

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

DIVISION DE AGRONOMIA



**EXTRACTOS DE *Larrea tridentata* Cov. COMO PROMOTORES DE LA
GERMINACIÓN DE SEMILLAS Y ELONGACIÓN DE PLÁNTULAS DE BRÒCOLI
(*Brassica oleracea* L. Grupo Itálica) Y LECHUGA (*Lactuca sativa* L.)**

Por:

FRANCISCO JAVIER ALEMAN GRANADOS

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN AGROBIOLOGIA

Buenavista Saltillo, Coahuila. México.

Marzo del 2003.

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

DIVISION DE AGRONOMIA

DEPARTAMENTO DE BOTANICA

Extractos de *Larrea tridentata* Cov. Como Promotores de la Germinación de Semillas y Elongación de Plántulas de Brócoli (*Brassica oleracea* L. Grupo Itálica) y Lechuga (*Lactuca sativa* L.)

TESIS

Presentada por:

FRANCISCO JAVIER ALEMAN GRANADOS

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

Ingeniero en Agrobiología

APROBADO

Dr. Manuel de la Rosa Ibarra (UAAAN)
Presidente del Jurado Examinador

Dr. Ricardo Hugo Lira Saldivar
Director de Tesis (CIQA)

MC. Leopoldo Arce González
Primer Sinodal

Ing. Federico Facio Parra
Sinodal Suplente

M.C. Leopoldo Arce González
Coordinador de la División de Agronomía

Buenavista, Saltillo Coahuila, México, Febrero del 2003.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, mi Alma Mater, por todo lo que me brindó.

Al Dr. Manuel de la Rosa Ibarra por su contribución, conocimientos y dedicación brindada en esta investigación.

Al Dr. Ricardo H. Lira Saldivar, del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA) por haber aportado este proyecto de investigación, así como sus valiosos comentarios y sugerencias para la conclusión de este trabajo.

Al M.C. Leopoldo Arce González, por su asesoría y contribución y revisión de la presente investigación.

Al Ing. Federico Facio Parra por su disposición y contribución al proceso de mi titulación.

Al Dr. Mario Ernesto Vásquez Badillo, a TLQ. Alejandra Torres Tapia y a la TLQ. Sandra L. García, por su valiosa colaboración y apoyo brindado durante el trabajo de laboratorio.

A todos los maestros y personal del Departamento. de Botánica y de otros Departamentos., que participaron en la conclusión de mi carrera profesional.

A mis amigos y compañeros de agrobiología: Dany, Gaby, Yessica, Marla, Rocio, Paty Chuy, Will, Pepe, Rodolfo, Tribi, Antonio, Carlos, Atilano, Emilio, Gerardo, Juan Luis, Tadeo, Chilango, Pablo, Oscar, Jaime y Mariano, con quienes comparti momentos muy agradables.

DEDICATORIA

A mis padres:

Benito Alemán Ibarra y Herlinda Granados Aguillón, quienes me enseñaron que sólo con trabajo y honestidad se disfrutan y valoran las metas que uno se propone.

A mis hermanos:

Ofelia, Silvia, Benito y Herlinda por el apoyo incondicional que siempre me brindaron; con admiración y respeto gracias por ser mis hermanos.

A mis mejores amigas (os) de agrobiología, quienes me apoyaron en mi trabajo de tesis, Yessica, Rocio y José Carmen.

Y muy especialmente a mi esposa e hijos:

Silvia, Fabiola, Javier y Daniel, las personas que más amo; que siempre confiaron en mi y que supieron comprender toda una serie de privaciones y sacrificios para llegar a la culminación de mi carrera y a los que solo me resta decirles ¡GRACIAS!.

RESUMEN

Este trabajo se llevó al cabo en el Laboratorio de Ensayo de Semillas del Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, durante el periodo comprendido de Febrero a Mayo del 2002. El objetivo fue determinar el efecto de ocho dosis de dos extractos (Metanólico y Etanólico) de Gobernadora (*Larrea tridentata*, Cov.) procedentes de los desiertos Chihuahuense, Sonorense y Mojave. Las dosis utilizadas en los bioensayos fueron 0 ppm (Testigo), 62.5, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 y 8000 ppm. Las variables evaluadas fueron porcentaje de germinación, longitud de radícula y longitud de plúmula; las evaluaciones se realizaron a los siete y catorce días después de realizada la siembra de las semillas de brócoli y a los tres y seis días para las de lechuga.

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar trifactorial (3x2x9); cada tratamiento constó de cuatro repeticiones utilizando 20 semillas por cada repetición. El análisis estadístico se realizó utilizando el Paquete Estadístico de Diseños Experimentales FAUANL, versión 2.5. de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (Olivares, 1994).

Para la variable por ciento de germinación total, en semillas de brócoli, el mejor porcentaje se obtuvo con el extracto etanólico del Desierto de Mojave a 2000 ppm, con el cual se obtuvo un 98.75 por ciento, mientras que el testigo registró un 91.25 por ciento. En cuanto a las semillas de lechuga no se detectaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos y extractos de gobernadora evaluados.

En la longitud de radícula de plántulas de brócoli, destacó el extracto etanólico del Desierto Chihuahuense a 250 ppm ya que alcanzó 7.83 cm, superando al testigo que mostró 7.42 cm; mientras que para las plántulas de lechuga el mejor resultado se observó con extracto metanólico del Desierto Sonorense, a 62.5 ppm con 3.99 cm superando al testigo que registró 2.24 cm (20 por ciento menor longitud radicular).

Para la variable longitud de plúmula, en plántulas de brócoli los mejores resultados se presentaron con el extracto etanólico del Desierto Chihuahuense, en la dosis de 500 ppm con 5.84 cm, seguido de la dosis de 250 ppm en el mismo extracto y solvente con 5.64 cm, mientras que el testigo solo obtuvo 4.21 cm (28.5 por ciento menor longitud de plúmula). Para las plántulas de lechuga, el mejor resultado se reportó con el extracto etanólico del Desierto Chihuahuense a 250 ppm con 3.28 cm superando al testigo con 19.8 por ciento, donde se observaron 2.63 cm de longitud.

Con base a los resultados obtenidos, este trabajo sugiere que los extractos etanólicos hidrosolubles de *Larrea tridentata* Cov. tienen una acción promotora de crecimiento y elongación celular de radícula y plúmula de plántulas de brócoli y lechuga, similar a la observada mediante el uso de fitohormonas como el ácido giberélico.

INDICE

	PAG
AGRADECIMIENTOS.....	<i>iii</i>

DEDICATORIA.....	iv
RESUMEN.....	v
INDICE.....	viii
INDICE DE CUADROS.....	x
INTRODUCCION.....	1
Objetivos.....	2
Hipótesis.....	3
REVISION DE LITERATURA.....	4
Germinación.....	4
Factores bióticos y abióticos en la germinación de semillas.....	6
Descripción anatómica de <i>Larrea tridentata</i>	12
Componentes fitoquímicos de <i>L. tridentata</i>	13
Propiedades antihervíboras e insecticidas del follaje de la gobernadora.	14
Propiedades antifúngicas de la gobernadora.....	17
Utilidad de <i>Larrea</i> en aspectos medicinales.....	18
Aspectos generales del cultivo de brócoli.....	19
Origen e historia.....	19
Características botánicas y taxonómicas.....	20
Aspectos generales del cultivo de lechuga.....	23
Origen e historia.....	23
Características botánicas y taxonómicas.....	23
MATERIALES Y METODOS.....	27
Localización del experimento.....	27
Obtención de la resina de gobernadora.....	27
Colecta del follaje de gobernadora.....	27
Secado del material vegetativo.....	28
Cribado de hojas secas.....	28
Extracción de la resina por el método de inmersión en los solventes.....	28
Evaporación del solvente.....	29
Secado y molienda de la resina.....	30
Preparación de las soluciones con <i>L. tridentata</i>	30

31	Adición de las soluciones a las cajas petri.....	
31	Siembra.....	
	Evaluaciones en las semillas durante los bioensayos.....	31
32	Diseño experimental utilizado.....	
	Variables evaluadas.....	33
	Porcentaje de germinación.....	33
	Longitud de radícula y plúmula.....	
33	Análisis estadístico.....	34
	RESULTADOS Y DISCUSION.....	35
	Germinación de semillas y elongación de plántulas de brócoli.....	35
	Germinación de semillas y elongación de plántulas de lechuga.....	42
	CONCLUSIONES.....	49
	LITERATURA CITADA.....	51
	APENDICE.....	56

INDICE DE CUADROS

Cuadro

Página

1.	Constituyentes fitoquímicos de <i>L.trdentata</i>	16
2.	Comparación de medias para germinación (1ª evaluación) en semillas de brócoli.....	36
3.	Comparación de medias para longitud de radícula (1ª evaluación) en semillas de brócoli.....	37
4.	Comparación de medias para longitud de plúmula (1ª evaluación) en semillas de brócoli.....	38
5.	Comparación de medias para germinación (2ª evaluación) en semillas de brócoli.....	39
6.	Comparación de medias para longitud de radícula (2ª evaluación) en semillas de brócoli.....	40
7.	Comparación de medias para longitud de plúmula (2ª evaluación) en semillas de brócoli.....	42
8.	Comparación de medias para germinación (1ª evaluación) en semillas de lechuga.....	43
9.	Comparación de medias para longitud de radícula (1ª evaluación) en semillas de lechuga.....	44
10.	Comparación de medias para longitud de plúmula (1ª evaluación) en semillas de lechuga.....	45
11.	Comparación de medias para germinación (2ª evaluación) en semillas de lechuga.....	46
12.	Comparación de medias para longitud de radícula (2ª evaluación) en semillas de lechuga.....	47
13.	Comparación de medias para longitud de plúmula (2ª evaluación) en semillas de lechuga.....	48

INTRODUCCION

El cultivo de brócoli (*Brassica oleraceae* L., Grupo Itálica), ha cobrado mayor importancia en la dieta alimenticia para la población de nuestro país. Se siembra en México durante el ciclo otoño-invierno, ya que es altamente tolerante a las heladas que se presentan durante su ciclo de desarrollo. La importancia de este cultivo hortícola radica primordialmente en su área sembrada, captación de divisas, alta rentabilidad por unidad de superficie y gran demanda de mano de obra. Los principales estados productores de brócoli en México son Aguascalientes, Baja California Norte, Guanajuato, Michoacán, Querétaro y Tamaulipas.

Por otra parte, la lechuga es la planta más importante del grupo de las hortalizas de hoja; se consume en ensaladas, es ampliamente conocida y se cultiva casi en todo el mundo.

La importancia de las semillas para siembra es de gran relevancia para los productores de cultivos básicos, hortícolas y forrajeros. Actualmente existe una gran demanda de semilla de alta calidad y sanidad a nivel mundial para contar con una mayor certeza productiva, ya que este insumo debe ser de la mejor calidad posible para asegurar una buena cosecha. Sin embargo, uno de los problemas

principales en las semillas es el deterioro, el cual es un proceso irreversible, el cual afecta la germinación de la semilla.

Cabe señalar que hoy día se está utilizando una amplia gama de reguladores de crecimiento a base de giberelinas, citocininas y auxinas, para activar o acelerar el proceso de germinación y/o elongación celular, sin embargo, existen otros productos como los extractos resinosos obtenidos de la gobernadora (*Larrea tridentata* Cov.), que han venido recibiendo mucha atención por el uso potencial que se les ha encontrado como biocida y para otros usos agrícolas y medicinales, además, debido al elevado contenido de aminoácidos y minerales (30%) en la resina y tomando en cuenta que estos compuestos son en muchos casos los precursores de hormonas y reguladores de crecimiento en las plantas, se consideró evaluar los extractos porque pueden ser una fuente potencial de reguladores de crecimiento para promover la germinación y elongación celular.

Por lo anterior, se llevó a cabo el presente trabajo en el cual se tienen los siguientes objetivos e hipótesis:

OBJETIVOS

Analizar bajo condiciones de laboratorio el efecto de diversas dosis de extractos de gobernadora (*Larrea tridentata*) provenientes de los desiertos Chihuahuense, Sonorense y Mojave, en la germinación de semillas y en la elongación de plúmula y radícula en plántulas de brócoli y lechuga.

Estudiar el efecto de las resinas extraídas con etanol y metanol en la germinación de semillas y en la elongación de plúmula y radícula en plántulas de brócoli y lechuga.

HIPOTESIS

Los extractos obtenidos de la resina de gobernadora de los tres desiertos de Norteamérica promoverán una mejor germinación de las semillas de brócoli y lechuga, así como una mayor elongación de plúmula y radícula.

REVISION DE LITERATURA

Germinación

De acuerdo con Moreno (1996), la germinación de las semillas se define como la emergencia y desarrollo de las estructuras esenciales que provienen del embrión, y que manifiestan la capacidad de la semilla para producir una planta normal bajo condiciones favorables. Este mismo autor menciona que se consideran plántulas normales aquellas que poseen las estructuras esenciales para producir, en suelo de buena calidad preparado en el laboratorio, plantas normales en condiciones favorables de agua, luz y temperatura.

Cuando la prueba de germinación haya sido en sustrato artificial como papel anchor o caja petri, se consideran plántulas normales a aquellas que presenten las siguientes estructuras esenciales (Moreno 1996):

- 1) Sistema radicular bien desarrollado, incluyendo raíz primaria excepto plantas como gramíneas, que generalmente presentan raíces seminales, de las cuales deben estar presentes cuando menos dos de ellas.
- 2) Hipócotilo bien desarrollado e intacto y/o un epicótilo sin daño en el tejido conductivo y en las dicotiledóneas una plúmula normal.
- 3) Plúmula intacta en las gramíneas, que debe presentar una hoja verde bien desarrollada dentro o emergiendo del coleóptilo.

4) Un cotiledón en monocotiledóneas y dos cotiledones en dicotiledóneas.

Hartmann y Kester (1999), mencionan que la iniciación de la germinación requiere de tres condiciones:

- 1) La semilla debe ser viable; esto es el embrión debe estar vivo y ser capaz de germinar.
- 2) La semilla no debe estar en letargo ni el embrión quiescente. No deben existir barreras fisiológicas o físicas que induzcan letargo ni barreras químicas para la germinación.
- 3) La semilla debe estar expuesta a las condiciones ambientales apropiadas: disponibilidad de agua, temperatura adecuada, provisión de oxígeno y en ocasiones luz.

Según Hartmann *et al.*, (1981), la secuencia de eventos durante la germinación de semillas son:

- 1) Imbibición de agua. La semilla seca absorbe agua por las propiedades coloidales del tejido de las semillas. Las semillas humedecidas se hinchan a un tamaño mucho más grande que las semillas secas. Las células se ponen túrgidas y la cubierta de la semilla se ablanda y rompe, permitiendo fácilmente el paso de agua y dióxido de carbono.
- 2) Activación de hormonas y enzimas. Después de que el agua es absorbida varios sistemas enzimáticos son activados, debido a la estimulación de hormonas. Las enzimas convierten moléculas de

alimento almacenado en productos químicos simples que pueden ser fácilmente translocados y usados para crecimiento. Otras enzimas están involucradas en los procesos respiratorios que liberan energía para la división y elongación celular. Los materiales alimenticios de reserva son translocados a los puntos de crecimiento de raíces y tallos.

- 3) Crecimiento y desarrollo del embrión. El eje raíz-tallo (plúmula, epicótilo, hipocótilo y radícula) crece por división y elongación celular. Al mismo tiempo, materiales alimenticios son translocados a los puntos de crecimiento desde el tejido de almacenaje, el cual gradualmente se vacía. La cubierta de la semilla se rompe y el tejido fotosintético (hojas y tallos verdes) emergen hacia la luz. Adicionalmente la raíz embriónica (radícula) debe haber emergido y crecido en el suelo húmedo para proveer de agua a las hojas recién formadas las cuales deben iniciar la transpiración.

Factores Bióticos y Abióticos en la Germinación de Semillas

Efectos alelopáticos detrimentales de residuos de cosecha de canola y lenteja en cultivos subsecuentes han sido observados en el campo y en ensayos con caja petri. La reducción del crecimiento de trigo debido a los residuos de canola y lenteja han sido detectados claramente detrás de las trilladoras, donde los residuos de cosecha han estado más concentrados (Moyer y Huang, 1997). Estos mismos autores realizaron un trabajo de investigación en el que estudiaron

el efecto de extractos acuosos de los residuos de seis cultivos en la germinación y el crecimiento de plántulas de diez malezas en Canadá. Sus resultados indican que los extractos de lenteja, avena, canola y cebada fueron tóxicos para las malezas *Descuraina sophia*, *Thlaspi arvense* L. y *Bromus tectorum* L. Por lo tanto, dichos autores concluyeron que estos residuos tienen un buen potencial para reducir el uso de herbicidas en la producción de trigo en invierno, así como en los sistemas de producción de cero labranza.

Como parte de un programa para detectar fuentes alternativas de reguladores de crecimiento en plantas de amplia distribución en las zonas áridas de México, De la Rosa y Villarreal (2000) realizaron un estudio en el que utilizaron extractos de las hojas de *L. tridentata*. Cinco fracciones de la resina de gobernadora fueron obtenidos y probados en un bioensayo con semillas de cebada (*Hordeum vulgare*). Los resultados mostraron diferencias altamente significativas entre las fracciones estudiadas. La fracción clorofórmica mostró la mejor respuesta debido a que promovió incrementos significativos en el crecimiento de plántulas de cebada. De igual manera Lira, *et al.*, 2002 estudiando el efecto de extractos hidrosolubles etanólicos y metanólicos de *L. tridentata*, encontraron que tanto el porcentaje de germinación como la elongación de la radícula y plúmula de lechuga, cebolla y dos variedades de frijol, fueron incrementadas en comparación con el tratamiento testigo.

Los trabajos realizados por Bush *et al.*, (2000) indican que el preremollo de semillas de los zacates *Axonopus affinis* Chase y *Eremochloa ophiuroides*,

incrementó el porcentaje de germinación y redujo el tiempo promedio de germinación a 20, 25 y 30°C. El efecto de preremajo fue dependiente de la especie de zacate y la temperatura. La temperatura óptima para la germinación de esas especies de clima cálido fue de 30°C. El máximo efecto en la germinación de ambos zacates se obtuvo remojando las semillas de estos en soluciones al 2 % de KNO₃, concentraciones más altas de esta sal no mejoraron el porcentaje de germinación y la solución al 4 % fue detrimental en algunos casos.

Las semillas de sandía triploide (*Citrullus lanatus*) generalmente tienen problemas para germinar, por lo que un establecimiento adecuado de este cultivo se ve afectado en el campo y en el invernadero. Métodos para mejorar la germinación y emergencia de estas costosas semillas pueden reducir los riesgos de los productores e incrementar la rentabilidad de este cultivo. Con base a lo anterior Duval y NeSmith (2000), realizaron un trabajo con semillas de sandía triploides de la variedad génesis, en la que evaluaron tres tratamientos: 1) remoción de la testa; 2) corte de la testa en la parte opuesta a la radícula y 3) testa no alterada; posteriormente se hicieron germinar en agar con soluciones acuosas de H₂O₂ al 0, 1, 2, 4 y 8 % a temperatura constante de 28°C en oscuridad. Remoción de la testa, remoción de la parte de la testa y todos los niveles de peróxido de hidrógeno incrementaron los porcentajes finales de germinación de las semillas de sandía en comparación con el testigo en más de 70 %. Los niveles de peróxido de hidrógeno superior al 2 % ocasionaron daños severos a la germinación de las semillas. Los resultados de estos autores sugieren que las barreras que limitan la germinación de semillas de sandía triploides están

relacionadas con la testa de las mismas, por lo que la alteración de la testa y el peróxido de hidrógeno pueden superar dichas barreras.

Un rápido, sincronizado y alto porcentaje de germinación es requerido para la producción comercial de espinaca usando técnicas hidropónicas. El trabajo de Katzman et al., (2001), se orientó a mejorar la germinación de este cultivo mediante tres tratamientos: 1) remoción de la testa; 2) remojo en agua; 3) remojo de semillas durante cuatro horas en NaOCl al 0.5 %, lavándolas durante 15 horas en agua y remojándolas de nuevo en una solución al 0.3 % de H₂O₂. Los estudios de germinación en cuatro variedades de espinaca se realizaron a temperatura constante de 18°C (óptima) o a 30°C (inhibitoria). A 18°C la tasa de germinación fue maximizada con ambos tratamientos de hidratación, pero la uniformidad de germinación fue mayor para la semilla sin testa. Estos autores también concluyeron que los tratamientos con peróxido de hidrógeno con o sin NaOCl mejoraron la tasa, uniformidad y porcentaje de germinación de las semillas de ambos cultivares; por lo tanto, estos tratamientos son recomendados para productores que no tienen la capacidad de mantener temperaturas frías durante la germinación o que no cuentan con los recursos económicos que requiere el enfriamiento de semillas.

Las semillas de yute (*Chorchorus olitorius* L.) es un vegetal que sus hojas son muy ricas en vitaminas como el ácido ascórbico el cual es usado para la elaboración de diversas sopas, sin embargo, las semillas de esta planta se ven sometidas a un largo período de dormancia que puede ser roto con temperaturas

de 100°C para que estas puedan germinar. Con base al problema que presentan las semillas de yute, Ayanlaja *et al.* (2001), realizó un trabajo en el que utilizó lechada de lombrices para romper la dormancia y promover el crecimiento de la radícula en plantas de yute. Ellos encontraron que en lugar de tratar las semillas con agua a punto de ebullición para romper la dormancia, la lechada de lombrices en la que se remojaron las semillas de yute mejoraron notablemente la germinación y elongación celular de la radícula en lugar del tratamiento con agua a 100°C o agua a temperatura ambiente. Los resultados de estos autores sugieren que las sustancias secretadas por las lombrices contienen hormonas o ingredientes bioquímicos activos que son capaces de promover la germinación y crecimiento de la radícula del yute.

La dormancia de las semillas de diversas especie de *Echinacea* provoca una baja y errática germinación de las semillas, lo que representa un problema con importantes implicaciones económicas para los productores de plantas medicinales de las especies de *Echinacea angustifolia* y *E. pallida*. Por esta razón, Sari *et al.*, (2001), realizaron un trabajo con nueve lotes de semillas de las especies antes mencionadas, las cuales fueron tratadas con una solución 1.0 mM (144.5 mg L⁻¹) de etephon para determinar si este regulador de crecimiento puede mejorar de manera substancial la germinación y ser usado de manera práctica en la agricultura para mejorar la calidad de las semillas de Echinacea. Estos autores encontraron que el etephon incrementó significativamente la germinación de semillas de *E. pallida* y *E. angustifolia* en comparación con las semillas no tratadas

de ambas especies. El porcentaje de germinación en los lotes de semillas se incrementó en 1271 y 29 % para *E. pallida* y *E. angustifolia* respectivamente.

Los efectos de estratificación, con ácido butírico, ácido giberélico y thiourea fueron estudiados en la germinación de semillas de la planta ornamental *Liatris spicata* L. por Parks y Boyle (2002). Los resultados obtenidos por ellos indican que el tratamiento de remojo durante tres minutos con ácido butírico a 225 o 1127 mg L⁻¹ produjeron resultados similares en la germinación de semillas que los obtenidos con 10 semanas de estratificación. Las semillas que se sumergieron en thiourea a las concentraciones de 0.76 y 7.61 mg L⁻¹ por 24 horas antes de la siembra fueron superiores que el testigo sin thiourea. Las semillas tratadas con ácido giberélico a las concentraciones de 1, 10 y 100 mg L⁻¹ no fueron diferentes que el testigo (0 mg L⁻¹) que no recibió la hormona. Estos autores concluyen que tratar las semillas de *L. spicata* con ácido butírico puede ser una forma práctica de romper la dormancia y acelerar la germinación de esta planta ornamental.

La lenta y desincronizada germinación de las semillas de papaya se atribuye a la presencia de inhibidores, principalmente compuestos fenólicos en la testa de sus semillas (Chow y Ling, 1991). Es por eso que Salomao y Mundim (2000) realizaron un trabajo en Brasil para estudiar el efecto sobre la germinación en dos lotes de semilla de *Carica papaya* por deshidratación de las semillas a 25°C, seguida por exposiciones de las mismas a -20°C o a -196°C con o sin tratamientos de ácido giberélico. Estos autores encontraron que en la ausencia de ácido giberélico, la deshidratación incrementó la germinación de un lote de

semillas cuando el contenido de humedad se redujo de 59 % a 6 % y 5.3 %. La deshidratación a 5.3 % o 6.9 %, seguida por exposición a temperaturas subcero y tratadas con ácido giberélico fue la combinación de tratamiento más eficaz para mejorar la germinación de las semillas de papaya.

Descripción Anatómica de *Larrea tridentata*

La gobernadora (*L. tridentata* Cov.) es una especie perteneciente a la familia *Zygophyllaceae*, arbusto nativo, perenne, ecológicamente dominante en los desiertos Chihuahuense y Sonorense del norte de México y en las zonas semiáridas del sur de California, Nuevo México, Texas y Arizona en Estados Unidos. Se estima que el 25 % de la República Mexicana está cubierto con este arbusto del semidesierto, el cual ha desarrollado diversas adaptaciones anatómicas y fisiológicas para tolerar condiciones extremas de sequía y altas temperaturas. Presenta una variación genotípica con base a su localización geográfica, siendo diploide $2n=26$ en el desierto Chihuahuense; tetraploide $4n=52$ en el desierto Sonorense y hexaploide $6n=78$ en el desierto de Mojave (Brinker, 1994).

Pocas especies en el desierto muestran la capacidad de adaptación y supervivencia en las condiciones más extremas de sequía que *Larrea*. En Argentina, la arquitectura de la parte superior de la planta llevó a llamarla jarilla, en los Estados Unidos, la presencia en sus hojas de diversos tipos de resinas los inclino a llamarle “creosote bush”; en México su dominante presencia en los

desiertos originó el sugestivo nombre de “gobernadora”. En el sur del continente Americano, el nombre científico de esta especie es *Larrea divaricata* y en el norte su nombre es *L. tridentata*; la especie *L. divaricata* tiene su hoja dividida en dos, mientras que *L. tridentata* se divide en tres (Campos y Ramos, 2001).

La edad de esta planta es determinada por el tamaño de la corona de la raíz; la cual crece hasta 170 cm de profundidad, pero logra extenderse lateralmente hasta los 4 m. El tamaño de las plantas varía en el rango de los 0.5 a los 4 m de altura dependiendo, de las lluvias de verano o invierno y varía en la altitud promedio de acuerdo a su raza o número cromosómico (diploides 86 cm, tetraploides 138 cm y hexaploides 112 cm).

Componentes Fitoquímicos de *L. tridentata*.

El principal componente de la resina de gobernadora es el ácido Norhidroguaiaretico (NDGA), además de 19 flavonoides y diversos lignanos, flavonoides glicósidos, sapogeninas y ceras. El NDGA es un fuerte antioxidante, presentándose su mayor uso potencial en la elaboración de productos farmacéuticos, lubricantes y hule; se ha encontrado que a bajas concentraciones inhibe sistemas enzimáticos. Se le ha descrito como un potente antimetabólico canceroso “*in vitro*”; y puede prevenir el enmohecimiento de metales y también puede ser usado como un revelador en fotografías. Con base en datos de la literatura generados por diversos autores Brinker (1994) concentró la información

que se presenta en el Cuadro 1 relacionada con los constituyentes fitoquímicos de *L. tridentata*.

Una característica fitoquímica de *L. tridentata* es que produce una espesa resina que se acumula en sus hojas y tallos. Barbour *et al.*, (1977), reportaron que esa resina permite reducir la evapotranspiración de la gobernadora y también la protege contra los efectos de la radiación ultravioleta. Adicionalmente, *Larrea* mostró ser la planta de zonas áridas con una mayor concentración de fitotoxinas en un muestreo realizado por Downum *et al*, (1998). Este arbusto del semidesierto forma parte de un cierto grupo de plantas con muy pocos hongos o insectos que la ataquen, como es el caso de *Ginko biloba* de la que no se conocen enfermedades bacterianas que incidan sobre ella y solo es susceptible a algunos hongos, pero ninguno le causa daños de consideración (Montes, 1996).

Propiedades Antihervíboras e Insecticidas del Follaje de la Gobernadora.

Las hojas de *Larrea* también tiene propiedades antihervíboras, por lo que insectos y animales superiores como bovinos y caprinos evitan comerla (Rhoades, 1977). Los resultados obtenidos por Lighfoot y Whitford (1987) permiten concluir que el NDGA y los productos químicos presentes en la resina total de *Larrea* tienen un efecto defensivo contra insectos herbívoros, aún y cuando se les aplique riego y fertilización a las plantas. Sin embargo, Rundel *et al.*, (1994), encontraron que existen algunos insectos que desarrollan notables patrones muy especializados de alimentación como *Ligurotettix coquilletti* que evita comer las

hojas jóvenes con alta concentración de resina, pero si comen las hojas maduras de gobernadora con niveles bajos de resina y alto contenido de proteína.

El efecto benéfico de *Larrea* contra el ataque de los insectos en granos también se ha documentado. Cortéz-Rocha *et al.*, (1993), demostraron que hojas molidas de gobernadora aplicadas como polvo en granos de frijol tipo pinto que después se almacenaron, se protegieron contra el ataque del insecto *Zabrotes subfasciatus*, por lo que los extractos de follaje de gobernadora representan una fuente potencial de insecticidas orgánicos vegetales de bajo efecto residual para granos almacenados.

Cuadro 1. Constituyentes Fitoquímicos de *Larrea tridentata*.

Porcentaje del peso seco	Tipo	Compuesto
16-21	Lignanós Fenólicos	Acido Dihidroguaiarético
		Hemi-norisoguaiacin
		Acido nordihidroguaiarético
		Nordihidroguaiacin
5-7.5	Flavonoides	Apigenin
		Kaempferol
10-15	Saponinas	

	Triterpenos	Larreagenin A
		Acido Larreico
0.1-0.2	Volátiles	
	Monoterpenos	
	Hidrocarbonos 35	Alpha penene
		Delta-3-carene
		Limoneno
	Aromáticos	Benzaldheido
		Benzilacetato
		Benzilbutano
		Metil naftaleno
	Esteroides	Beta-sitosterol
		Colesterol
		Campesterol
	Taninos	
	Carbohidratos	Glucosa
		Sucrosa
70.1	Lípidos	Alkil esterres (C46-C56)
16.6	Amino ácidos	Fenilalanina
		Isoleucina
		Acido glutámico
		Acido aspártico
		Glicina
	Vitaminas	
15.6mg/lb		Caroteno
19.8mg/100g		Vitamina C
13.7	Minerales	
		sodio
		Potasio
		Calcio
		Magnesio
		Hierro
		Azufre
		Fósforo

(Brinker, 1994)

Propiedades Antifúngicas de la Gobernadora.

Las propiedades fungicidas de la gobernadora con distintos extractos a base de etanol, cloroformo e hidróxido de sodio fueron analizados por Garza et al.,

(1996), quienes concluyeron que el hongo *Rhizoctonia solani* inhibió su desarrollo bajo condiciones *in vitro* con los tres extractos estudiados de *Larrea*. La actividad antimicótica tanto a patógenos de plantas como de animales y de humanos también se ha documentado por Díaz *et al.*, (1997), quienes probaron los efectos fungicidas de los metabolitos secundarios de este arbusto contra cuatro hongos patógenos del hombre, y encontraron actividad significativa con el extracto de hexano en sus fracciones L9, L10, L11 y L16. Esto demostró la actividad antimicótica de la gobernadora.

El efecto de las hojas de gobernadora en polvo para el control de enfermedades de la raíz en jitomate fue estudiado por García *et al.*, (1997), los resultados que obtuvieron indican que los hongos fitopatógenos *Rhizoctonia solani*, *Pythium aphanidermatum* y *Phytophthora capsici* redujeron su efecto patológico cuando se adiciono *Larrea* en polvo al suelo infectado. Ellos destacan que en el caso de *P. capsici* se observó una mortandad de plantas del 54 % en ausencia de la gobernadora y de solo 6.2 % en presencia de *Larrea* al 1 % en base al peso de la tierra que contenían en las macetas; lo cual es prácticamente imposible de lograr sin la aplicación de fungicidas sistémicos de alto costo económico y severo impacto ambiental.

Lara *et al.*, (1997), también realizaron una investigación para determinar el efecto de residuos de gobernadora sobre los hongos *R. solani* y *P. aphanidermatum* y su efecto sobre la germinación y crecimiento de plántulas de frijol. En este trabajo se demostró que la muerte en la preemergencia fue más alta en los tratamientos inoculados con los patógenos (80 al 100 %), excepto en

aquellos adicionados con gobernadora, donde el porcentaje de germinación fue del 100 %. En las pruebas *in vitro* efectuadas con *Larrea* se detectó que el polvo de hojas y el extracto en acetona también inhibieron el crecimiento del patógeno.

Recientemente Lira, *et al.*,(2002), trabajando con extractos modificados químicamente para hacerlos hidrosolubles en agua de acuerdo a una técnica desarrollada y patentada por Villarreal *et al.*, (1998) en el Centro de Investigación en Química Aplicada, también demostraron el efecto antifúngico de cuatro extractos de *L. tridentata* contra los hongos *Fusarium oxysporum*; así como con el hongo *Phytium* sp. (Lira, *et al.*, 2003 en prensa).

Utilidad de *Larrea* en Aspectos Medicinales.

Por otro lado, en todas partes del mundo la tradición cultural de los nativos de cada región o país incluyen el uso de plantas para usos medicinales y para el control de plagas y enfermedades. Entre todas las plantas del desierto que reportan con uso medicinal *Larrea tridentata* o gobernadora es una de las más sobresalientes porque se considera ser útil para todo (Train *et al.*, 1982). El uso de la gobernadora en aspectos medicinales es tan variado que se encuentran reportes de la literatura en los que se documenta utilizarse como expectorante (Hutchens, 1973; Moore, 1977 y Train *et al* 1982); emético o vomitivo (Curtin, 1984 y Zamora, 1984); tónico (Hutchens, 1973); antiparasítico (Zamora, 1984) y para purificar la sangre (Winkelman, 1986).

El uso de la gobernadora como un agente antimicrobial en humanos se ha documentado por numerosos autores entre ellos Smart *et al.*, (1969); Coyle y Roberts, (1975); Lewis y Lewis (1977) y Mabry *et al.*, (1977). Investigadores de la Universidad Johns Hopkins de los EUA demostraron que el lignano 3-O- methyl del ácido norhidroguaiaretico (NDGA) aislado de la resina del follaje de la gobernadora tiene un efecto inhibidor en la actividad del virus del SIDA que ataca a los humanos; los autores Gnabre *et al.*, (1995), reportan que este lignano extraído de las hojas de *Larrea tridentata* impide que el material genético del virus del SIDA se copie a si mismo, evitando así su replicación.

Aspectos Generales del Cultivo de Brócoli

Origen e Historia

El brócoli es originario del área de los países Mediterráneo (Vavilov, 1951, citado por Valadez, 1994), principalmente de Italia. Respecto a su aparición, es más reciente que el repollo o col y la coliflor, siendo introducido a los Estados Unidos en 1925 por inmigrantes italianos (Valadez, 1994).

Características Botánicas y Taxonómicas

Es una planta anual, hecho por el cual no necesita vernalización para producir el vástago floral. El sistema de raíces secundario es muy profuso y

abundante; posee raíz pivotante, que puede llegar a penetrar hasta 1.20 m de profundidad. La planta es erecta, tiene de 60 a 90 cm de altura y termina en una masa de yemas funcionales. Los tallos florales salen de las axilas foliares una vez que la cabeza principal ha sido removida. La parte comestible es una masa densa de yemas florales de color verde, que puede alcanzar un diámetro hasta de 35 cm; sin embargo, las cabezas de los rebrotes solamente alcanzan 10 cm. Las flores son de color amarillo y tienen cuatro pétalos en forma de cruz, de donde proviene el nombre de la familia a la que pertenece. El fruto es una silicua de color verde oscuro cenizo que mide en promedio 3 a 4 cm y que contiene las semillas (68/silicua); las semillas tienen forma de munición y miden de 2 a 3 mm de diámetro.

En lo que se refiere a su taxonomía, ésta se estructura de la siguiente manera: familia, Crucíferas; género, *Brassica*; especie, *oleracea*; variedad botánica, itálica; nombre común, Brócoli.

Hay dos tipos de brócoli; el primero se caracteriza por producir pequeñas cabezas, el cual pertenece al Grupo Botritis, que son similares al coliflor y a la col de brúselas; el otro grupo son las cabezas grandes formando el Grupo Itálica, los cuales tienen inflorescencias ramificadas, formando cabezas verdes y menos compactas (Hartman *et al.*, 1981).

El brócoli es altamente nutritivo y se prepara fácilmente teniendo un sabor característico que se lo proporcionan los compuestos azufrados o metabolitos

secundarios derivados de los glucosinolatos, siendo el más característico el isotiosianato, al cual se le atribuyen diversas propiedades medicinales muy importantes, como el de ser un potente anticancerígeno (Rosa y Rodríguez, 2001).

En el laboratorio de Quimoprotección de Brasicas de la Escuela de Medicina de la Universidad John Hopkins, se evaluó una colección muy amplia de variedades de brócoli para identificar su habilidad para estimular lo que se denomina la enzima desintoxicadora de mamíferos, la cual ayuda a proteger a los mamíferos contra el desarrollo del cáncer (Becker y Farnham, 2001).

Estos mismos autores, durante los ciclos agrícolas de 1996 y 1997, sembraron 71 variedades de brócoli de la colección del USDA y 5 híbridos comerciales y después obtuvo extractos de las plantas de cada variedad, en esos extractos se encontró un compuesto quimoprotector llamado glucorafanina; un derivado de éste compuesto induce a la producción de enzimas desintoxicadoras en los mamíferos. En este estudio se detectó una variación de más de 30 veces en el contenido de glucorafanina entre las variedades observadas. En el futuro se considera que la selección genética de algunas variedades de brócoli se hará con base en su potencial anticancerígeno.

La información presentada por Becker y Farnham (2001) sobre diversos estudios realizados previamente indica que la gente que come hortalizas crucíferas como el brócoli tienen menor incidencia de cáncer en el colón y en el recto. Estos tipos de cáncer ocurren en dos de cada mil personas eso puede

representar el 15 % de todas las muertes que ocurren por cáncer en los Estados Unidos.

Para satisfacer las demandas del mercado y porque es un producto muy perecedero, los productores tienden a cultivar variedades que se adapten a las condiciones de primavera y verano de las latitudes norte, principalmente para el mercado fresco, sin embargo, algunas variedades son más adecuadas para congelarlas.

Aspectos Generales del Cultivo de Lechuga

Origen e Historia

La lechuga procede de la especie silvestre *Lactuca serriola* L., la cual es clasificada como una maleza y difundida ampliamente en el centro y sur de Europa, así como en la región sur de Rusia (Thompson y Kelly, 1959, citado por Valadez, 1994).

Características Botánicas y Taxonómicas.

La lechuga es una planta anual o bianual que ha sido cultivada desde hace muchos siglos. Hartmann *et al.*, (1981), reportan que los reyes persas 600 años A. C. ya la cultivaban. Los romanos produjeron la lechuga romana también conocida como tipo cos desde principios de la era cristiana. Los chinos la han venido cultivando desde el siglo V de nuestra era y en el siglo XVI se introdujo a Centro y Sudamérica.

La lechuga se puede agrupar en tres tipos; la más común es la lechuga de cabeza, la romana o tipo cos que tiene cabezas poco compactas y por último, la lechuga de hojas que no presenta cabeza. Este mismo autor menciona que la lechuga es el vegetal más importante para las ensaladas. En los Estados Unidos se produce a nivel comercial en 15 estados. California destaca por tener la mayor producción de esta hortaliza, seguido por Arizona, Florida, Colorado, Texas, Nuevo México, Nueva York, Nueva Jersey, Washington y Michigan.

La lechuga es un cultivo de clima frío y se desarrolla mejor con temperaturas relativamente frías de 12 a 15°C. Para el tipo de lechugas que forman cabeza, estas no se forman con temperaturas por arriba de los 26°C y las hojas desarrollan un sabor amargo. Los tipos de lechuga de mayor importancia en México por su demanda y superficie cultivada son las de tipo “oreja” o romana, variedad longifolia y la de cabeza variedad capitata (Valadéz, 1994).

Las semillas de lechuga son muy utilizadas en investigación para la realización de bioensayos en los que bajo condiciones de laboratorio se estudia el efecto de diversos factores bióticos y abióticos en la germinación de semillas así como en la elongación de radícula y plúmula de las plantas. Yildirim *et al.*, (2002), condujeron un estudio para determinar el efecto de dos bioestimulantes (ácido húmico y biozyme) y de tres concentraciones de sal (NaCl) en semillas de lechuga, cebolla, tomate, perejil y apio que se pusieron a germinar a las temperaturas de 10, 15, 20 y 25°C. Los resultados indican que dos aplicaciones de los bioestimulantes antes mencionados incrementaron la germinación de las semillas a las temperaturas evaluadas. La interacción entre las concentraciones de NaCl, las temperaturas y los bioestimulantes fueron significativas en todas las especies hortícolas evaluadas a excepción de la cebolla.

El trabajo con macetas en un medio de cultivo con arena realizado por Kaya *et al.*, (2002), con lechuga cv. "Paris Island" y espinaca cv. "Matador" que fueron tratadas con concentraciones altas de salinidad y aplicaciones complementarias de fósforo y potasio indicó que las concentraciones salinas retardaron significativamente la germinación de las semillas y redujeron los porcentajes finales de germinación de ambas especies en comparación con el testigo. La salinidad elevada también redujo la elongación radicular; así como el crecimiento de las plántulas, contenido total de clorofila y la absorción de agua, ya que fue significativamente reducida por las sales evaluadas. Aplicaciones complementarias de potasio y fósforo produjeron valores similares que el testigo, en el peso fresco,

concentración de clorofila, uso del agua, y permeabilidad de las membranas. Estos resultados sugieren que las aplicaciones complementarias de fósforo y potasio pueden reducir los efectos adversos de las concentraciones elevadas de sal en el crecimiento de plantas y en el desarrollo fisiológico de estos vegetales.

La respuesta de lechuga cv. "Waldmann's Green" a baja presión atmosférica fue estudiada durante los cinco días iniciales de germinación y emergencia, así como durante el crecimiento subsiguiente durante treinta días por Spanarkel y Drew (2002). Ellos encontraron que la exposición continua a baja presión en el rango de 66.5 a 73.5 kPa, el crecimiento de tallo y raíz fue de la misma magnitud que a presión ambiental, con una tendencia general a tener mejor desarrollo a baja presión. Las tasas de respiración nocturna fue mayor a baja presión. Estos autores concluyeron que periodos largos o cortos de exposición de las plantas a presión subambiental (70k Pa) no produjo detrimentos muy marcados en el crecimiento y desarrollo vegetativo de la lechuga.

La estimulación de la germinación de semillas con humo y extractos acuosos de humo han recibido mucha atención en años recientes por la implicación que esto tiene con la viabilidad de las semillas de plantas nativas de los bosques durante los incendios. El experimento de Ligth *et al.*, (2002), se orientó a estudiar el efecto del humo en la germinación de semillas de lechuga cv. "Grand Rapids". Ellos encontraron que la imbibición de las semillas antes de ser incubadas con extracto diluido de humo, resultó en porcentajes bajos de germinación en comparación con las semillas imbibidas continuamente en el extracto de humo. Esto sugiere que la promoción de la germinación por efecto del

humo es dependiente de la absorción inicial del compuesto activo y de la presencia de este compuesto en el eje embrionario.

Las giberelinas bioactivas promueven la germinación de semillas en muchas plantas de monocotiledóneas y dicotiledóneas. La luz es un factor crucial que determina la germinación en algunas especies. Los fitocromos y los fotorreceptores de luz roja regulan la biosíntesis de giberelina en semillas de lechuga y *Arabidopsis*. El estudio de Yamaguchi y Kamiya (2001), investigó el rol del ácido giberélico en superar la resistencia que impone la cutícula de las semillas de estas especies, habiendo encontrado que la sustancia endo-beta-mananasa producida en las estructuras micropilares del endospermo es la responsable de romper las paredes celulares del endospermo y ayudar así a la germinación.

MATERIALES Y METODOS

Localización del Experimento

Localización

La extracción de la resina de *Larrea tridentata* se llevó al cabo en la planta piloto del Laboratorio de Ingeniería de Reacciones Poliméricas del Centro de

Investigación de Química Aplicada (CIQA), en Saltillo, Coah. Este trabajo se realizó en el Laboratorio de Tecnología de Semillas del Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Obtención de la Resina de Gobernadora

Colecta del Follaje de Gobernadora

Las muestras de gobernadora fueron colectadas a través de diversos gradientes de los desiertos Chihuahuense, Sonorense y Mojave, los cuales presentan diferencias altitudinales que van desde los 500 hasta los 2080 msnm y latitudinales desde el paralelo 24° al paralelo 34° Latitud Norte. Las muestras se colectaron a intervalos aproximados de 100 km en los desiertos Sonorense y Chihuahuense tratando de obtener sólo ramas y hojas jóvenes del tercio final de la planta.

Secado del Material Vegetativo

El material colectado se secó al aire libre en un cuarto de trabajo y después se guardó en bolsas de papel para ser llevadas a una estufa con recirculación de aire en donde se mantuvieron a temperatura constante de 65°C por un período de cinco días.

Cribado de Hojas Secas

El material previamente secado, se defolió y se tamizó con una malla metálica con orificios de 0.5 cm cuadrados, con lo cual se obtuvo el material vegetativo listo para ser utilizado en el proceso de extracción de la resina con los dos solventes.

Extracción de la Resina por el Método de Inmersión en los Solventes

Para la obtención del material de trabajo en volumen suficiente y poder realizar los bioensayos en el laboratorio, se utilizó la técnica de extracción de la resina por inmersión del follaje seco en cada uno de los dos solventes considerados (metanol, etanol); por lo que se introdujo el follaje en contenedores de 20 litros en el que se agregó el solvente, dejando reposar el material vegetativo dentro del solvente durante 24 horas; posteriormente se separó el follaje de cada uno de los solventes.

La separación del material vegetativo del solvente se llevó a cabo con una tela de manta para separar las hojas y ramas pequeñas de la resina en solución, esto nos permitió dejar únicamente el licor con el solvente que después se llevaría al proceso de evaporación para la obtención de la resina en polvo.

Evaporación del Solvente

Una vez separado el follaje del solvente, se procedió a la determinación del porcentaje de sólidos en una balanza de determinación de humedad, luego se realizó la separación del solvente que sobró de la resina y el licor obtenido se colocó en un matraz bola de tres litros, al cual se acopló a un refrigerante de vidrio recto y posteriormente se le aplicó una temperatura en el rango de 50 a 60°C dependiendo del solvente utilizado, para finalmente separar el solvente mediante evaporación.

Secado y Molienda de la Resina

Ya evaporado el solvente restante, la resina concentrada se depositó en recipientes de vidrio, los cuales se introdujeron en una estufa con circulación de aire a 65°C hasta que la resina quedó completamente seca. Posteriormente, la resina solidificada y seca se colocó en un mortero de porcelana para su pulverización manual, el polvo obtenido se guardó en recipientes de plástico con tapón de rosca y etiquetados con el nombre del solvente, paralelo, así como del desierto donde se colectó.

Preparación de las Soluciones con *L. tridentata*

Una vez obtenida la resina de gobernadora se procedió a la preparación de las soluciones con sus diferentes concentraciones, por lo que se pesaron 2 gr del extracto de gobernadora en forma de polvo hidrosoluble, los que se agregaron a 250 ml de agua destilada para obtener la concentración más alta (8000 ppm). Para la obtención de la siguiente concentración (4000 ppm) se tomaron 125 ml de la concentración anterior y se añadió a un vaso de precipitado con 125 ml de agua destilada para obtener un total de 250 ml de solución para cada concentración, y así se continuó el mismo procedimiento hasta llegar a la dilución más baja utilizada (62.5 ppm).

Adición de las Soluciones a las Cajas Petri

Las soluciones de cada concentración se colocaron en cajas Petri previamente identificadas; en cada caja petri se colocaron dos hojas de papel filtro y se le añadieron 4 ml de solución a cada una de ellas.

Siembra

Una vez preparadas las cajas Petri se procedió a la siembra de los cultivos en estudio (brócoli y lechuga), se colocaron 20 semillas en 4 ml de solución acuosa en cada uno de los dos solventes (metanólico y etanólico) y para

cada uno de los tres extractos (Chihuahuense, Sonorense y Mojave) de la resina de gobernadora; ya sembradas, las cajas petri fueron colocadas en una cámara de germinación con una temperatura de 25°C, la cual fue calibrada para tener un fotoperíodo constante de 8 horas luz y 16 de oscuridad.

Evaluaciones en las Semillas Durante los Bioensayos

Las evaluaciones referentes al porcentaje de germinación, así como longitud de radícula y plúmula se realizaron a los 7 y 14 días para el brócoli y a los 3 y 6 días para la lechuga, después de realizada la siembra, en las dos evaluaciones llevadas a cabo se midieron porcentaje de germinación, longitud de radícula y longitud de plúmula.

Diseño Experimental Utilizado

El experimento se estableció mediante un diseño trifactorial (3x2x9), en el que se evaluaron tres factores: A) origen geográfico de los extractos, B) dos solventes utilizados para la extracción de la resina y C) nueve dosis de los extractos evaluados. Los tratamientos (54) con sus cuatro repeticiones fueron distribuidos en un diseño experimental completamente al azar. La descripción de los tratamientos evaluados es la que se presenta a continuación:

Factor A: Origen geográfico del extracto

A1: Desierto Chihuahuense

A2: Desierto Sonorense

A3: Desierto Mojave

Factor B: Solvente utilizado para la extracción

B1: Metanol

B2: Etanol

Factor C: Dosis de resina (ppm)

C1: 0

C2: 62.5

C3: 125

C4: 250

C5: 500

C6: 1000

C7: 2000

C8: 4000

C9: 8000

Variables Evaluadas

Porcentaje de germinación

Se realizó conforme a las reglas de la Internacional Seed Testing Association (ISTA, 1996), registrándose a los siete y catorce días para las semillas de brócoli; y a los tres y seis días para las semillas de lechuga.

Longitud de radícula y longitud de plúmula

Las plántulas analizadas provinieron de la prueba de germinación, en las cuales, sus mediciones son reportadas en centímetros. La plúmula fue medida desde la diferenciación del tallo hasta la base de la hojas y la radícula desde la base o diferenciación de esta.

Análisis Estadístico

El análisis estadístico se llevó a cabo utilizando el Paquete de Diseños Experimentales FAUANL, versión 2.5. Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, (Olivares, 1994), siendo el modelo lineal el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + C_k + AC_{ik} + BC_{jk} + ABC_{ijk} + E_e$$

Donde:

Y_{ijk} = Valor observado

μ = Efecto de la media

A_i = Efecto de los orígenes de los extractos de *Larrea tridentata*

B_j = Efecto de los solventes

AB_{ij} = Efecto de la interacción extracto-solvente

C_k = Efecto de la dosis

AC_{ik} = Efecto de la interacción extracto-dosis

BC_{jk} = Efecto de la interacción solvente-dosis

ABC_{ijk} = Efecto de la interacción extracto-solvente-dosis

E_e = Error experimental

RESULTADOS Y DISCUSION

Germinación de Semillas y Elongación de Plántulas de Brócoli

En el Cuadro 2, se presenta la comparación de medias y análisis de varianza para la variable % de germinación evaluada a los siete días después de efectuada la siembra, donde se aprecia que el mejor porcentaje de germinación se obtuvo con el extracto metanólico del Desierto Chihuahuense, en la dosis de 125

ppm con 93.25 % superando numéricamente al testigo que registro 90 % de germinación, sin embargo, esas diferencias no fueron estadísticamente significativas. En relación con los extractos de los diferentes desiertos, el mismo Cuadro 2 muestra que si hubo diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados con los extractos metanólicos de los desiertos Chihuahuense y Mojave, sin embargo lo mismo no se detectó para los extractos etanólicos. Esto sugiere que el origen geográfico de los extractos no tienen una clara y consistente influencia sobre la germinación de semillas de brócoli. También se aprecia que durante la primera evaluación la germinación del testigo fue superior que con las dosis de los extractos evaluados; así mismo, se aprecia en algunos casos que a concentraciones superiores a 1000 ppm la germinación se reduce marcadamente, lo que pudiera ser evidencia de un posible efecto fitotóxico sobre las semillas.

Cuadro 2. Análisis de varianza y comparación de medias (DMS) para germinación de semillas de brócoli (primera evaluación) con extractos de *L. tridentata* originarios de tres desiertos y obtenidos con dos solventes.

	CHIHUAHUENSE		SONORENSE		MOJAVE		*
Dosis (ppm)	Metanol	Etanol	Metanol	Etanol	Metanol	Etanol	**
Testigo	90.00 A	85.00 A	90.00 A	90.00 A	90.00 A	90.00A	C.V.= 14.59 %
62.5	83.75 A	86.25 A	75.00 A	88.75 A	83.75AB	85.00A	
125	93.25 A	85.00 A	73.75 A	81.25 A	76.25AB	90.00A	
250	65.00 B	88.75 A	77.50 A	83.75 A	81.25AB	87.50A	
500	36.25 C	85.00 A	80.00 A	88.75 A	68.75B	82.50A	
1000	35.00 C	78.75 A	6.25 B	82.50 A	28.75C	88.70A	
2000	1.25 D	77.50 A	7.50 B	85.00 A	10.00D	91.20A	
4000	0.00 D	76.25 A	6.25 B	83.07 A	0.00D	88.70A	
8000	0.00 D	80.00 A	0.00 B	46.25 B	0.00D	73.70A	
Significancia	**	NS	**	**	**	NS	

** = Diferencia Altamente Significativa

* = Diferencia Significativa

NS = Diferencia No Significativa

Los datos del Cuadro 3 muestran que la longitud de la radícula se vio estimulada con diferencias altamente significativas a 250 y 125 ppm con el extracto etanólico de los tres desiertos evaluados, ya que incrementaron la elongación de la radícula en comparación con el testigo en 26.5, 27.3 y 21.9 % respectivamente. La comparación de medias para longitud de radícula, mostró que la mayor longitud se obtuvo con el extracto Sonorense, solvente etanol y en la dosis de 125 ppm; ya que registró una longitud de 7.05 cm, mientras que el testigo obtuvo 5.13 cm; esto indicó diferencias significativas para esta variable; le siguió el extracto Chihuahuense con 6.98 cm, el solvente etanol y 250 ppm; lo que también resultó en diferencias estadísticas significativas. La longitud más baja se detectó con el extracto Mojave en solvente metanol a 8000 ppm, la cual obtuvo 0.6 cm es importante destacar que tanto para germinación de semillas, como para elongación de radícula con concentraciones superiores a 250 ppm los extractos de gobernadora mostraron un efecto adverso.

Cuadro 3. Análisis de varianza y comparación de medias (DMS) para longitud de radícula de semillas de brócoli (primera evaluación) con extractos de *L. tridentata* originarios de tres desiertos y obtenidos con dos solventes.

	CHIHUAHUENSE		SONORENSE		MOJAVE		*
Dosis (ppm)	Metanol	Etanol	Metanol	Etanol	Metanol	Etanol	**
Testigo	5.20A	5.13B	5.20A	5.13BC	5.20A	5.13C	C.V.= 18.81 %
62.5	5.66A	6.85A	4.73AB	6.24BC	5.20A	6.41AB	
125	4.72A	6.55A	4.92A	7.05A	4.50A	6.57A	
250	3.04B	6.98A	4.11AB	6.26AB	4.25AB	5.42ABC	
500	2.41BC	6.11AB	3.57B	4.97C	3.19B	5.20BC	
1000	1.89BCD	5.23B	1.59C	3.15D	1.72C	4.16CD	
2000	1.44CD	3.03C	1.29C	2.33D	1.19C	3.33D	
4000	1.30CD	1.40D	1.25C	1.02E	0.86C	1.47E	
8000	0.85D	1.05D	0.97C	0.68E	0.60C	0.84E	

Significancia	**	**	**	**	**	**	**
----------------------	----	----	----	----	----	----	----

** = Diferencia Altamente Significativa

* = Diferencia Significativa

NS = Diferencia No Significativa

En el Cuadro 4, se presenta la comparación de medias para la variable longitud de plúmula (primer conteo) donde se observó que el mejor resultado se dio con el extracto Chihuahuense, solvente etanólico en 125 ppm que obtuvo 4.75 cm; en este mismo extracto, le siguió la dosis de 500 ppm con 4.5 cm superando ambos valores estadísticamente al testigo con 28.6 y 24.6 % respectivamente que registró 3.39 cm. Para el extracto Mojave, los mejores valores se dieron con el solvente etanol en 125 ppm mostrando diferencia estadística en esta variable de 20.9 % en relación con el testigo (3.39 cm), lo cual indica que se presentó una estimulación en la elongación celular de plúmula. Es importante señalar, que para los tres desiertos se presenta un efecto inhibitorio en la elongación celular en dosis superiores a 1000 ppm especialmente cuando la resina fue extraída con el solvente metanol.

Cuadro 4. Análisis de varianza y comparación de Medias (DMS) para longitud de plúmula en semillas de brócoli. (primera evaluación) con extractados de *L. tridentata* originarios de tres desiertos y obtenidos con dos solventes.

	CHIHUAHUENSE		SONORENSE		MOJAVE		**
Dosis (ppm)	Metanol	Etanol	Metanol	Etanol	Metanol	Etanol	**

Testigo	3.49A	3.39BC	3.49A	3.39AB	3.49A	3.39BC	C.V.= 17.47%
62.5	2.66AB	4.31A	3.14A	3.76AB	3.77A	3.96AB	
125	3.08A	4.75A	3.01A	4.03A	3.51A	4.29A	
250	3.05AB	4.42A	2.86A	3.54AB	3.43A	3.69AB	
500	2.19BC	4.50A	2.82A	3.34AB	3.22A	4.01AB	
1000	1.51C	4.06AB	1.10B	3.07BC	2.24B	4.05AB	
2000	0.00D	2.86CD	1.00B	2.45CD	1.02C	3.23BC	
4000	0.00D	2.56CD	0.99B	2.41CD	0.00D	2.78CD	
8000	0.00D	2.17D	0.00C	1.64D	0.00D	2.03D	
Significancia	**	**	**	**	**	**	

** = Diferencia Altamente Significativa

* = Diferencia Significativa

NS = Diferencia No Significativa

Para la variable % de germinación en su segunda evaluación (Cuadro 5), el análisis de varianza y la comparación de medias nos indicaron que la mejor germinación se presentó con el extracto Mojave, solvente etanólico en su dosis de 2000 ppm, donde se obtuvo un 98.75 % de germinación superando numéricamente al testigo en un 5 % el cual registró 91.25 de germinación señalando que estas diferencias no fueron estadísticamente significativas. Duval y NeSmith (2000), realizaron un trabajo con semillas de sandía triploides en el que también lograron incrementar el porcentaje de germinación en más de un 70 % en comparación con el testigo. Estos autores concluyeron que la alteración de la testa de las semillas y la adición de H₂O₂ fueron los factores que ayudaron a superar las barreras que limitan la germinación de este tipo de semillas. El porcentaje de germinación más bajo se detectó con el extracto Chihuahuense, solvente metanol en 8000 ppm con solo 7.7 %, siendo estadísticamente superior el testigo en un 92 %, lo cual es posible indicador de que dosis altas de resina presentan un efecto fitotóxico con el extracto metanólico del desierto Chihuahuense.

Cuadro 5. Análisis de varianza y comparación de medias (DMS) para germinación de semillas de brócoli (segunda evaluación) con extractos de *L. tridentata* originarios de tres desiertos y obtenidos con dos solventes.

	CHIHUAHUENSE		SONORENSE		MOJAVE		NS
Dosis (ppm)	Metanol	Etanol	Metanol	Etanol	Metanol	Etanol	NS
Testigo	96.25A	91.25AB	96.25AB	91.25A	96.25A	91.25A	C.V. = 9.43 %
62.5	87.50AB	92.50AB	88.75AB	93.75A	93.75AB	92.50A	
125	95.00A	90.00AB	90.00AB	85.00A	86.25ABC	93.75A	
250	87.50AB	96.25A	91.25AB	93.75A	96.50AB	91.25A	
500	92.50A	91.25AB	92.50AB	88.75A	87.50ABC	93.75A	
1000	87.50AB	83.75B	88.75AB	90.00A	82.50BC	90.00A	
2000	80.00B	95.00AB	85.00AB	82.50A	90.00AB	98.75A	
4000	85.00AB	87.50AB	91.25AB	88.75A	76.25C	91.25A	
8000	7.70B	91.25AB	85.25B	58.75B	83.75BC	75.00B	
significancia	**	*	**	**	*	*	

** = Diferencia Altamente Significativa

* = Diferencia Significativa

NS = Diferencia No Significativa

La comparación de medias y análisis de varianza para longitud de radícula en la segunda evaluación, el Cuadro 6 presentó que el extracto Chihuahuense, solvente etanólico en 250 ppm fue numéricamente el mejor tratamiento con 7.83 cm, es decir, 5.23 % superior en relación con el testigo el cual obtuvo 7.42 cm. La longitud más baja se registró con el extracto Mojave en solvente metanólico en la dosis más alta (8000 ppm) que solo registro 0.55 cm. Estas diferencias entre los extractos pueden atribuirse a las diferentes características ecológicas y climáticas del lugar de procedencia de los extractos, es decir, cada uno de ellos puede presentar diferencias en cuanto a la concentración de los compuestos contenidos en la resina de gobernadora sin embargo, al parecer la longitud no esta en función del extracto utilizado sino del solvente empleado para la extracción y la dosis aplicada, como lo demuestra el trabajo realizado por De La Rosa y Villarreal

(2000), en un bioensayo realizado con semillas de cebada, donde los resultados obtenidos mostraron que los extractos de *Larrea tridentata* incrementaron la longitud de plúmula y radícula de estas plántulas.

Cuadro 6. Análisis de varianza y comparación de medias (DMS) para longitud de radícula de semillas de brócoli (segunda evaluación) con extractos de *L. tridentata* originarios de tres desiertos y obtenidos con dos solventes.

	CHIHUAHUENSE		SONORENSE		MOJAVE		**
Dosis (ppm)	Metanol	Etanol	Metanol	Etanol	Metanol	Etanol	**
Testigo	7.21A	7.42A	7.21A	7.42A	7.21A	7.42AB	C.V.= 19.58%
62.5	7.31A	7.64A	5.50AB	6.14AB	6.17AB	7.43AB	
125	7.09A	7.56A	6.16AB	7.46A	5.44B	7.80A	
250	4.97B	7.83A	5.79AB	6.73A	5.74AB	6.23ABC	
500	4.27BC	7.25A	6.10AB	6.40A	5.25B	5.85BC	
1000	3.08AB	6.79A	2.82C	4.62BC	3.04C	5.66C	
2000	2.35DE	4.75B	1.54CD	2.97C	1.87CD	6.78ABC	
4000	1.62DE	1.44C	1.35CD	0.96D	1.18D	1.47D	
8000	0.87E	0.96C	0.72D	0.64D	0.55D	0.68D	
significancia	**	**	**	**	**	**	

** = Diferencia Altamente Significativa

* = Diferencia Significativa

NS = Diferencia No Significativa

En el Cuadro 7, se presenta la comparación de medias para la variable longitud de plúmula (segunda evaluación), donde se observó que la mejor longitud de plúmula se registro con el extracto Chihuahuense, con solvente etanólico en la dosis de 500 ppm con 5.84 cm superando al testigo en 27.9 % seguido de la dosis de 250 ppm en el mismo extracto y solvente obteniendo 5.64 cm, mientras que el testigo obtuvo 4.21 cm; es decir, hay diferencia estadística altamente significativa. Esto puede ser atribuido a los diferentes metabolitos contenidos en la resina de gobernadora, así como a los diferentes aminoácidos y probablemente al ácido norhidroguaiaretico (NDGA), por ser el de mayor porcentaje en base al peso seco

contenido en la planta de *L. tridentata* (Brinker, 1994). Para el extracto del Desierto de Mojave el valor más elevado se obtuvo con solvente metanólico a 500 ppm con una longitud de 5.25 cm mostrando también diferencia estadística significativa. La menor longitud (1.7cm) se detectó con el extracto metanólico a 8000 ppm.

Cuadro 7. Análisis de varianza y comparación de medias para longitud de plúmula en semillas de brócoli (segunda evaluación) con extractos de *Larrea tridentata* originarios de tres desiertos y obtenidos con dos solventes.

	CHIHUAHUENSE		SONORENSE		MOJAVE		**
Dosis (ppm)	Metanol	Etanol	Metanol	Etanol	Metanol	Etanol	**
Testigo	4.07AB	4.21D	4.07A	4.21AB	4.07AB	4.21BC	C.V.= 13.87%
62.5	3.55ABC	5.32AB	3.82AB	4.02AB	4.02AB	4.78AB	
125	4.26A	5.48AB	4.10A	4.50A	4.06A	4.68AB	
250	4.16AB	5.64A	3.93A	4.48AB	4.64A	4.67AB	
500	3.66AB	5.84A	4.31A	4.4AB	4.71A	5.25A	
1000	3.28ABC	5.28ABC	3.57ABC	4.41AB	3.83ABC	5.20AB	
2000	3.18BC	4.52CD	2.88BCD	3.5BC	3.17BC	4.63AB	
4000	2.59CD	4.36CD	2.80CD	3.02C	2.49CD	3.61C	
8000	2.03D	3.03E	2.19D	1.71D	1.90D	2.28C	
significancia	**	**	**	**	**	**	

** = Diferencia Altamente Significativa

* = Diferencia Significativa
 NS = Diferencia No Significativa

Germinación de Semillas y Elongación de Plántulas de Lechuga

En el cuadro 8, se presenta la comparación de medias para la variable % de germinación (primera evaluación), donde se aprecia que se obtuvieron altos porcentajes en los tres extractos donde se utilizó el solvente etanólico con valores desde 96.25 hasta 100 % de germinación no presentándose diferencia estadística significativa para esta variable; por otro lado, para el solvente metanólico se observaron diferencias estadísticas en la dosis de 500 ppm para el extracto Sonorense con 100 % de germinación y en 125 y 250 ppm para el extracto de Mojave también con 100 % superando al testigo con 8.7 % el cual registró 91.25 % de germinación. Es importante destacar que para esta variable que con los tres extractos, los dos solventes, así como las dosificaciones altas, no se presentaron efectos fitotóxicos que pudieran ver afectar de manera considerable el porcentaje de germinación ya que el valor más bajo registró 83.7 %.

Cuadro 8. Análisis de varianza y comparación de medias (DMS) para germinación en semillas de lechuga (primera evaluación) con extractos de *L.tridentata* originarios de tres desiertos y obtenidos con dos solventes.

	CHIHUAHUENSE		SONORENSE		MOJAVE		**
Dosis (ppm)	Metanol	Etanol	Metanol	Etanol	Metanol	Etanol	**
Testigo	91.25AB	98.75A	91.25BC	98.75A	91.25BC	98.75A	C.V.= 4.05%
62.5	97.50A	100.00A	95.00ABC	98.75A	93.75ABC	98.75A	
125	93.75AB	100.00A	88.75C	100.00A	100.00A	98.75A	
250	90.00BC	98.75A	98.75A	97.50A	100.00A	97.50A	
500	90.00BC	100.00A	100.00A	100.00A	97.50AB	98.75A	
1000	96.25AB	96.25A	88.75C	100.00A	97.50AB	100.00A	
2000	91.25AB	100.00A	96.25AB	98.75A	90.00C	98.75A	

4000	83.75C	98.75A	98.75A	100.00A	98.75A	100.00A
8000	93.75AB	98.75A	97.50A	100.00A	96.25ABC	100.00A
significancia	**	NS	**	NS	**	NS

** = Diferencia Altamente Significativa

* = Diferencia Significativa

NS = Diferencia No Significativa

En longitud de radícula en su primera evaluación, el Cuadro 9 de análisis de varianza y comparación de medias nos mostró que no hay diferencia estadística significativa en todos los factores utilizados para esta variable.

Cuadro 9. Análisis de varianza y comparación de medias (DMS) para longitud de radícula en semillas de lechuga (primera evaluación) con extracto de *L. tridentata* originarios de tres desiertos y obtenidos con dos solventes.

	CHIHUAHUENSE		SONORENSE		MOJAVE		NS
Dosis (ppm)	Metanol	Etanol	Metanol	Etanol	Metanol	Etanol	**
Testigo	0.96 A	1.13A	0.96A	1.13A	0.96A	1.13A	C.V.= 55.78%
62.5	1.05A	0.97A	1.27A	1.05A	1.07A	0.95A	
125	1.10A	0.93A	1.22A	1.16A	0.95A	0.94A	
250	1.17A	0.86A	1.00A	1.15A	0.94A	0.98A	
500	1.18A	0.89A	1.07A	1.16A	0.98A	0.85A	
1000	1.21A	0.86A	1.17A	1.21A	0.98A	0.57A	
2000	1.20A	8.71A	1.28A	0.97A	1.01A	0.56A	
4000	1.16A	0.62A	1.09A	0.83A	0.90A	0.48A	
8000	0.90A	0.54A	0.84A	0.60A	0.77A	0.51A	
significancia	NS	NS	NS	NS	NS	NS	

** = Diferencia Altamente Significativa

* = Diferencia Significativa

NS = Diferencia No Significativa

Para longitud de plúmula (primera evaluación) el Cuadro 10, presento que la mejor longitud se dio con el extracto Chihuahuense, solvente etanólico en 250 ppm que tuvo 1.54 cm superando numéricamente al testigo que obtuvo 1.43 cm, de longitud, sin embargo, es importante señalar que para esta variable, el extracto Chihuahuense extraído con el solvente metanólico a 62.5 ppm si presentó diferencia estadística significativa ya que con 1.16 cm de longitud supero con 24 % al testigo que sólo obtuvo 0.88 cm, por lo que la procedencia de los extractos, el solvente utilizado para su extracción así como las diferentes dosis empleadas tienen un efecto sobre longitud de plúmula en plántulas de lechuga.

Cuadro 10. Análisis de varianza y comparación de medias (DMS) para longitud de plúmula en semillas de lechuga (primera evaluación) con extractos de *L. tridentata* originarios de tres desiertos y obtenidos con dos solventes.

	CHIHUAHUENSE		SONORENSE		MOJAVE		**
Dosis (ppm)	Metanol	Etanol	Metanol	Etanol	Metanol	Etanol	**
Testigo	0.88BC	1.43A	0.88A	1.43A	0.88A	1.43A	C.V.= 11.18%
62.5	1.16A	1.11B	0.80AB	1.88C	0.83A	0.93DE	
125	1.06AB	1.36A	0.86A	1.10B	0.80AB	1.12BCD	
250	0.90BC	1.54A	0.81A	1.32A	0.81AB	1.26B	
500	0.76BC	1.43A	0.77AB	1.28AB	0.86A	1.2BC	
1000	0.74CD	0.90CD	0.73AB	0.88C	0.76AB	1.02CD	
2000	0.74CD	0.95BC	0.72AB	0.80CD	0.80AB	0.98D	
4000	0.76CD	0.84CD	0.72AB	0.79CD	0.75AB	0.78EF	
8000	0.60D	0.72D	0.61B	0.63D	0.62AB	0.61F	
significancia	**	**	**	**	**	**	

** = Diferencia Altamente Significativa

* = Diferencia Significativa

NS = Diferencia No Significativa

Para germinación, en la segunda evaluación, la comparación de medias (Cuadro 11) nos mostró que no hay diferencias estadísticas para los extractos, sin embargo, para los solventes si se presentaron diferencias altamente significativas siendo el metanol quien presentó los valores más elevados y uniformes no presentando diferencia estadística entre los tratamientos utilizados para este solvente, con excepción del extracto de Mojave donde se presentan valores de 93.7 % de germinación a 2000 ppm hasta 100 % en 125 y 250 ppm. Para el solvente etanólico, se presentaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos utilizados para los tres extractos, con valores de 98.75 % en 250 ppm para el Desierto Chihuahuense; 100 % para el Sonorense a 500 ppm y 100 % para el Mojave a 1000 ppm superando al testigo en 11.3, 12.5 y 12.5 %, respectivamente, quien obtuvo 87.5% de germinación. Resultados similares fueron encontrados por Yildirim *et al.*, (2002), en un estudio realizado con diversas semillas hortícolas para determinar el efecto de ácido húmico, biozyme y tres concentraciones de NaCl donde los resultados obtenidos indican que las aplicaciones de estos bioestimulantes incrementaron la germinación de las semillas.

Cuadro 11. Análisis de varianza y comparación de medias (DMS) para germinación en semillas de lechuga (segunda evaluación) con extractos de *L. tridentata* originarios de tres desiertos y obtenidos con dos solventes.

	CHIHUAHUENSE		SONORENSE		MOJAVE		NS
Dosis (ppm)	Metanol	Etanol	Metanol	Etanol	Metanol	Etanol	* *

Testigo	98.75A	87.50CD	98.75A	87.50D	98.75AB	87.50B	C.V.=3.99%
62.5	98.75A	92.50BC	100.00A	97.50AB	96.25AB	96.25A	
125	97.80A	92.50BC	100.00A	97.50AB	100.00A	98.75A	
250	98.75A	98.75A	100.00A	97.50AB	100.00A	96.25A	
500	98.75A	95.00AB	100.00A	100.00A	98.75AB	96.25A	
1000	100.00A	93.75AB	100.00A	98.75A	98.75AB	100.00A	
2000	98.75A	92.50BC	96.25A	92.50BCD	93.75B	98.75A	
4000	100.00A	95.00AB	100.00A	96.25ABC	100.00A	97.50A	
8000	98.75A	86.25D	97.50A	91.25CD	96.25AB	83.75B	
significancia	NS	**	NS	**	*	**	

** = Diferencia Altamente Significativa

* = Diferencia Significativa

NS = Diferencia No Significativa

En el Cuadro 12, se presenta la comparación de medias para la variable longitud de radícula en su segunda evaluación, donde se observó que hay diferencia estadística altamente significativa donde la mejor longitud se dio con el extracto Sonorense, solvente metanólico, en 62.5 ppm con 3.99 cm superando al testigo en 43.8 % el cual registró 2.24 cm; le siguió la dosis de 125 ppm en el mismo extracto y solvente con 3.36 cm; para el extracto Chihuahuense, también se presentó diferencia significativa donde la mejor longitud se dio en la dosis de 62.5 ppm en solvente metanólico con 3.1 cm superando en 27.7 % al testigo que obtuvo una longitud de 2.24 cm. Para el extracto Mojave, la dosis de 62.5 ppm en solvente metanólico con 2.65 cm fue estadísticamente superior en 18.3 % al testigo que alcanzó 2.24 cm de longitud. Resultados similares a los observados en este trabajo fueron reportados recientemente en las variedades de frijol Pinto Villa y Bayo Zacatecas, (Sánchez, 2002). De igual manera, el trabajo realizado por Ayanlaja *et al.*, (2001), quienes utilizando lechada de lombrices en la que se remojaron

semillas de yute (*Chorchourus olitorius* L.) mejoraron notablemente la germinación y elongación celular de la radícula de plántulas de esta especie.

Es importante destacar el papel de la resina de gobernadora como promotor de elongación celular en radícula similar a los reguladores de crecimiento comerciales como ácido giberélico, etphon, etc.

Cuadro 12. Análisis de varianza y comparación de medias (DMS) para longitud de radícula en semillas de lechuga (segunda evaluación) con extractos de *L. tridentata* originarios de tres desiertos y obtenidos con dos solventes.

	CHIHUAHUENSE		SONORENSE		MOJAVE		**
Dosis (ppm)	Metanol	Etanol	Metanol	Etanol	Metanol	Etanol	**
Testigo	2.24B	3.09A	2.24CD	3.09A	2.24ABC	3.09A	C.V.=16.98%
62.5	3.10A	3.01A	3.99A	2.55A	2.65A	3.07A	
125	2.25B	2.72AB	3.36AB	2.55A	2.52AB	2.57A	
250	2.01BC	2.55AB	3.29B	2.69A	2.01BC	2.50A	
500	1.74BCD	2.18BC	2.53C	2.57A	2.00BC	2.48A	
1000	1.51CDE	2.54AB	1.75DE	2.68A	1.63CD	1.79B	
2000	1.33DE	1.63CD	1.61DE	1.61B	1.28D	1.5BC	
4000	1.27DE	1.13DE	1.21EF	1.17BC	1.04DE	0.89CD	
8000	0.98E	0.74E	0.75F	0.57C	0.62E	0.58D	
significancia	**	**	**	**	**	**	

** = Diferencia Altamente Significativa

* = Diferencia Significativa

NS = Diferencia No Significativa

Para longitud de plúmula en su segunda evaluación, el Cuadro 13 nos mostró diferencia altamente significativa, donde el mejor resultado se obtuvo con el extracto Chihuahuense solvente etanólico en la dosis de 250 ppm con 3.28 cm, superando con 19.8 % al testigo quien registró 2.63 cm de longitud; seguido por el extracto de Mojave, en el mismo solvente y dosis que alcanzo 3.2 cm, y por último el extracto del desierto Sonorense en solvente etanólico a 250 ppm que obtuvo 3.13 cm, todos superando estadísticamente al testigo que obtuvo 2.63 cm. Es importante destacar que para el solvente metanólico, también se presentaron

diferencias estadísticas en los extractos de los desiertos Chihuahuense y Sonorense; donde la dosis de 125 ppm del extracto Chihuahuense obtuvo el valor más elevado con 3.11 cm superando al testigo en 36 % el cual registró 1.99 cm de longitud; para el extracto Sonorense, la dosis de 250 ppm fue la mejor ya que logro 2.64 cm de longitud siendo superior al testigo en 24.6 %.

Cuadro 13. Análisis de varianza y comparación de medias (DMS) para longitud de plúmula en semillas de lechuga (segunda evaluación) con extractos de *L. tridentata* originarios de tres desiertos y obtenidos con dos solventes.

	CHIHUAHUENSE		SONORENSE		MOJAVE		**
Dosis (ppm)	Metanol	Etanol	Metanol	Etanol	Metanol	Etanol	**
Testigo	1.99BC	2.63BCD	1.99BC	2.63BC	1.99AB	2.63BC	C.V.= 11.35%
62.5	3.09A	2.24DE	1.95BC	2.11D	2.29A	2.28C	
125	3.11A	2.81BC	2.50A	2.65BC	1.88ABC	2.90AB	
250	2.73A	3.28A	2.64A	3.13A	2.18A	3.20A	
500	2.24B	3.05AB	2.30AB	2.87AB	2.14AB	2.93AB	
1000	1.99BC	2.19DE	1.83CD	2.15D	1.69BCD	2.68BC	
2000	1.70CD	2.40CD	1.38DE	2.19CD	1.30DE	2.72BC	
4000	1.85BC	2.33D	1.68CDE	2.10D	1.42CDE	2.62BC	
8000	1.29D	1.80E	1.27E	1.55E	1.04E	1.79D	
significancia	**	**	**	**	**	**	

** = Diferencia Altamente Significativa

* = Diferencia Significativa

NS = Diferencia No Significativa

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos con los tres extractos de *Larrea tridentata*, los dos solventes utilizados para su extracción así como de las dosis evaluadas en los bioensayos con semillas de brócoli y lechuga, podemos concluir lo siguiente:

En semillas de lechuga los extractos metanólicos y etanólicos promovieron un aumento significativo en el porcentaje de germinación; mientras que en brócoli los extractos etanólicos de los Desiertos Mojave y Chihuahuense aumentaron el porcentaje de germinación pero no hubo diferencias significativas. Los extractos utilizados de los tres desiertos si tuvieron un efecto positivo ya que incrementaron la longitud de plúmula y radícula en plántulas de brócoli y lechuga.

El mejor solvente utilizado para la extracción de la resina resulto ser el etanol, ya que con este se obtuvieron los valores más altos en las variables estudiadas en las dos evaluaciones, con excepción de longitud de radícula en el extracto Sonorense donde el solvente metanólico obtuvo el valor más elevado en la primera evaluación para las plántulas de brócoli y en la segunda evaluación para las plántulas de lechuga.

La respuesta en la germinación, así como la elongación de plúmula y radícula al efecto de los extractos de resina de gobernadora se manifestó de manera diferente de acuerdo al tipo de semilla estudiada.

La información obtenida en este trabajo nos indica que debido al origen geográfico en los cuales fueron colectados los extractos de *L. tridentata*, los efectos de estos se manifestaron de una manera distinta para cada una de las variables estudiadas.

Las concentraciones altas (4000 y 8000 ppm) de resina de gobernadora aplicadas a las semillas de brócoli y lechuga, inhiben el desarrollo normal de radícula y plúmula, así como el porcentaje de germinación de las mismas.

Es factible que los extractos de resina de gobernadora puedan ser utilizados de manera similar a los reguladores de crecimiento para promover mayor elongación de raíz y tallo en plántulas de especies hortícolas. Además, considerando su demostrado efecto biocida, pueden ayudar a proteger a las plántulas contra posibles enfermedades de hongos y bacterias en invernadero y campo.

LITERATURA CITADA

- Ayanlaja, A. S., Owa, S. O., Adiyum, M. O., Senjobi, B. A. y Olaleye, A. O. 2001. Leachate from earthworm castings breaks seed dormancy and preferentially promotes radicle growth in jute. *HortScience* 36(1): 143-144.
- Barbour, M. G., Cunningham, G., Oechel, W.C. y Bomberg, S.A. (1977). Growth and development, form and function, In: Hunziker, J. H. and D. R. Difeo, (Eds.). *Creosote bush: Biology and Chemistry of Larrea in New World Deserts*. Dowden, Hutchinson and Ross, Pa. 48-91.
- Becker, H. y Farnham, M. 2001. Broccoli varieties differ in potential anticarcinogenic activity. USDA-ARS. HortTechnology. April-June, ASH reports pp. 166-167.
- Brinker, F.1994. *Larrea tridentata* (D.C) Coville (Chaparral or Creosote Bush). *British Journal of Phytotherapy*, 3(1): 10-31.
- Bush, W., Wilson, P., Shepard D., y McGlure G. 2000. Enhancement of seed germination in common carpetgrass and centipedgrass seeds. *HortScience*, 35(4): 769-770.

- Campos, L. E. y Ramos de V. L. F., 2001. De las Perlas al Collar. Historias de la evolución del CIQA. Editorial Ciencia CIQA. 135-136.
- Chow, Y. J. y C. H. Ling. 1991. *p*-Hydroxy benzoic acid as the mayor phenolic germination inhibitor of papaya seed. *Seed Sci. Technol.* 19:167-174.
- Cortéz-Rocha, M. O., Sánchez, M. R., García, S. G., Villaescusa, M. M. y Cinco, M. F. J. 1993. Plant powders as stored grain protectants against *Zabrotes subfasciatus* (Boheman). *Southwestern Entomo. Scientific Note.* 18(1).
- Coyle, J. y Roberts, N. C. 1975. A field guide to the common and interesting plants of Baja California. Natural History Pub. Co., La Jolla Calif.
- Curtin, L. S. M. 1984. *By the prophet of the earth.* University of Arizona Press. Tucson, Arizona.
- De La Rosa, I. M. y Villarreal, Q. J .A. 2000. Effect of leaf extracts of *Larrea tridentata* Cov. on germination and growth of barley seedlings. *ΦYTON-International Journal of Experimental Botany.* 66(2000) 83-86.
- Díaz, R., Cornejo, G. R. y Zavala, S. A. 1997. Estudio de la actividad antimicótica de los metabolitos secundarios aislados y carcterizados de *Larrea tridentata*. *Memorias de VI Congreso Nacional de Micología IX Jornada Científica.* Tapachula, Chiapas, México.
- Downum, K. R., J. Dole y Rodriguez, E. 1998. Nordihydroguaiaretic acid: inter and intrapopulational variation in the Sonoran Desert creosote bush (*Larrea tridentata*, *Zygophyllaceae*) *Biochemical Systematics and Ecology*, 16(6): 551-555.
- Duval, R. J. y NeSmith, S. D. 2000. Treatment with hidrogen peroxide and seed coat removal or clipping improve germination of "genesis" triploid watermelon. *HortScience*, 35(1): 85-86.
- García, E. R., Cordobilla, P. M., Vega, S. M., y Tlalpal, B., B.1997. Alelopatía y control de enfermedades de la raíz en jitomate con la adición al suelo de gobernadora (*Larrea tridentata*). *C. P. Avances en la Investigación.* 72-74.
- Garza, L. J., López, C. G. y González, R. V. 1996. Evaluación *in-vitro* de la resina de gobernadora (*Larrea tridentata*) contra *Rhizoctonia solani*, patógeno de papa. Informe de investigación del campo Experimental Saltillo. INIFAP-SAGAR.
- Gnabre, J. N., Brady, J. N., y Clanton, D. J. 1995. Inhibition of human inmunodeficiency virus pype I transcription and replication by DNA

- sequense-selective plant lignan. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 1239-43.
- Hartmann, H. T., Flocker, W. J., y Kofranek A. M. 1981. Growth, development and utilization of cultivated plants. Plant Science. Prentice-Hall, Press. Englewood Cliffs, N. J. 83-86.
- Hartmann, H. T., y Kester, D. E., 1999. Propagación de plantas: Principios y prácticas. 7° Reimpresión. Editorial Continental. México.
- Hutchens, A. R. 1973. Indian herbology of North America. Merco, Windsor, Ontario.
- International Seed Testing Association (ISTA). 1996. International Rule for Seed Testing. Rules 1996. Seed Sci. & Technol. Sürich, Switzerland. 24: 1-333.
- Katzman, S. L., Taylor, G. A. y Langhans, W. R. 2001. Seed enhancements to improve spinach germination. HortScience 36(5): 979-981.
- Kaya, C., Higgs, D. y Sakar, E. 2002. Response of two leafy vegetables grown at high salinity to supplementary potassium and phosphorus during different growth stages. Journal of Plant Nutrition, 25 (12): 2663-2276.
- Lara, H. M. E., García, E. R., Valdez, A. L. A., y Tlalpal, B. B. 1997. Avances de la Investigación. CP. Instituto de Fitosanidad. México.
- Lewis, W. H. y E. Lewis. 1977. Medical botany. John Wiley Sons, New York.
- Lightfoot, D. C. y Whitford, W. G. 1987. Variation in insects densities on desert creosote bush: Is nitrogen a factor. Ecology 68: 547-557.
- Ligth, M. E., Gardner, M. J., Jager, A. K. y Van Staden, J. 2002. Dual regulation of seed germination by smoke solutions. Plant Growth Regulation, 37 (2): 135-141.
- Lira, S. R. H., Gamboa, A. R. y Villarreal, C.L.A.; López C., R. G. y Jiménez, D. F. 2002. Hidrosoluble extracts of *Larrea tridentata* from two desertic zones in the north of México and their inhibitory effect on *Fusarium oxysporum*. Φ YTON-International Journal of Experimental Botany 2002:167-172.
- Lira, S. R. H., Balvantín, G. G. F., Hernández, C. F. D., Jasso, R. D. y Jiménez, D. F. 2003. Evaluation of resin content and the antifungal effect of *Larrea tridentata* (Seese and Moc. Ex DC.) Coville extracts from two Mexican deserts against *Phytium* sp Pringsh. Revista Mexicana de Fitopatología (En prensa).

- Lira, S. R. H., López, C. R. G., Treviño, M. M. E. y Villarreal, C. L. A. 2002. Promotor de germinación y crecimiento de radícula y talluelo de plántulas elaborado con extractos de *Larrea tridentata*. Patente en trámite ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial. Número de Registro: PA/a/2002/012319.
- Mabry, T.J.; Hunziker, J. H.; Di Feo, D. R. eds. 1977. Creosote bush. Dowden, Hutchinson y Ross Inc., Stroudsburg, Pa.
- Montes, B. R. 1996. Productos naturales de origen vegetal para el combate de fitopatógenos. Revista Mexicana de Fitopatología. 14(1):1-7.
- Moreno, M. E., 1996. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. Universidad Nacional Autónoma De México. 3ª edición. p.113-114.
- Moore, M. 1977. Los remedios de la gente. Private printing, Santa Fe, N. M. U.S.A.
- Moyer, R. J. y Huang, C. H. 1997. Effect of aqueous extracts of crop seedlings plants. Plant Science, pp 556. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey.
- Olivares, S. E. 1994. Paquete de diseños experimentales FAUANL. Version 2.5. Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín, N. L. México.
- Parks, A. C. y Boyle, H. T. 2002. Germination of *Liatris spicata* L. Willd. seed enhanced by stratification, benziladenine, or thiourea but not gibberelic acid. HortScience 37(1): 202-205.
- Rhoades, D. F. 1977 Integrated antihervivore, antidesiccant and ultraviolet screening properties of creosote bush resin. Bioche. Syst. Ecol. 5:281-290.
- Rosa, E. A. S. y Rodríguez, A. 2001. Total and individuals glucosinolate content in 11 broccoli cultivars grown in early and late seasons. HortScience 36(1): 56-59.
- Rundel, P. W., Rasoul S. M. y Gonzalez C. A. 1994. Resource availability and herbivory in *Larrea tridentata* M. Arianoutsou y R. H. Groves, Eds.. Plant-Animal Interactions in Mediterranean Type Ecosystems. Kluwer Academic Publishers. The Netherlands. 105-114.
- Salomao, N. A. y Mundim, C. R: 2000. Germination of papaya seed in response to disiccation, exposure to subzero temperatures, and giberellic acid. HortScience, 35(5): 904-906.
- Sanchez, R. Y. 2002. Germinación y elongación celular de plántulas de frijol tratadas con extractos de gobernadora (*Larrea tridentata*) y ácido giberélico.

Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Coahuila, México.

- Sari, O. A., Morales, R. M., y Simon, E. J. 2001. Ethephon can overcome seed dormancy and improve seed germination in purple coneflower species *Echinaceae angustifolia* and *E. pallida*. HortTechnology 11(2): 202-205.
- Smart, C. R. H., Hogle, H., Robins, R. K., Broom, A. D. y Bartholomew, D. 1969. An interesting observation on nordihydroguaiaretic acid (NSC-4291; NDGA) and a patient with malignant melanoma- A Preliminary Report. Canc. Chemother. Rep., part 1, 53(2): 147-151.
- Spanarkel, R., y Drew, MC. 2002. Germination and growth of lettuce (*Lactuca sativa*) at low atmospheric pressure. Physiologia Plantarum, 116 (4): 468-477.
- Train, P.; Henrichs, J.R. y Archer, W. A. 1982. Medicinal uses of plants by indian tribes of Nevada. Quarter-man Publications Inc., Lawrence, Mass.
- Valadez, L. A. 1994. Producción de hortalizas.. Editorial Limusa. S.A. de C.V. México, D.F.
- Villarreal, C. L. A., López, C. R. G., Infante, M. J. R., Cisneros, F. A. y Ramírez, C. J. C. 1998. Proceso para la producción de resina de gobernadora (*Larrea tridentata*) soluble o dispersable en agua. CIQA. (Patente en trámite No. 9810828, IMPI). Saltillo, México.
- Winkelman, M. 1986. Frequently used medicinal plants in Baja California Norte. J. Ethnopharmacol., 18: 109-31.
- Yamaguchi, S., y Kamiya, Y. 2001. Gibberellins and light-stimulated seed germination. Journal of Plant Growth Regulation, 20 (4): 369-376.
- Yildirim, E., Dursun, A., Guvenc, I., y Kumlay, A. M. 2002. The effects of different salt, bioestimulant and temperatures levels on seed germination of some vegetable species. Proceedings of the Second Balkan Symposium on Vegetables and Potatoes, (579): 249-253.
- Zamora, J. M. 1984. Cytotoxic, antimicrobial and phytochemical properties of *Larrea tridentata* Cav. Doctoral dissertation. Auburn University, Auburn, Ala.

