ver en la comparación de medias se puede observar que en la toma de datos de la primera lectura hay diferencia estadística entre los Tratamientos evaluados (Cuadro 7).

Cuadro 7. Comparación de medias con un Nivel de significancia de 0.05.

TRATAMIENTO	MEDIA
7	81.6975 A
1	54.0000 B
2	44.4125 BC
3	30.8025 C
5	0.0000 D
6	0.0000 D
4	0.0000 D

Vigor (Longitud de Plúmula, Longitud de Radícula y Peso fresco).

Como se observa en el cuadro 8 en los tratamientos donde hubo germinación no hubo buen desarrollo de plúmula y radícula, encontrando también un peso por debajo de lo obtenido en el testigo, lo cual nos muestra que el extracto ocasiona un daño en los parámetros de calidad al germinar la semilla.

Cuadro 8. Comparación de los tratamientos.

Conc. (ppm)	Long. plúmula	Long. radícula	Peso fresco
T1 (300)	1.9467	0.6974	0.0059
T2 (600)	1.0364	0.4308	0.0039
T3 (900)	1.1808	0.4308	0.0044
T4 (1200)	-	-	-
T5 (1500)	-	-	-
T6 (1800)	-	-	-
T7 (Agua)	3.0239	1.8660	0.0080

Longitud de Plúmula: Como se puede observar en el Cuadro 9, de acuerdo al análisis de varianza muestra que hay una diferencia altamente significativa con un 100 % de confiabilidad, con un coeficiente de variación entre los datos es alto de 30.55 %.

Cuadro 9. Análisis de varianza.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	6	24.9647	4.160799	87.4034	0.000
ERROR	21	0.9996	0.047605		
TOTAL	27	25.9644			

C.V. = 30.55 %

Comparación de medias

Como se puede ver en la comparación de medias hay diferencia estadística entre los Tratamientos evaluados, T7, T1 son estadísticamente diferentes, T2 y T3 son iguales, T5, T6 y T7 tienen un comportamiento similar, siendo estadísticamente iguales (Cuadro 10).

Cuadro 10. Comparación de medias con un Nivel de significancia de 0.05.

TRATAMIENTO	MEDIA
7	2.7775 A
1	1.2575 B
2	0.6425 C
3	0.3225 C
5	0.0000 D
6	0.0000 D
4	0.0000 D

Longitud de Radícula: Como se puede observar en el Cuadro 11, de acuerdo al análisis de varianza muestra que hay una diferencia altamente significativa con un 100 % de confiabilidad, con un coeficiente de variación entre los datos es elevada del 51.64 %.

Cuadro 11. Análisis de varianza.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	6	8.8779	1.4796	42.4756	0.000
ERROR	21	0.7315	0.0348		
TOTAL	27	9.6095			

C.V. = 51.64 %

Comparación de medias

Como se puede ver en la comparación hay diferencia estadística entre los Tratamientos evaluados el T7 y T2 son independientes uno del otro, para el T1 y T2 tienen un comportamiento similar, para el caso del T2, T3, T4, T5 y T6 tienen un comportamiento similar o igual estadísticamente hablando (Cuadro 12).

Cuadro 12. Comparación de medias con un Nivel de significancia de 0.05.

TRATAMIENTO	MEDIA
7	1.6850 A
1	0.4750 B
2	0.2025 BC
3	0.1675 C
5	0.0000 C
6	0.0000 C
4	0.0000 C

Peso fresco: Como se puede observar en el Cuadro 13, de acuerdo al análisis de varianza muestra que hay una diferencia altamente significativa con un 100 % de confiabilidad, con un coeficiente de variación entre los datos es muy elevada del 30.91 %.

Cuadro 13. Análisis de varianza.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	6	0.0001	0.0000	93.9044	0.000
ERROR	21	0.0000	0.0000		
TOTAL	27	0.0001			

C.V. = 30.91 %

Comparación de medias

Como se puede ver en la comparación de medias hay diferencia estadística entre los Tratamientos evaluados teniendo un comportamiento diferente entre el T7, T1 y el T3, por otro lado el T3, T2 se comportan igual, los tratamientos T5, T6 y T4 también tienen un comportamiento similar estadísticamente hablando (Cuadro 14).

Cuadro 14. Comparación de medias con un Nivel de significancia de 0.05.

TRATAMIENTO	MEDIA
7	0.0071 A
1	0.0038 B
3	0.0009 C
2	0.0009 C
5	0.0000 D
6	0.0000 D
4	0.0000 D

Análisis de datos de maíz

Porcentajes de Germinación

Como se observa en el Cuadro 15, el extracto de mezquite para el cultivo de maíz presento porcentajes de germinación mejores que los encontrados en el cultivo del amaranto y por encima del testigo desde la primera lectura de germinación, teniendo que a la concentración de 300 ppm obtuvo el 100 % de germinación, la germinación fue disminuyendo conforme se incrementaba la concentración del extracto de mezquite, en el testigo se encontró un 80 % de germinación, siendo menor que lo encontrado en el T1 a 300 ppm. Para la segunda lectura ya se obtuvo el 100 % de

germinación en el testigo lo que se tenían en la primera lectura para el T1, en la segunda lectura para T2, T3, y T4 también se alcanzaron el 100 % de germinación y para T5 y T6 se obtuvo un 95 % de germinación, lo encontrado para la segunda lectura nos muestra que el extracto de mezquite promueve la germinación de semilla de maíz bajo condiciones de laboratorio a un concentración baja del extracto. Lo anterior coincide con el trabajo que realizo Martínez, (2007) que obtuvo altos porcentajes de germinación al emplear sustancias vegetales a base de aceites de cacahuete, coco, olivo, ricino y cítricos.

Estos datos coinciden con Sobrero *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.

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, para este caso no fue así ya que las concentraciones más altas solo inhibieron el 5 % de germinación de maíz.

Ahmed y Ahamad (1992), probaron la eficacia de varias plantas con propiedades medicinales y de uso culinario contra *Callosobruch chinensis*, llegando una conclusión que las especies vegetales, aparte de no afectar la germinación, no presentan toxicidad para mamíferos.

Zarate *et al.*, (2006), encontró con el extractos acuoso de raíz y hoja de *calia secundilora* a concentraciones bajas promueve la germinación de semillas de *Lactuca sativa*.

Cuadro 15. Porcentaje de germinación de maíz.

Conc. (ppm)	1^{ra} lectura (%)	2^a lectura (%)
T1 (300)	100	100
T2 (600)	65	100
T3 (900)	60	100
T4 (1200)	60	100

T5 (1500)	50	95
T6 (1800)	53	95
T7 (Agua)	80	100

Como se observa en la Figura 5, el porcentaje más alto de germinación se obtuvo con 300 ppm, el cual fue incrementando en los demás tratamientos para la segunda lectura los porcentajes obtenidos se observaban por encima del 90 % para todos los tratamientos en los cuales se utilizó el extracto de mezquite.

El extracto de mezquite puede funcionar si se quiere acelerar germinación ya que en menos tiempo se logró obtener el 100 % en comparación con el testigo que solo tenía agua (Figura 5).

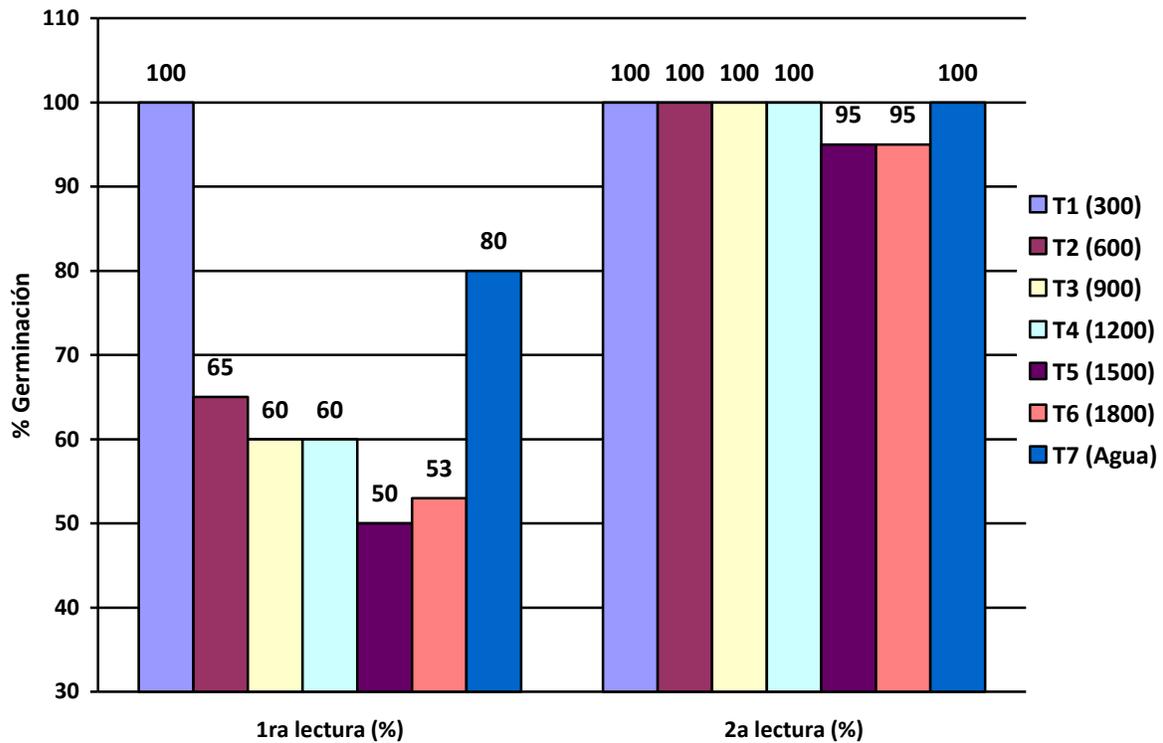


Figura 5. Comportamiento de germinación de maíz.

Análisis de varianza de Germinación en la primera lectura

Como se puede observar en el Cuadro 16, de acuerdo al análisis de varianza muestra que hay una diferencia altamente significativa con un 99.96 % de confiabilidad, con un coeficiente de variación entre los datos de 28.23 %.

Cuadro 16. Análisis de varianza.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	6	6600.000000	1100.000000	2.8171	0.036
ERROR	21	8200.000000	390.476196		
TOTAL	27	14800.000000			

C.V. = 28.23 %

Comparación de medias de la segunda lectura

Como Se puede ver en el Cuadro 17, hay diferencia estadística entre T1 y T5, y se alguna manera el resto de los Tratamientos evaluados (T2, T3, T4, T6, y T7), muestran una similitud.

Cuadro 17. Comparación de medias con un Nivel de significancia de 0.05.

TRATAMIENTO	MEDIA
1	100.0000 A
7	80.0000 AB
6	75.0000 ABC
2	65.0000 BC
3	60.0000 BC
4	60.0000 BC
5	50.0000 C

Análisis de varianza de Germinación en la segunda lectura

Como se puede observar en el Cuadro 18, de acuerdo al análisis de varianza muestra que hay una diferencia altamente significativa con un 99.44 % de confiabilidad, con un coeficiente de variación entre los datos muy bajo de 8.06 %.

Cuadro 18. Análisis de varianza del maíz.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTO	6	251.9687	41.9947	0.8334	0.559
ERROR	21	1058.1562	50.3883		
TOTAL	27	1310.1250			

C.V. = 8.06

No hay diferencia significativa entre los tratamientos.

Vigor (Longitud de Plúmula, Longitud de Radícula y Peso fresco)

Como se observa en el cuadro 19, todos los tratamientos mostraron una longitud de plúmula mayor al T7, para el caso de longitud de radícula ninguno de los tratamientos mostraron mayor longitud que el T7, en lo referente al peso fresco todos los tratamientos mostraron una mayor cantidad en comparación al T7, a nivel general el extracto de mezquite favoreció en cuanto a la longitud de plúmula y peso fresco, lo cual podría ser una buena opción de aplicación.

Cuadro 19. Comparación de los tratamientos.

Conc. (ppm)	Long. Plúmula	Long. Radícula	Peso fresco
T1 (300)	5.785	4.48	0.8448
T2 (600)	4.63	3.65	0.7326
T3 (900)	3.895	3.755	0.7267
T4 (1200)	4.845	3.36	0.8342
T5 (1500)	4.5725	3.273	0.7769
T6 (1800)	5.1562	3.33	0.8386
T7 (Agua)	3.775	4.66	0.6793

Longitud de Plúmula: Como se puede observar en el Cuadro 20, de acuerdo al análisis de varianza muestra que hay una diferencia altamente significativa con un 99.71 % de confiabilidad, con un coeficiente de variación entre los datos es bajo con un 24.94 %.

Cuadro 20. Análisis de varianza.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	6	10.6684	1.7780	1.3465	0.281
ERROR	21	27.7305	1.3205		
TOTAL	27	38.3990			

C.V. = 24.94 %

No hay diferencia significativa

Longitud de Radícula: Como se puede observar en el Cuadro 21, de acuerdo al análisis de varianza muestra que hay una diferencia altamente significativa con un 99.99 % de confiabilidad, con un coeficiente de variación entre los datos es bajo con un 15.01 %.

Cuadro 21. Análisis de varianza.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	6	10.2990	1.7165	5.1853	0.002
ERROR	21	6.9516	0.3310		
TOTAL	27	17.2507			

C.V. = 15.01 %

Comparación de medias

Como se puede ver en la comparación de medias hay diferencia estadística entre los Tratamientos evaluados habiendo alguna similitud entre el T7 y T1, por otra parte entre T1, T2 y T3y en otro grupo se comportan similar T3, T2, T4, T6 y T5 (Cuadro 22).

Cuadro 22. Comparación de medias con un Nivel de significancia de 0.05.

TRATAMIENTO	MEDIA
7	4.9850 A
1	4.4800 AB
3	3.7550 BC
2	3.6500 BC
4	3.3600 C
6	3.3300 C
5	3.2738 C

Peso fresco: Como se puede observar en el Cuadro 23, de acuerdo al análisis de varianza muestra que hay una diferencia altamente significativa con un 99.70 % de confiabilidad, con un coeficiente de variación entre los datos es bajo con un 13.77 %.

Cuadro 23. Análisis de varianza.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	6	0.0872	0.0145	1.3034	0.298
ERROR	21	0.2343	0.0111		
TOTAL	27	0.3216			

C.V. = 13.77 %

No hay diferencia significativa

CONCLUSIONES

El extracto a base de mezquite afecta la germinación de Amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*), para este caso no es un buena alternativa, por otro lado es una buena alternativa para acelerar germinación de maíz (*Zea mays*) sin dañar su calidad, llegando a obtener plantas más vigorosas.

LITERATURA CITADA

- Aguirre, A. and H. J. Wrann. 1984. "Especies del género *Prosopis* y su manejo en la Pampa Del Tamarugal" in: Estado actual del conocimiento sobre *Prosopis tamarugo*. Mario Habit, Mesa redonda Internacional sobre *P. tamarugo* Phil, Chile. Santiago, FAO, Pp.3–13
- Ahmad, A.; Khursheed, A. K. 1989. "Antifungal activity of some hidrosoluble *Prosopis juliflora* alkaloids". *Fitoterapia*, 60(1):86-89.
- Ahmad, V. U.; Sultana, A.; Qazi S., 1989. "Alkaloids from the leaves of *Prosopis juliflora*". *Journal Natural Products*, 52(3): 497-501.
- Ahmed, S. M. and A. Ahamad., 1992. Efficacy of some indigenous plants as pulse protectants against *Callosobruchus chinensis*L. infestation. *Int. Pest Control* 34:5456.
- Alcedo, G. E. C. 1988. Evaluation of flour from *Prosopis juliflora* and *Prosopis pallida* pods in bakery and extrusion-cooking products. In *The current state of knowledge on Prosopis juliflora*. International Conference on *Prosopis* FAO, Rome. p.425-442.
- Allelopathy in the next millennium, 2001. Efecto alelopático del boniato (*Ipomea batatas* L. (Lam.)), sobre la germinación y crecimiento de cultivos y malezas.
- An, M.; J. Pratley and T. Haig. 2000. [Allelopathy: from concept to reality. en:[<http://me.csu.edu.au/agronomic/papers/314.html>.]]
- Azevedo, C. F. de. 1982a. Algarobeira na alimentação animal e humana: In *Simpósio Brasileiro Sobre Algaroba Anais*. EMPARN, Natal, p, 283-299
- 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.; Trecente, 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*

- Blum, L.; Kogan, M. 1992. Introduction. [En línea 22 de mayo 2012. [<http://www.emas.co.cl/categorias/cnaturales/alelopatia.htm>]]
- Brenner, D. 1990. Seed shattering control with indehiscent utricles in grain amaranths. *Legacy* 3 (1): 2-3
- Burkart, F. 1963. "Los algarrobos"- Obra auspiciada por CONCYTEC.
- Casas, A.; Valiente, A. B.; Viveros, J. L.; Caballero, J.; Cortés L, Dávila, P.; Lira, R.; Rodríguez, I. 2001. Plant Resources of the Tehuacán Cuicatlán Valley, Mexico. *Economic Botany*, 55 (1): 129-166
- Celis, A. 1995. "Los algarrobos"- Obra auspiciada por CONCYTEC.
- Conabio. *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. (1825).
- Cultivos andinos FAO. [Origen y botánica de la especie *hypochondriacus* [<http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro01/Cap2.htm>]]
- Drumond, 1988. "Foliar Analysis of Species of the Genus *Prosopis* in the Brazilian Semi-Arid Region". The Current State of Knowledge on *Prosopis juliflora* ; FAO (pag 307–311)
- Duke, 1985. Introducción. [En línea 22 de mayo 2012. [<http://www.emas.co.cl/categorias/cnaturales/alelopatia.htm>]]
Económicos y Sociales del Tercer Mundo. México.
- Espinosa, E. y Lina, P. (2008). La sobreexplotación del mezquite y el deterioro de los ecosistemas en: Sustentabilidad de la planificación territorial del desarrollo y medio ambiente de la ZMVM en la Zona Centro del País". Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional. México, D.F. 16 p.
- 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
- FAO.1980. [las especies del genero *prosopis*. *Prosopis juliflora* [<http://www.fao.org/DOCREP/006/AD314S/AD314S06.htm>.]]
- Felger R. S. 1977. Mezquite In, Indian Cultures of Southwestern North America, En: Mesquite Its Biology in Two Desert Scrub Ecosystems, Ed. B. B. Simpson, Dowden, Hutchinson y Ross, Institution, Stroudsburg, Pensilvania, pp. 150-235.

- Figueiredo, A. de A. 1987. Industrialização das vagens de algaroba (*Prosopis juliflora* (SW) DC) visando a produção da goma da semente. Revista da Associação Brasileira de Algaroba, 1(1): 7-34.
- Gámez G. H.; Moreno, Limón, S.; Zavala, García, F.; Ríos, Reyes, A.; Campos, García, J.; García, Arellano, A. R.; Nava, González, L. E; S/F. Potencial alelopático de extractos foliares de *Helietta parvifolia* L., *Karwinskiahumboldtiana* L. y *Larrea tridentata* L. sobre germinación y crecimiento de tres genotipos de sorgo”
- García y Valdez 2002.[En línea 22 de mayo 2012.[http://cdigital.dgb.uanl.mx/te/1020135235/1020135235_03.pdf]
- Golubov, J., Mandujano, M. y Eguiarte, L. 2001. The paradox of mezquites (*Prosopis spp.*): Invading species of biodiversity enhancers. *Bol. Soc.Bot. Mex.* (69): 21-28 p.
- Gomes y Muñiz. 1988. “Wood Structure and Ultrastructure of *Prosopis caldenia*, *P.chilensis* and *P. Juliflora* and Influence of Ecological Factors”. The Current State of Knowledge on *Prosopis juliflora*; FAO (pag 187–192)
- 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. Nº1. Septiembre 2003.
- Gómez, C.; Arango R.; Arévalo, P.; Delgado, C.; Guzmán, M.; León, S.; Marentes, D.; Correa, E. y Vargas S. 2003. Algunos Estudios de alelopatía de *Rumex crispus* L. *Polygonum segetum* HBK., en Colombia. Revista Corpoica. Vol. 4. Nº1.
- Gonzalez L. 2011. Proyecto final de master. Efectos del aceite esencial y extractos acuosos de *Eucalyptus gomphocephala* DC. Sobre la germinación y crecimiento de arvenses.
- Granados, D. 1996. El mezquite: el árbol de desierto. Chapingo, serie Ciencias Ambientale, vol II (1): 37-51 p.
- Gutiérrez, M. O.; Figueroa, R.B.; Aldama, L.L.; Luna M.C.L.; Ramos, J.M.S.; Camacho O.M. Actividad insecticida de *Prosopis juliflora* (Sw.) D. C. (Fabaceae) sobre *Bemisia tabaci* Gennadius (Homoptera: Aleyrodidae)
- haag, h.p.; sarruge, j.r.; oliveira, g.s.; poggiani, f. and ferreira, c. a., 1976: “Análise foliar em cinco espécies de eucaliptos,” São Paulo, esalq, p. 20.

- Henderson, T. L. 1993. Agronomic evaluation of grain amaranth in North Dakota. Tesis Ph. D. North Dakota State, North Dakota, USA.
- Hoyle, M. C. And Mader, D. L. 1964. "Relationships of foliar nutrient to growth of red Pine in western Massachusetts" *Forest Science*, Washington, 10(3):337-47
- Instituto Cristiano De Promoción Campesina. 1998. Alelopatia. Área De Técnicas Agropecuarias Sostenibles.
- Introducción. Alelopatía. <http://www.e-mas.co.cl/categorias/cnaturales/alelopatia.htm>
- Irving, D. W., A. A. Betschart y R. M. Saunders. 1981. Morphologic studies on *Amaranthus cruentus*. *J. Foods Science* 46: 1170-1173.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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):055060.
- Lima, P. C. F. 1987. Produção de vagens de algaroba. *Revista da Ass. Brasileira de Algaroba*, 1(2): 151-170.
- Lima, P. C. F. 1994. Comportamento silvicultural de espécies de *Prosopis*, em Petrolina- PE, região semi-árida brasileira.. Tese (Doutorado) - Escola de Florestas - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 110p.

- Macías, F. A.; A. Torres; R. A. Molinillo y D.Castellanos 1996: Potential allelopathic sesquiterpene lactones of sunflower leaves. Dpto de Química Orgánica. Facultad de Ciencias, Universidad de Cádiz, España.
- Mendes, B. V. 1984. Potencial idade de utilização da algarobeira. *Silvicultura*, v.37, p.26-27, 1984.
- Mendes, B. V. 1988. Potential offered by *Prosopis juliflora* (SW) DC in the Brazilian semiárid region. In: The current state of knowledge on *Prosopis juliflora*. International Conference On *Prosopis*. FAO, Rome. p,61-62
- Molish, 1937. Introducción. [En línea 22 de mayo 2012. [<http://www.e-mas.co.cl/categorias/cnaturales/alelopatia.htm>]]
- Mujica, S. A. y A. Quillahuaman. 1989. Fenología del cultivo de la kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.). p. 29-31. *En*: Curso taller fenología de cultivos andinos y uso de la información agrometeorológica. Puno, 7-10 agosto. INIA, PICA. Perú.
- Muller, 1969. Introducción. [En línea 22 de mayo 2012. [<http://www.e-mas.co.cl/categorias/cnaturales/alelopatia.htm>]]
- National Academy of Sciences. 1984. Especies para leña: arbustos y árboles para producción de energía. CATIE / NAS, Turrialba. 344p.
- National Academy of Sciences. 1980. Firewood crops: shrub and tree species for energy production. Washington, 237p
- Nieto, C. 1990. El cultivo de amaranto (*Amaranthus* spp) una alternativa agronómica para Ecuador. INIAP, EE. Santa Catalina. Publicación Miscelánea N°52. Quito, Ecuador.
- Nobre, F. V. 1982. A algarobeira no Nordeste brasileiro, especialmente no Rio Grande do Norte. In Simpósio Brasileiro sobre Algaroba. Anais. EMPARN, Natal. P. 257-282.
- Osuna, E. y Meza, R. 2003. Alternativas para la explotación sostenible del mezquital de Baja California Sur. Folleto técnico número 8 INIFAP-CIRNO-Campo Experimental Todos Santos. La Paz, Baja California Sur. México. 55 p.
- Peña 1996. [En línea 22 de mayo 2012. [http://cdigital.dgb.uanl.mx/te/1020135235/1020135235_03.pdf]]

- Peña, P, R. y López, P. J. 1997. La técnica generada para el cultivo de amaranto en el I. T. A. No. 29 de Xocoyucan, Tlaxcala. p. 5.
- Penna, A.B.; Panzardi, S. R.;folcia, A.M.; Leicach,S; 2003. Efectos alelopáticos de extractos acuosos de *Chenopodium ambrosioides L.* sobre la germinación de *Bidens pilosa L.*
- Ralph, 1950. El amaranto: marzo 2008. [Documento en línea: http://botanicaeconomicadeamaranto.blogspot.mx/2008_03_01_archive.html]
- Ramírez, V. M. L. 2005. Efecto del crecimiento determinado e indeterminado en la calidad de la semilla en amaranto (*Amaranthus hypochondriacus L.*) Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de Méx. 76 p.
- Reina, 1990. [En línea 22 de mayo 2012. [http://cdigital.dgb.uanl.mx/te/1020135235/1020135235_03.pdf]]
- Ribaski J; P. C. F. Lima. 1997. “Especies Arbóreas y Arbustivas para las zonas áridas Semiáridas de América Latina”. Publicación en el marco del programa FAO / PNUMA. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago Chile
- Riveiro, S. 2004. El día en que muera el sol: contaminación y resistencia en México. GRAIN
- Rizvi, S. J. H.; V. Rizvi, “Allelopathy. Basic and applied aspects”, (Chapman and Hall. London, 1981) pp 1-10.
- Robertson, K. R. 1981. The General of Amarantaceae in the south eastern United States. Journal of The Arnold Arboretum 62 (3): 267-314.
- Rocha, R. G. A. 1988. *Prosopis juliflora* as a source of food and medicine for rural inhabitants in Rio Grande do Norte. In The current state of knowledge on *Prosopis juliflora*. International Conference on *Prosopis* FAO, Rome. p.397-404
- Rodríguez, F. y Maldonado, A. 1996. Overview of past, current and potential uses of mesquite in Mexico. In: *Prosopis* spp: semiarid fuel wood and forage tree building. Felker, R. and Moss, J. (eds). Center for Semi-arid. Forest Resources. Texas A&M University. Washington D.C., EEUU. 641-652 p.
- Rzedowski, J. 1988. Análisis de la distribución geográfica del complejo *Prosopis* (Leguminosae, Mimosoideae) en Norteamérica. Acta Botánica Mexicana número 3. 7-19 p.

- Saina, 1973. El amaranto: marzo 2008. [en línea mayo 28 de 2012
[\[http://botanicaeconomicadeamaranto.blogspot.mx/2008_03_01_archive.html\]](http://botanicaeconomicadeamaranto.blogspot.mx/2008_03_01_archive.html)
- Salvat, A., Antonacci, L., Suarez, E., Godoy, H., 2004. "Antimicrobial activity in methanolic extracts of several plant species from northern Argentina". *Phytomedicine*, 11: 230-234.
- Samoylenko, V., Ashfaq, M.K., Jacob, M. R., Tekwani, B. L., Khan, S. I., Manly, S.P., Joshi, V.C., Walter, L. A., Muhammad I., 2009. "Indolizidine, Antiinfective and Antiparasitic Compounds from *Prosopis glandulosa* var. *glandulosa*". *Journal of Natural Products*, 72: 92-98.
- 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.
- Sánchez, M. A. 1980. Potencial agroindustrial del amaranto. Centro de Estudios
- Sánchez, 1984. "Taxonomía del género *Prosopis* y su análisis cuantitativo, a nivel del Departamento de Lambayeque". Tesis Ing. Agrónomo. UNPRG. Perú
- Secretaria 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]]
- Sharma B. M. 1984. "Scrub forest studies-foliar and soil nutrient status of *Prosopis Juliflora* DC". *Indian Forester*, 110(4):367-74.
- Silva, S. 1988 b. *Prosopis juliflora* (SW) DC in Brazil. In The current state knowledge on *Prosopis juliflora*. International Conference o *Prosopis*. FAO, Roma. p,29-58.
- Sobrero, M.; Ochoa, M.; Chaila S. 2004. Potencial Alelopatico de *Wedelia glauca*: Efecto sobre especies hortícolas. *Planta Daninha*, Viçosa-MG, v.22, n.1, p.7175.
- Sumar, K. L. 1993. La kiwicha y su cultivo. Centro Bartolomé de las Casas. Cusco, Perú.
- Tapia, M. 1997. Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación. 2a Edición. FAO, Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile
- 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.

- 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.
- Transue, D. K., Fairbanks, D. J., Robinson, L. S. y W. R. Anderson. 1994. Plant Genetic resource. *Crop. Sci.* 34: 1385-1389.
- Trinidad 1997. [En línea 28 de mayo 2012. [http://cdigital.dgb.uanl.mx/te/1020135235/1020135235_03.pdf]]
- Tukey 1969. Introducción. [En línea 22 de mayo 2012. [<http://www.e-mas.co.cl/categorias/cnaturales/alelopatia.htm>]]
- Zamora N., J. F. 2005. Alcaloides en *Lupinus exaltatus* Zucc. (Fabaceae): contenido. Composición y actividad biológica. Tesis de doctorado. Botánica. Colegio de posgraduado. Campus montecillo, México. 103 p.
- Zamorano, C. 2006. Alelopatía: Un Nuevo Reto en la Ciencia de las Arvenses en el Trópico. *Agron.* 14(1): 7-15, Agosto 2006.
- Zarate, H. J.; García, M. R.; Zavala, Ch. F.; Pérez, L. R. y Soto, H. M. 2006. Fitotóxicidad de los extractos de *Calia secundiflora* (Ort) Yakovlev. *Revista Chapingo Serie Horticultura.* 12(2): 197-202.
- 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.

Apéndice

Cuadro A1. Transformación de datos germinación de Amaranto.

Conc. (ppm)	Rep	1^{ra} lectura	2^a lectura
T1 (300)	1	33.21	50.77
	2	0.00	63.44
	3	18.44	45
	4	26.56	56.79
T2 (600)	1	18.44	45
	2	0.00	50.77
	3	0.00	63.44
	4	18.44	18.44
T3 (900)	1	0.00	18.44
	2	0.00	45
	3	0.00	33.21
	4	0.00	26.56
T4 (1200)	1	0.00	0
	2	0.00	0
	3	0.00	0
	4	0.00	0
T5 (1500)	1	0.00	0
	2	0.00	0
	3	0.00	0
	4	0.00	0
T6 (1800)	1	0.00	0
	2	0.00	0
	3	0.00	0
	4	0.00	0
T7 (Agua)	1	56.79	90
	2	50.77	90
	3	33.21	56.79
	4	56.79	90

Cuadro A2. Calidad de la semilla de Amarantho.

Conc. (ppm)	Rep	Long. plántula	Long. radícula	Peso fresco
T1 (300)	1	1.8333	0.4	0.0053
	2	1.825	0.9125	0.0053
	3	2.1	0.52	0.0073
	4	2.0285	0.9571	0.0057
T2 (600)	1	1.7	0.44	0.0059
	2	1.2833	0.4333	0.0061
	3	1.0625	0.35	0.0032
	4	0.1	0.5	0.00044
T3 (900)	1	1.3	0.5	0.0108
	2	1.14	0.44	0.0025
	3	1.3333	0.4333	0.002
	4	0.95	0.35	0.0023
T4 (1200)	1	-	-	-
	2	-	-	-
	3	-	-	-
	4	-	-	-
T5 (1500)	1	-	-	-
	2	-	-	-
	3	-	-	-
	4	-	-	-
T6 (1800)	1	-	-	-
	2	-	-	-
	3	-	-	-
	4	-	-	-
T7 (Agua)	1	3.03	1.13	0.007
	2	2.77	2.08	0.0066
	3	3.2857	2.4142	0.0127
	4	3.01	1.84	0.0059

Cuadro A3. Transformación de datos germinación de Maíz.

Conc. (ppm)	Rep	1^{ra} lectura	2^a lectura
T1 (300)	1	90	90
	2	90	90
	3	90	90
	4	90	90
T2 (600)	1	63.44	90
	2	50.77	90
	3	50.77	90
	4	50.77	90
T3 (900)	1	39.23	90
	2	50.77	90
	3	50.77	90
	4	63.44	90
T4 (1200)	1	63.44	90
	2	39.23	90
	3	63.44	90
	4	39.23	90
T5 (1500)	1	39.23	90
	2	26.56	90
	3	50.77	90
	4	63.44	63.44
T6 (1800)	1	39.23	90
	2	90	90
	3	50.77	63.44
	4	18.44	90
T7 (Agua)	1	50.77	90
	2	63.44	90
	3	63.44	90
	4	90	90

Cuadro A4. Calidad de la semilla de Maíz.

Conc. (ppm)	Rep	Long. plántula	Long. radícula	Peso fresco
T1 (300)	1	6.34	3.9	0.9507
	2	4.9	4.44	0.7933
	3	4.92	4.36	0.7476
	4	6.98	5.22	0.8876
T2 (600)	1	3.04	3	0.7271
	2	6.04	4.06	0.7188
	3	5.64	3.7	0.7037
	4	3.8	3.84	0.7808
T3 (900)	1	3.8	4.14	0.6444
	2	3.06	3.14	0.6227
	3	4.26	3.82	0.8489
	4	4.46	3.92	0.7909
T4 (1200)	1	5.42	3.5	0.9431
	2	5.86	3.18	0.9591
	3	4.3	3.6	0.7294
	4	3.8	3.16	0.7052
T5 (1500)	1	3.24	3.2	0.6780
	2	3.9	2.8	0.6655
	3	5.4	3.22	0.9043
	4	5.75	3.875	0.8596
T6 (1800)	1	4.5	2.8	0.8219
	2	4.4	2.62	0.7287
	3	8.025	4.5	1.1899
	4	3.7	3.4	0.6141
T7 (Agua)	1	3.8	4.02	0.7069
	2	5.22	5.9	0.7034
	3	4.22	5.32	0.6927
	4	1.86	4.7	0.6029