

Bioestimulantes aplicados a semillas de *Echinacea purpurea* (L.) Moench y su efecto en algunas características fenológicas en invernadero y calidad de semilla.

OSCAR GUAJARDO RÍOS

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para

Obtener el Grado de:

MAESTRO EN TECNOLOGÍA

DE GRANOS Y SEMILLAS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Junio de 2012.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO

Bioestimulantes aplicados a semillas de *Echinacea purpurea* (L.) Moench y su efecto en algunas características fenológicas en invernadero y calidad de semilla.

TESIS POR:

OSCAR GUAJARDO RÍOS

Elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada como requisito parcial para optar al grado de:

MAESTRO EN TECNOLOGÍA DE GRANOS Y SEMILLAS

COMITÉ PARTICULAR

Asesor principal:



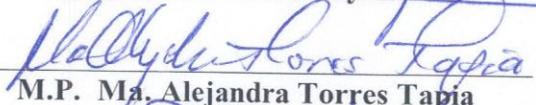
M.C. Federico Facio Parra

Asesor:



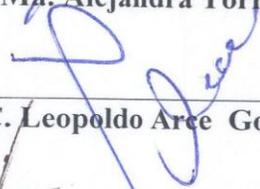
M.C. Antonio Valdés Oyervides

Asesor:

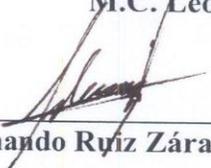


M.P. Ma. Alejandra Torres Tapia

Asesor:



M.C. Leopoldo Arce González



Dr. Fernando Ruiz Zárate
Subdirector de Posgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Junio de 2012.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en especial al Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Granos y Semillas, por brindarme esta oportunidad de superación y desarrollo profesional.

Al MC. Federico Facio Parra por su gran apoyo y dirección en la realización de la investigación, así como por sus aportaciones en el estudio.

Al MC. Antonio Valdés Oyervides por su significativa aportación de sus conocimientos, así como por su acertada orientación en este trabajo.

A la MP. Alejandra Torres Tapia por su valiosa cooperación en la elaboración de esta investigación.

Al MC. Leopoldo Arce González por su acertada participación y precisa guía en el desarrollo de este trabajo de tesis.

A la L.C.Q. Magdalena Olvera Esquivel por su apoyo en el trabajo del bioensayo del laboratorio.

A la MC. Rebeca González Villegas por su apoyo en la elaboración del artículo y empaginado de la tesis.

A todos los maestros del Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Granos y Semillas por contribuir en mi formación profesional con sus clases, tareas y consejos.

A mis compañeros de generación y a todos los compañeros de la maestría por la grata convivencia con ellos durante mi estancia en la Universidad.

DEDICATORIA

A Nuestro Amado Padre Dios por permitirme alcanzar una meta más en esta vida, avanzando así otro paso en este sendero de: Amor, Sabiduría, Voluntad, Belleza, Ciencia, Suministro y Libertad.

A mis amados padres Francisco Guajardo García y Bertha Ríos García por darme la vida y por todos los valores que me enseñaron: Valor, Fe, Perseverancia, Respeto, Sinceridad, Disciplina, Ética, entre otros.

A mi amada esposa María Paz Ponce por su amor, comprensión y apoyo incondicionales durante todo el tiempo que llevamos juntos, siempre trabajando en equipo formando la familia que tenemos, y por su ayuda para cumplir esta meta profesional.

A mis amados hijos Isaac, Bertha y Jesús por constituir la energía que me motiva a seguir cumpliendo metas y objetivos, a pesar de cualquier apariencia, y por compartir juntos alegrías y experiencias cada día.

A mis amados hermanos Saúl, Omar y Elvia por las gratas convivencias y experiencias que hemos compartido en esta vida y por la gran unión que tenemos tanto en momentos alegres como difíciles de la existencia.

AGRADECIMIENTO

A la empresa Palau Bioquim, S.A. de C.V, por proporcionar los productos Turboenzims y Algaenzims, que fueron base de los materiales para la elaboración del presente trabajo de investigación.

Especialmente al **M. Sc. Benito Canales**, Director General de la empresa y al **M.C. Omar Cárdenas**, director de investigación de la misma, por su apoyo y aportaciones.

COMPENDIO

Bioestimulantes aplicados a semillas de *Echinacea purpurea* (L.) Moench y su efecto en algunas características fenológicas en invernadero y calidad de semilla.

OSCAR GUAJARDO RÍOS

MAESTRÍA

TECNOLOGÍA DE GRANOS Y SEMILLAS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO COAHUILA, JUNIO DE 2012.

M.C. FEDERICO FACIO PARRA--ASESOR--

Palabras Clave: *Echinacea purpurea* (L.) Moench, biofertilización, calidad fisiológica, invernadero.

La especie *Echinacea purpurea* (L.) Moench tiene su importancia en la medicina natural por su capacidad para estimular el sistema inmune, ayudando a prevenir infecciones y otras enfermedades. Sin embargo la semilla de esta especie, presenta algunos problemas fisiológicos en su germinación y tasa de sobrevivencia, además de desconocer los procesos agronómicos de su producción que puedan permitir un óptimo rendimiento. Por ello, se planteó este estudio con el fin de recabar información en su producción con el uso de

bioestimulantes en la semilla para promover el desarrollo de planta y evaluar algunas características fenológicas bajo condiciones de invernadero. El trabajo se llevó a cabo en el Laboratorio de ensayos de semillas y en el Invernadero de la UAAAN, se aplicaron seis tratamientos incluyendo al testigo, utilizando como bioestimulantes a Turboenzims al 50 y 65 % y Algaenzims 50, 65 y 80 %. Las características evaluadas fueron: Altura de la planta, número de hojas por planta, longitud de hojas, número de flores por planta, diámetro de flor y semillas por capítulo, además de longitud de radícula, longitud de hipocotilo, plántulas normales y semillas sin germinar. La información generada, fue analizada bajo un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones. Los resultados obtenidos en invernadero mostraron que los tratamientos Turboenzims a 65 % y Algaenzims a 65 y 80 % resultaron las dosis óptimas para promover el desarrollo de altura de planta, número y longitud de hojas, número y diámetro de flores; mientras que Algaenzims 50 % fue el mejor en número de hojas por planta. Los tratamientos de Turboenzims 50 % y Algaenzims 80 %, presentaron el mayor número de semillas por capítulo. En los parámetros de laboratorio, se encontró que los mejores tratamientos Turboenzims 50 y 65 % y Algaenzims 65 y 80 %, fueron los que obtuvieron mayor longitud media de radícula y longitud media de hipocotilo; mientras que Algaenzims 65 % resultó con mayor número de plántulas normales siendo el mejor tratamiento elevando la tasa de germinación hasta un 93 % en comparación del testigo 88 %. En la semilla de la especie *Echinacea purpurea* (L.) Moench al aplicar bioestimulantes como Turboenzims y Algaenzims se presentan efectos positivos, mejorando las características fenológicas en invernadero con una tendencia de mayor efecto cuando mayor es la dosis; además la aplicación de Algaenzims a 65 % en la producción de semilla incrementa la calidad fisiológica de germinación de la semilla producida y evaluada en laboratorio.

ABSTRACT

Biostimulants applied to *Echinacea purpurea* (L.) Moench seeds and their effect in some phenological variables in greenhouse and seed quality.

BY:

OSCAR GUAJARDO RÍOS

MASTER

GRAIN AND SEED TECHNOLOGY

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO COAHUILA. JUNIO DE 2012.

M.C. FEDERICO FACIO PARRA---ADVISOR---

Key words: *Echinacea purpurea* L., biostimulation, physiological quality, greenhouse.

In *Echinacea purpurea* (L.) Moench crop there is some problems in its germination and survival rate and to be necessary knows better the agricultural process of its production for produce its yield optimal, like the use of bio stimulants. By that, it was made this study with aim of contribute with information; in this work were used biostimulants Turboenzims and Algaenzims in the seed of this specie for to promote the development of some phenological characteristics under conditions of greenhouse. The investigation was made in Laboratory of Seeds and in Greenhouse of the University UAAAN in Saltillo, the

treatments utilized were six including the witness, it was used Turboenzims at 50 and 65 % and Algaenzims 50, 65 and 80 %. The results obtained in greenhouse show that optimal doses for to promote the development of plant height, number and leaves longitude, number and flower diameter were for Turboenzims the doses of 65 %, and for Algaenzims the doses of 65 and 80 % except for plant leaves number which doses was of 50 % and for capitulum seeds were Turboenzims 50 % and Algaenzims 80 %. For the case of laboratory, in radicle media longitude and hypocotyl media longitude were favorable Turboenzims 50 and 65 % and Algaenzims 65 and 80 %, for normal seedlings Algaenzims 65 % was best, since increases the germination rate surpassing to witness by 5 %. As conclusion we can establish that was an positive effect of biostimulants used increasing agricultural characteristics studied at greenhouse and laboratory, where germination of harvested seeds was increased from 88 (witness) to 93 % in treatment number five (Algaenzims 65 %), and there is a tendency of higher effect as higher doses applied.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página.
COMPENDIO.....	vi
ABSTRACT.....	viii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	x
ÍNDICE DE CUADROS.....	xii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivos.....	2
Hipótesis.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	26
Ubicación del área de estudio y material en estudio.....	26
Ensayo preliminar.....	26
Selección de tratamientos.....	27
Etapa I. Invernadero. Siembra.....	28
Etapa II. Laboratorio. Cosecha de semilla.....	30
Prueba de calidad fisiológica.....	30
Análisis Estadístico.....	34
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	35
Etapa I. Invernadero.....	35
Etapa II. Laboratorio.....	40

V. CONCLUSIONES.....	45
VI. LITERATURA.....	47

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Pag
4.1	Análisis de varianza en las características fenotípicas de la planta de <i>Echinacea purpurea</i> (L.) Moench con la aplicación de 6 tratamientos con bioestimulantes.....	36
4.2	Comparación de medias de las características AP, NHP y LH en <i>Echinacea purpurea</i> (L.) Moench tratada con bioestimulantes de la Etapa I bajo condiciones de invernadero.....	37
4.3	Comparación de medias de las características NFP y DF en <i>Echinacea purpurea</i> (L.) Moench tratada con bioestimulantes de la Etapa I bajo condiciones en invernadero.....	39
4.4	Análisis de varianza en las características fisiológicas de la planta de <i>Echinacea purpurea</i> (L.) Moench.....	41
4.5	Comparación de medias de las características SC, LMR, LMH, PN y SSG en <i>Echinacea purpurea</i> (L.) Moench de la Etapa II bajo condiciones de laboratorio.....	42

I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial el uso de las plantas medicinales ha ido en aumento los últimos años, debido al alto costo de la medicina de patente. Además del bajo costo, la medicina natural normalmente carece de efectos secundarios, lo que la hace más atractiva. En países como Estados Unidos, Canadá, Costa Rica, Chile y Alemania, su consumo ha crecido notoriamente. Una de las especies que más éxito ha tenido recientemente, es precisamente la *Equinacea purpurea*(L.) Moench, que se considera efectiva como limpiador sanguíneo y linfático, y antibiótico natural, ayuda a reducir la fiebre, infecciones, mala respiración, así como a la producción de mucus. La equinacea es conocida por su capacidad para estimular el sistema inmune, ayudando a prevenir infecciones y otras enfermedades. Numerosos estudios clínicos han mostrado a la equinacea ser efectiva, especialmente si se toma en los primeros signos de una enfermedad (Woelkart y Bauer, 2007). Esta especie es nativa de Norte América y se distribuye a través del este y centro de Estados Unidos y sureste de Canadá, dicha planta presenta un hábito herbáceo, alcanza 1- 1.20 metros de altura, con tallos simples o ramificados, duros, pilosos, con hojas largas, ovadas a lanceoladas, las superiores sésiles y las inferiores pecioladas, su raíz es simple o fibrosa. La flor es una cabezuela, con brácteas de color blanco o amarillo hasta rosa o morado y un cono elevado de florecillas discales en su centro.

Sin embargo, aún falta conocer mejor los procesos agronómicos de su producción que permitan su óptimo rendimiento, como por ejemplo, del uso de bioestimulantes, control de plagas, enfermedades y sobre todo conocer lo relacionado a la producción, y manejo agronómico, en relación al uso óptimo de fertilizantes (Bonomelli *et al.*, 2005).

Por lo antes mencionado, se realizó este trabajo de investigación a fin de aportar información, que consiste en determinar el efecto de la bioestimulación en la producción y calidad de semilla bajo condiciones de invernadero, con los objetivos que a continuación se presentan.

Objetivo

Evaluar el efecto de bioestimulantes de variables fenológicas de planta y calidad de semillas de la especie *Echinacea purpurea* (L.) Moench bajo condiciones de invernadero y laboratorio.

Objetivos específicos

- Determinar las dosis óptimas de Turboenzims y Algaenzims para promover el mejor desarrollo fenológico de la planta de *Echinacea purpurea* (L.) Moench en condiciones de invernadero.
- Evaluar la calidad fisiológica de la semilla producida de *Echinacea purpurea* (L.) Moench del objetivo anterior.

Hipótesis

- Al menos una de las dosis de los tratamientos aplicados en *Echinacea purpurea* (L.) Moench tiene la capacidad de producir un efecto positivo en las características fenológicas estudiadas bajo condiciones de invernadero.
- Alguna de las aplicaciones de dosis y bioestimulante en *Echinacea purpurea* (L.) Moench bajo condiciones de invernadero produce un efecto positivo en la calidad fisiológica de la semilla cosechada.

II. REVISION DE LITERATURA

La *E. purpurea* es una especie de la familia Asteraceae y tiene su centro de origen en las praderas naturales del centro de EUA. En estado silvestre, las plantas de equinacea normalmente crecen en suelos rocosos pobres, sin embargo, bajo condiciones de cultivo controlado requieren suelo arcillo-arenoso y bien drenado, y un pH neutro a ligeramente ácido de 6 a 7. Es tolerante a la sequía pero la humedad del suelo es importante para su mejor crecimiento. Entre los compuestos químicos que contiene destacan inulinas, flavonoides, alcaloides y alquilamidas, con propiedades antiinflamatorias e inmuno estimulantes (Bonomelli *et al.*, 2005).

La equinacea, comúnmente conocida como flor cónica morada, es un género Norte Americano de nueve especies en la familia Asteraceae. La equinacea fue una de las principales hierbas utilizadas por muchas tribus de Indios de las Planicies Norte Americanas y, posteriormente, por los primeros pobladores. Gracias a un resurgimiento reciente en popularidad entre los herbalistas, ha habido un gran incremento en su uso en Norte América y Europa. El género se ha convertido en el objetivo de exhaustiva investigación para identificar los químicos bioactivos y determinar su efectividad. La *E. purpurea* (L.) Moench es una de las tres especies que tienen actividad farmacológica posible y está siendo cultivada en número creciente para abastecer el auge del mercado (Whitman *et al.*, 2007).

Reyna (2004), refiere que los antecedentes históricos de esta planta datan de 1880, año en que H.C.F. Meyer, un renombrado médico alemán, se estableció en la ciudad de Pawnee, Nebraska. En sus trabajos relata que los nativos del lugar fabricaban un remedio contra las mordeduras de serpientes, el cual contenía raíces de una especie en particular. Como desconocía su nombre, envió un ejemplar a los hermanos Lloyd, farmacéuticos establecidos en Cincinnati, para que la identificaran. John Lloyd (1849-1935), farmacéutico y fabricante, era un pionero en el uso de las plantas medicinales y su hermano Curtis Gates Lloyd (1859-1926), botánico y comerciante, identificó la planta que Meyer había enviado como *Echinacea angustifolia* D.C.. Lloyd le escribió al médico John King, solicitándole que investigara la droga contenida en la planta. En 1887, King comprobó la eficacia de dicha especie con sus propios pacientes y publicó un artículo en la *Eclectic Medicinal Journal* destacando su valor potencial. De esta manera, Lloyd aceptó preparar medicamentos a base de Echinacea. Lloyds Brothers, se convirtió así en la primera compañía fabricante de preparados de uso farmacológico con equinacea. Estos productos fueron en un principio vendidos sólo a médicos y no al público en general, pero debido a la creciente demanda, en 1890 se vio obligado a exportar a Europa, ya que sus preparados eran muy requeridos por médicos del viejo mundo. Hasta 1930 los productos de Echinacea eran preparados con *Echinacea angustifolia* D.C. y con *Echinacea pallida* Nutt. Esta última, se utilizaba como adulterante de la anterior, debido a la falta de suministro de aquella, pero ambas eran rotuladas como "*Echinacea angustifolia*". Mientras tanto, Gerhard Madaus, un fabricante alemán, viajó a Estados Unidos en busca de semillas, pero las semillas etiquetadas como *Echinacea angustifolia* D.C. y vendidas en Chicago, eran en realidad de *Echinacea*

purpurea (L.) Moench. Madaus creyó que tal vez podría existir un parecido entre ambas especies en lo relativo a sus usos medicinales y decidió, una vez multiplicada la especie, producir medicamentos en base a esta hierba.

Como resultado de ello, las investigaciones iniciadas en Europa durante las décadas pasadas, se realizaron con *Echinacea purpurea* (L.) Moench y no con *E. angustifolia* D.C., la especie más usada por los nativos de América. Luego, se llegó a la conclusión de que ambas poseían virtudes semejantes, (Reyna, 2004). La misma autora menciona que de las nueve especies de este género, tres de ellas tienen marcada importancia por sus propiedades medicinales. Siendo éstas: *Echinacea angustifolia* D.C.; *Echinacea pallida* Nutt. y *Echinacea purpurea* (L.) Moench. La primera, *E. angustifolia*, se diferencia por tener una altura de 15 a 60 cm, con hojas lanceoladas de 7 a 20 cm de longitud. Sus capítulos florales aparecen desde el mes de junio hasta mediados de agosto en el Hemisferio Norte, presentando flores marginales liguladas de 3 a 5 cm de largo con tonalidades que van desde el púrpura hasta el blanco.

Esta especie crece en forma silvestre en lugares soleados y abiertos en el Oeste de Oklahoma, Kansas, Nebraska e Iowa, hacia el extremo este de Colorado y en Montana. La segunda especie, *E. pallida*, tiene mayor altura que la anterior, desde 1.0 a 1.20 m. Sus inflorescencias aparecen entre junio y julio, presentando flores marginales liguladas de 12 cm de largo. Se le puede encontrar en los claros de bosques, en afloramientos rocosos y bordeando caminos al Noroeste de Texas, Este de Oklahoma, Norte de Kansas hasta Iowa y Este de Indiana. También fue encontrada en Pensilvania, Este de Massachusetts, Norte de Carolina y Georgia. La *E. purpurea* (L.) Moench se caracteriza por tener una altura variable de entre 0.8 y 1.0 m.; sus hojas son glabras, largamente pecioladas y dentadas; los capítulos

florales son solitarios con flores de color púrpura a rojo intenso, de hasta 7 cm de longitud. Esta es la especie más difundida, encontrándose desde Maryland hasta Georgia, Oeste de Louisiana, extremo Norte de Texas, Este de Oklahoma, Norte de Ohio y Michigan. En su estado silvestre no es tan abundante como las especies anteriores, apareciendo ejemplares aislados en suelos húmedos y lugares abiertos. Las otras especies menos divulgadas, como *Echinacea tennesensis* (Beadle) Small, *Echinacea laevigata* (Boynton and Beadle) Blake, y *Echinacea simulata* (McGregor) Binns, hoy forman parte de una amplia lista de especies americanas en peligro extinción.

Según Coleman *et al.*, (2007), entre las virtudes que se le conocen a esta planta está la de reforzar todo el sistema inmunológico y generar mayor resistencia frente a diferentes agentes externos como virus, bacterias y sustancias tóxicas. También, se menciona su acción antiséptica y antiinflamatoria ya que aumenta la resistencia de la piel contra el ataque de bacterias, virus y hongos gracias a la inhibición de una enzima llamada hialuronidasa. La acción antiinflamatoria de la Equinacea data de 1950, cuando se obtuvieron buenos resultados en la cura de pacientes afectados de artritis crónica. Otra cualidad curativa de la planta es su acción cicatrizante al favorecer la proliferación de fibroblastos (células de la piel que contribuyen a su rápida cicatrización) y antitumoral. La mejor evidencia científica sobre esta planta es su capacidad de ayudar en la recuperación de los resfríos y catarrros más rápidamente, además de prevenirlos. La mejor evidencia científica sobre esta planta es su capacidad de ayudar en la recuperación de los resfríos y

catarros más rápidamente, además de prevenirlos. Un meta-análisis realizado en 2006 para evaluar la eficacia de la Equinacea encontró que la probabilidad de contraer un resfrío fue 55% mayor con un placebo que con la Equinacea (con base en tres ensayos clínicos) y en 2007, en la Facultad de Farmacia del hospital Hartford (Connecticut, EEUU) se realizó un nuevo meta-análisis que se publicó en "The Lancet Infectious Diseases" donde se concluyó que la Equinacea podría reducir en un 58 % el índice de probabilidades de sufrir un resfrío común y acorta en un día y medio la duración de los síntomas. Los autores llegaron a la conclusión de que, tomada para prevenir un resfriado común, la equinacea es capaz de reducir su incidencia en un 65 %. Si, por el contrario, se inocula a los pacientes directamente el rinovirus, la hierba sólo reduce la incidencia del resfriado en un 35 por ciento.

"Dado que hay 200 virus capaces de causar el resfriado común, la equinacea podría tener un efecto más bien limitado contra el rinovirus, pero mucho mayor contra los otros virus", explican los científicos. Es evidente que aún se necesitan más investigaciones para poder obtener una conclusión definitiva sobre el uso de esta planta como tratamiento para el resfrío, además de determinar los efectos secundarios que podría ocasionar. Aunque no está clínicamente demostrado, hay quien piensa que las personas con enfermedades autoinmunes (como lupus o esclerosis múltiple) o progresivas (como tuberculosis o infección por VIH) no deben tomar equinacea. Si toma bebidas que contienen cafeína o alcohol, si fuma o si usa drogas ilegales, estas sustancias pueden afectar la forma como la equinacea funciona. Las personas alérgicas a las flores de la familia de las margaritas no deben tomar equinacea. En la literatura médica existen informes de reacciones alérgicas a la

equinacea (urticaria, diarrea). Estos autores recomiendan que en embarazo o lactancia se debe consultar al médico antes de comenzar a tomar equinacea. También en niños de entre 2 y 11 años, por falta de estudios concretos al respecto. En cuanto a su dosis, ellos sugieren que cuando aparecen los primeros síntomas del resfriado o la gripe, se pueden tomar 3 a 4 ml de tintura de equinacea cada dos horas el primer día de la enfermedad, y después tres a cuatro veces al día durante los siguientes 10 a 14 días. También se pueden tomar 300 mg de equinacea molida en forma de comprimidos o cápsulas, tres veces al día durante 10 a 14 días.

Además de sus virtudes medicinales, otro aspecto interesante de esta planta es su forma de cultivo. En su medio ambiente natural, la equinacea depende de los insectos polinizadores, como señalan Wagenius and Lyon (2010) que mencionan que la limitación de polen en la reproducción de plantas ocurre en muchas especies, particularmente en aquellas de hábitats fragmentados. Ellos investigaron la relación entre la limitación del polen y la visita del polinizador en *Echinacea angustifolia* D.C. (Asteraceae), la cual crece en las praderas muy fragmentadas de los pastos de Norte América, encontrando que la visita de las abejas aumentó con el aislamiento de plantas individuales y no varió significativamente con el tamaño de la población. En cuanto a su reproducción con fines comerciales, se ha logrado con éxito por división de matas a fines de invierno, o por vía sexual sembrando sus semillas.

Un problema que siempre está presente al germinar semillas de plantas es que una gran mayoría presentan algún tipo de latencia, es decir, una adaptación que asegura que las semillas germinarán sólo cuando las condiciones ambientales son favorables para sobrevivir. Las condiciones necesarias para que la semilla “rompa” o salga de su latencia varían de especie a especie, incluso entre diferentes fuentes de la misma especie. Hay varios tipos de latencia. Cuando es causada por factores internos puede ser fisiológica o morfológica. La fisiológica es el tipo más común visto en plantas de clima frío o templado. Las de tipo morfológico tienen embriones subdesarrollados cuando son separadas de la planta madre y requieren un período de post maduración para que el embrión madure completamente y puedan germinar. Cuando es debida a factores externos, puede ser latencia física o física-fisiológica. Las semillas presentan cubiertas duras y gruesas que impiden el movimiento de agua u oxígeno hacia dentro de la semilla (Baskin and Baskin, 1998).

La principal causa de la baja emergencia de las semillas de *E. purpurea* es la presencia de una membrana interna parcialmente permeable que puede imponer algún tipo de latencia. Los métodos de propagación asexual usando puntas de raíz, cultivos de tejidos y explantes de hoja son muy costosos y laboriosos, requieren de equipos especializados y producen relativamente pocos propágulos por planta. Por lo tanto la propagación por semillas es normalmente el método más común para la producción comercial de *E. purpurea*, sin embargo su baja germinación de semillas causa una limitante significativa en su producción a gran escala (Korocho *et al.*, 2002).

Se han realizado numerosos estudios, utilizando luz, ácido giberélico, estratificación en frío, reguladores de crecimiento, entre otros, para romper la latencia de las semillas de *E. purpurea* con algunos efectos positivos. Con esto se estimula a la semilla para que su germinación sea en mayor porcentaje y más uniforme.

Como lo reporta Kindscher (2006), de la Universidad de Kansas, describiendo que el protocolo establecido en la Universidad Estatal de South Dakota, es colocar las semillas sobre papel secante humedecido con una solución hecha de 3 gramos de etefón por galón de agua destilada. El papel secante humedecido es colocado en cajas para semilla, plásticas, con tapas transparentes. Las cajas son colocadas bajo luz continua (lámparas fluorescentes de luz fría) en un medio ambiente frío (2-6 °C) por 14 días seguido por la colocación de las cajas bajo luz continua (lámparas fluorescentes frías y cálidas) a 25 °C. Usando este protocolo los investigadores encontraron que las plántulas fueron fáciles de trasplantar al campo a las 9 semanas después de colocarlas en el papel secante; germinó más del 95 % de las semillas viables. Una ventaja de este procedimiento fue que todas las plántulas tuvieron el mismo tamaño cuando se trasplantaron a campo.

Igualmente, Li *et al.*, (2007), que señalan que las semillas de *Echinacea purpurea* (L.) Moench muestran bajas tasas de germinación y una amplia variación en las tasas de emergencia, dificultando la producción considerablemente. Los tratamientos de ácido giberélico (GA3) y etefón, (producto que el metabolismo de la planta lo convierte en etileno, el cual actúa como potente regulador del crecimiento y madurez de la planta), aumentaron significativamente el porcentaje de germinación y acortaron el tiempo medio

de germinación (TMG) y el tratamiento de pre enfriamiento produjo un gran incremento en el porcentaje y tasa de germinación, ambos en luz y oscuridad. Un tratamiento de pre enfriamiento por 14 días a 4°C en una solución de 200 mg/L de AG3 o en solución de etefón 1 mg/L en luz continua, seguida por un periodo de germinación en luz a 20/30 °C (16/8 hr), indujo una germinación de semilla de más del 90 %. Además, remover las cubiertas de las semillas o las semillas dañadas también mejora su germinación. Los resultados experimentales mostraron que la latencia de semillas de *E. purpurea* (L.) Moench se debe parcialmente a la restricción de la cubierta de la semilla.

Por su parte, Karimian *et al.*, (2011) en su trabajo sobre germinación de semilla y técnicas para romper latencia de *Echinacea purpurea* (L.) Moench destacan una germinación alta con tratamientos de ácido giberélico (100, 200 y 300 ppm), nitrato de potasio (0.5, 1 y 1.5 %) y estratificación en frío a los 7, 14 y 21 días. Así mismo, ellos comentan que el porcentaje y tasa de germinación aumentaron en todos los tratamientos superando al control. La mayor tasa de germinación fue obtenida en el tratamiento de estratificación en frío que indujo cerca del 98 % de germinación, comparada al control con 38 %. El tiempo medio de germinación también fue mejorado en todos los tratamientos.

Wood *et al.*, (2006) en una investigación sobre el efecto del ácido carboxílico (ACC), precursor del etileno, sobre la latencia y germinación en cinco especies de Echinacea (*E. tennesseensis* (Beadle) Small, *E. paradoxa* (Norton) Britton, *E. simulata* (McGregor) Binns, *E. purpurea* (L.) Moench y *E. angustifolia* D.C.), encontraron que la aplicación de 5 mg/L de ácido carboxílico mejoró la germinación en las tres primeras hasta 82, 99 %, y

82 %, respectivamente, pero no hubo cambio para *E. purpurea* (L.) Moench ni *E. angustifolia* D.C. La tasa de germinación fue acelerada notoriamente en todas las especies en presencia del ácido carboxílico. En promedio hubo 57 % más semillas germinadas con el ácido carboxílico después de tres días comparadas a las semillas sin tratar. Sin embargo esta mejoría no se mantuvo cuando las semillas tratadas con el ácido fueron secadas previo a la germinación.

Chuanren *et al.*, (2004) de la Universidad de Chongqing en China estudiaron las respuestas de las semillas de *E. angustifolia* D.C. a algunos factores químicos y físicos, tales como escarificación, periodo de enfriamiento (5°C), luz y bencil amino purina (fitohormona que estimula la germinación y crecimiento), y AG3 (ácido giberélico). Cuando las cubiertas de las semillas fueron removidas, la tasa de germinación creció desde 6 hasta 20 % (incubadas en luz) y el tiempo medio de germinación se redujo de 18 a 6.6 días. La aplicación exógena de 0.1, 0.2 y 0.3 mg/L de AG3 o de bencil amino purina en los pre tratamientos previos incrementó la germinación a 78, 90 y 84 %, respectivamente. Obviamente la mejor concentración del AG3 y de bencil amino purina fue de 0.3 mg/L.

Wood (2007), en su trabajo de tesis en la Universidad de Kentucky, menciona sobre la relación que hay entre el etileno y el rompimiento de latencia de semillas de Equinacea, estudiando su efecto en 4 especies [*E. purpurea* (L.) Moench, *E. tennesseensis* (Beadle) Small, *E. angustifolia* D.C. y *E. simulata* (McGregor) Binns], remojando las semillas previamente por 24 hrs a 25 °C en una solución de 1 mg/L de etefón (regulador de crecimiento), poniendo posteriormente a germinar las semillas en cajas de Petri. Las semillas tratadas con este regulador se germinaron en un incubador por separado a 25 °C

para prevenir la exposición de etileno a los tratamientos control. La germinación (protrusión de radícula) fue registrada a los 3 y 12 días después, encontrando que el tratamiento de etefón fue tan bueno como la estratificación en frío, logrando una germinación más alta y más rápida en las 4 especies estudiadas.

De la misma manera, Bishnoi *et al.*, (2010), en un estudio sobre métodos para mejorar la germinación de *E. purpurea* (L.) Moench en la Universidad de Alabama, destacan el uso de este regulador (etefón), para lo cual dejaron las semillas a 5°C por 24 hr en remojo en una solución de etefón a 100, 300 y 500 ppm, para después hacer pruebas de germinación estándar a 20-30 °C en cajas de Petri en los diferentes lotes de semillas examinados, encontrando un incremento significativo de germinación al octavo día con la aplicación de etefón a 100 y 300 ppm.

Macchia *et al.*, (2001) reportan en un estudio acerca de los métodos para romper la latencia de semillas en *Echinacea angustifolia* D.C. que un tratamiento de pre enfriamiento por 11 días a 5° C en una solución de etefón a concentración de 1 mg/L en luz continua, seguido por un periodo de germinación de 2 semanas en luz (24 hr/día) a 20-30 °C puede inducir hasta el 90 % de germinación de la semilla en *E. angustifolia* D.C. El tratamiento de pre enfriamiento en etefón también incrementó la tasa de germinación.

En un estudio sobre promotores de la germinación de la equinacea, Qu *et al.*, (2004) examinaron cinco lotes de semilla de *E. angustifolia* D.C. y *E. pallida* Nutt. Germinaron las semillas en una cámara de crecimiento aplicando luz, y en oscuridad a 25 °C por 16 a 20 días después de remojo en etefón (1 mg/L) o agua por 10 minutos. Tanto la luz como el

etefón promovieron la germinación de la semilla de estas especies, en comparación con la oscuridad en nueve de diez lotes. El etefón en la oscuridad tuvo porcentajes de germinación similares o mayores que el agua con luz. El etefón con luz mejoró la germinación en tres de diez lotes comparado con etefón en la oscuridad (nueve de diez lotes), concluyendo que éste podría ser un tratamiento alternativo para la germinación de estas dos especies.

En una investigación de tesis doctoral realizada por Siow-Leng (2011), acerca de los problemas de la germinación en el cultivo de *Echinacea angustifolia* D.C., en la Universidad de Tasmania, se menciona que la aplicación de una estratificación por dos semanas en etefón 100 ppm fue efectiva en un lote de semillas con latencia primaria baja mejorando la germinación de 73 % a 95 %. En otros experimentos, el regulador de crecimiento etefón fue efectivo después de seis a setenta y dos horas a temperaturas de 4°C a 25°C. Esto sugiere que las semillas pueden ser remojadas a temperatura ambiente en etefón 100 ppm por seis horas el día de siembra, y eliminando la estratificación por largos periodos con riesgos asociados. Sin embargo, las plantas pre tratadas con etefón, parecieron tener crecimiento ligeramente reducido bajo condiciones de invernadero. La efectividad del pre tratamiento de las semillas fue comparada por otras condiciones en ambos, invernadero y en campo. Las semillas en la prueba de invernadero mostraron haber entrado a un estado de latencia secundaria con 14-15 % menos germinación que los resultados de laboratorio. Estos resultados fueron reflejados en el campo el cual tuvo 33-51 % menos emergencia.

Sari *et al.*, (2011) en un estudio en la Universidad Rutgers de New Jersey, USA, empleando una solución del regulador etefón a 1 mg/L sobre nueve lotes de semillas de *E. pallida* Nutt. y *E. angustifolia* D.C., de una amplia variedad de fuentes comerciales y

colecciones de germoplasma para determinar si este regulador mejoraría lo suficiente la germinación de la semilla para ser utilizado por la industria para mejorar la calidad de la semilla de *Equinacea*. Su aplicación incrementó la germinación, sin importar la fuente de la semilla, en ambas especies: de los nueve lotes examinados, en ocho hubo aumento para *E. pallida* Nutt. (de 27 a 76 %) y en cuatro para *E. angustifolia* D.C. (de 62 a 76 %) reportando una diferencia significativa comparados a los lotes de semillas sin tratar.

En forma similar, Korkmaz *et al.*, (2004) en la Universidad Imam de Turquía, realizaron un trabajo sobre los efectos de la estratificación y el pre tratamiento sobre germinación y emergencia de semillas de *Echinacea angustifolia* D.C. someténdolas a un pre enfriamiento por 3 semanas a 4 °C en luz o tratadas por 3 días a 20 °C en la oscuridad con nitrato de potasio (KNO₃) suplementado con 1000 mg/L de ácido giberélico (AG3). Después de la estratificación y pre tratamiento, las semillas fueron sometidas a pruebas de germinación y emergencia a 25 °C. Las tratadas con KNO₃ y AG3 dieron el porcentaje de germinación más alto con 80 %, y la estratificación sola incrementó la germinación hasta 69 % comparada a las semillas no tratadas que tuvieron el porcentaje más bajo de 57 %. La emergencia fue mejorada por el pre tratamiento a 75 % comparado a las estratificadas (62%), mientras que las no tratadas presentaron el porcentaje más bajo de 26 %, indicando que estos tratamientos pueden ser una alternativa para romper la latencia y mejorar la germinación y emergencia de semillas de *Echinacea purpurea* (L.) Moench.

Por otra parte, Zinati *et al.*, (2001) en un estudio sobre la germinación de *E. angustifolia* D.C., con tres repeticiones de 50 semillas cada una, refieren que la estratificación en la oscuridad a 5 y 10 °C por 5, 10, 20 y 30 días produjo un porcentaje de germinación de 50

%, mientras que cuando se estratificaron a 10 °C por 30 días en luz indirecta presentaron el porcentaje de germinación más alto (83 %), por lo cual recomiendan un pre tratamiento a las semillas para lograr una buena germinación y uniformidad en la emergencia.

En otro estudio, en la Universidad del Estado de North Dakota y la Universidad Cheju de Korea del Sur, los investigadores Chi-Won y Sung-Woo (2010) reportan un aumento en la germinación hasta del 90 % para *Echinacea angustifolia* D.C. tratando sus semillas con una combinación de hipoclorito de sodio (0.525 %) y con el regulador etefón (1mg/L), donde obtuvieron plántulas más cortas con hipocotilos más gruesos comparadas a las plántulas del tratamiento control o testigo.

Una vez que se ha superado el aspecto de la germinación, se presenta el reto de un buen desarrollo de la plántula y para ello se recurre al uso de un buen fertilizante y buenas condiciones de temperatura, humedad y luz. Actualmente los fertilizantes de origen biológico (bio fertilizantes) representan una alternativa productiva, económica y sustentable. Son productos con base a micro organismos benéficos (bacterias, hongos y algas) que viven asociados o en simbiosis con las plantas, ayudando a su proceso natural de nutrición además de regenerar al suelo (Morales, 2007).

Es muy común que la gente entienda como sinónimo de fertilizantes la palabra "abonos"; sin embargo, existen marcadas diferencias entre aquellos y éstos, aunque sus usos y aplicaciones estén encaminados al mismo fin: la nutrición de las diferentes plantas y vegetales. Los fertilizantes son entonces, las sustancias que suplementan nutrientes para las plantas o mejoran la fertilidad del suelo. Ellos son el medio más efectivo para incrementar los rendimientos de los cultivos y mejorar localización de los alimentos; con ello se pueden

producir más alimentos quede otra manera, la planta no podría abastecer. (Salgado y col., 2006).

Los elementos nutrientes se encuentran, en diversas proporciones, en todas las tierras y en los abonos orgánicos (estiércoles, humus, etc.). Las plantas al crecer, los agotan y deben reponerse mediante la adición sistemática de abonos y fertilizantes, usados de una manera conjunta. Los fertilizantes se componen de tres elementos básicos, a saber: Nitrógeno, Fósforo y Potasio; a estos tres elementos se les denomina elementos mayores o fundamentales, porque siempre está presente alguno de los tres o los tres en cualquier fórmula de fertilizante. La presencia del Nitrógeno es indispensable para promover el crecimiento de tallos y hojas en pastos, árboles, arbustos y plantas en general; corrige el "amarillamiento" (cuando este fenómeno se da por falta de Nitrógeno, pues también se puede dar por falta de Hierro (Fe)). Corrige los suelos alcalinos dándoles mayor acidez, asimismo, el Nitrógeno es un elemento fundamental en la nutrición de los microorganismos que existen en el suelo, mismos que son indispensables para la nutrición de las plantas; una planta o pasto con presencia de Nitrógeno es siempre un vegetal verde ya que éste promueve el verdor en todo tipo de plantas. De la misma manera, el Nitrógeno es indispensable para la producción de proteínas en vegetales comestibles. El Nitrógeno se puede presentar en los fertilizantes de dos formas: Nitrógeno Nítrico y Nitrógeno Amónico; el primero no necesita transformarse químicamente en el suelo para ser aprovechado por las plantas, por consiguiente, su absorción es más rápida, por el contrario, el Nitrógeno Amónico requiere llevar a cabo efectos de transformación química en el suelo para convertirse en Nitrógeno Nítrico (asimilable para las plantas).

Es importante la presencia del Fósforo pues, entre otras cosas, fortalece el desarrollo de las raíces (principal conducto para la alimentación de las plantas), estimula la formación de botones en flores y de frutillas en árboles, evita el fenómeno del "aborto" o abscisión que es la caída prematura de flores, frutos, botones y frutillas. Su movimiento en la tierra es lento a comparación de otros elementos nutricionales por lo que se deben usar formulaciones bajas en contenido de Fósforo "en tierras contenidas"(es decir macetas, jardineras, etc.).

El Potasio, como los otros dos elementos anteriores, también tiene funciones primordiales en la nutrición, diferentes pero no por ello menos o más importantes, sino complementarias de los otros: promueve el desarrollo y crecimiento de flores y frutos; da resistencia a las plantas contra plagas y enfermedades, heladas y sequías; determina la mayor o menor coloración en flores y frutales y el sabor en éstos últimos, es, asimismo, esencial para la formación de Almidones y Azúcares. El Potasio regula la fotosíntesis y es bueno para todas las plantas, especialmente para las de flor. El Potasio se puede presentar en los fertilizantes de dos formas: como sales de Cloruro o como Sulfato. De ambos, es más aprovechable y menos riesgoso el uso del Sulfato de Potasio, solo que su costo es sensiblemente más alto que el del Cloruro, que puede cumplir su cometido en la nutrición si es aplicado adecuadamente. Existen además de estos tres elementos "mayores", otros mejor conocidos como "secundarios", a saber: Calcio (Ca), Azufre (S) y Magnesio (Mg). Existe un tercer género de elementos conocidos como "elementos menores" o "micro elementos" como son el Hierro (Fe), Cobre (Cu), Zinc (Zn), Boro (B), Molibdeno (Mb), Aluminio (Al), etc. De todos los elementos anteriormente señalados ya sean secundarios o menores, todos tienen una función específica complementaria de los tres elementos mayores antes descritos. Por ejemplo, el Nitrógeno se complementa con el Hierro y ambos conjuntan una nutrición completa donde nunca se manifestará el "amarillamiento" por falta de nutrición; el

Magnesio, es necesario para que se realice adecuadamente la función clorofiliana en las hojas; el Potasio se complementa con el Zinc y ambos determinan eficazmente la calidad de los frutos y así sucesivamente (Gavi, 2000).

Ramírez y col., (2011) en su trabajo sobre aplicación de fertilizantes a cereales en Tlaxcala, México, refieren que en este país en los últimos treinta años, los fertilizantes nitrogenados han contribuido de manera significativa al aumento de la producción de alimentos. Sin embargo, en los últimos años su alto costo los hace de difícil acceso al agricultor. La aplicación de los fertilizantes en México se ha venido realizando de manera general bajo la premisa de: “aumentos en los aportes de fertilizantes, igual a aumento en la producción”. Este supuesto ha tenido costos ambientales y económicos considerables, por lo que en la actualidad se trabaja en la búsqueda de estrategias que permitan eficientar el nitrógeno aportado a los cultivos, alcanzar su máximo potencial productivo y preservar el ambiente. Una alternativa de solución para el uso eficiente del fertilizante nitrogenado son las zeolitas; éstas son aluminosilicatos de dimensiones moleculares de 3 a 10\AA que contienen iones (Na^+ , K^+ y Ca^{2+}), entre otros y moléculas de agua con libertad de movimiento, lo que favorece su capacidad de intercambio iónico con el medio circundante. Ellos evaluaron la respuesta de rendimiento del trigo a la aplicación de zeolita adicionada con urea como fuente de nitrógeno siendo seis tratamientos: 25 % zeolita + 75 % urea; 25 % zeolita + 75 % urea + micorriza; 100 % urea; 100 % urea + micorriza; testigo; y testigo + micorriza. Los tratamientos se establecieron en franjas de 16.7 m de ancho por 100 m de largo y en cuatro parcelas de las siete estudiadas se superó el rendimiento del grano en el estado de Tlaxcala en el ciclo Otoño-Invierno 2009-2010.

Los fertilizantes favorecen también el buen desarrollo de las plantas medicinales como es el caso de la equinacea. Entre los trabajos que reporta la literatura acerca de la fertilización de esta planta se encuentran los siguientes.

Pilon (2005), describe que la *Echinacea purpurea* (L.) Moench se desarrolla mejor en un medio húmedo bien drenado con un pH ligeramente ácido de 5.8 a 6.2. Se desarrolla mejor cuando se utiliza un programa de fertilización líquida constante, con alimentación de nitrato a 75-150 ppm, o un fertilizante de liberación controlada. La variedad 'Little Giant' no tolera mucho la humedad. Cuando la humedad o condiciones húmedas ocurren las plantas son muy susceptibles a la roya de raíz, y sugiere humedecer cuando sea necesario, permitiendo secar al suelo, entre cada riego.

Por su parte, Chen *et al.*, (2011), en un estudio sobre aplicación de fertilizantes granulados y en tableta de liberación controlada sobre plantas herbáceas perennes, fertilizaron entre otras plantas a la *Echinacea purpurea* (L.) Moench aplicando fertilizante granular 15N-3.9P-10K a diferentes concentraciones de nitrógeno (N) en el trasplante, y otra 5 meses después, además, Fertilizante en tableta 16N-3.5P-10K a dos tabletas por planta (7.5 g) en el trasplante. El tamaño de la planta y su calidad visual a los 5 meses después del trasplante fueron mejorados por la fertilización. Comparado con control, el Fertilizante mejoró el crecimiento de las plantas en su tamaño y producción de biomasa, pero no su calidad visual. En cambio, todas las perennes que crecieron con Fertilizante en tableta tuvieron tamaño y calidad visual similares a los 5 meses. En base a estos resultados, ellos

recomiendan la aplicación de dos tabletas (7.5 g) de 16N–3.5P–10K por planta en el trasplante para establecer las perennes estudiadas en este estudio.

Shalaby (2008), en una investigación sobre desarrollo y rendimiento de *Echinacea purpurea* (L.) Moench reporta que las plantas cultivadas a 20, 40, o 60 cm entre ellas y en surcos de 50 cm de separación, tuvieron un incremento en altura, peso seco vegetativo, raíces y floración a los 60 cm de espaciado. La biomasa total por unidad de área, sin embargo, fue mayor a los 20 cm de espacio. La aplicación de nitrógeno mejoró el crecimiento y rendimiento. La adición de un nivel bajo de potasio dio mejores resultados que el nitrógeno solo. Los resultados confirmaron la importancia de un radio N: K balanceado.

Con respecto al uso de la biofertilización, que es precisamente la fermentación, puede ocurrir sin presencia de oxígeno y se llama anaeróbica. Esta se origina a partir de la intensa actividad de los microorganismos que transforman los materiales orgánicos y producen vitaminas, ácidos y minerales complejos, indispensables para el metabolismo y perfecto equilibrio nutricional de la planta. Una característica importante en el cultivo de la equinacea es el uso de fertilizantes, que promueven su crecimiento y desarrollo. Entre los más utilizados se encuentra el nitrógeno, que aplicado en la proporción correcta con el potasio y el fósforo mejora el desarrollo de esta especie. Así mismo sucede con los biofertilizantes, que estimulan el crecimiento de la planta, logrando con su aplicación un desarrollo más vigoroso de la misma.

Entre los estudios de biofertilización se encuentra el de Bonomelli *et al.*, (2005) que en una investigación para determinar la absorción de nutrientes y la respuesta de la biomasa a distintas dosis de nitrógeno aplicado en dos fechas (julio y agosto), en dosis equivalentes a 0, 33 o 100 kg/ha de N, a nutrientes, concluyeron que *E. purpurea* (L.) Moench responde bien a la fertilización nitrogenada, siendo el principal efecto el cambio en la distribución de la materia seca: las raíces de plantas sin fertilizar representaron un 29.8 % del total y las fertilizadas un 23 %. La proporción de hojas de las plantas fertilizadas llegaron hasta un 35 % y las flores y botones a un 12.9 %, mientras que las plantas sin fertilizar alcanzaron un 29 y 21 %, respectivamente.

Por su parte, Jelacic *et al.*, (2007), en su trabajo sobre análisis de los efectos de bioestimulantes naturales y fertilizantes de liberación lenta en la calidad de plántulas de *Echinacea angustifolia* D.C., reportan que aplicando Megafol (bioestimulante formulado a base de aminoácidos de origen vegetal y Viva (Bioestimulante de aplicación radicular que actúa de manera combinada sobre el complejo terreno - raíz - planta). y el fertilizante microbiológico Slavol (bio producto basado en acción microbial, en forma líquida, que contiene productos de fermentación bacterial, vitaminas naturales, enzimas y estimulantes de crecimiento) durante la producción de plántula tuvieron un efecto significativo sobre la calidad de esta especie de equinacea. Además, al aplicar el fertilizante de liberación lenta Extracto de Osmocote Scotts (compuesto de pequeños gránulos de nutrientes hidrosolubles cubiertos con una película de resina orgánica, liberados al suelo por ósmosis en forma controlada), a tasas de 0, 1, 2, 3, y 4 gr/L también se logró un efecto favorable en la calidad de plántula. Los resultados obtenidos muestran que este nuevo método en la producción de plántulas de *E. angustifolia* D. C. con el uso de bioestimulantes naturales y

fertilizantes de liberación lenta representa una alternativa en las prácticas de cultivo de esta especie.

En cuanto a las características agronómicas, los cultivadores de *Equinacea* normalmente desarrollan plántulas en interiores o invernaderos, lo que les permite un mejor manejo de temperatura, iluminación, riego y fertilización, y las trasplantan al campo en primavera, logrando un mejor crecimiento que si sembraran las plantas directamente, mejorando notoriamente sus características agronómicas como son el número y tamaño de sus hojas y de sus flores, así como el tamaño de la planta.

De esta forma, Radu (2010), en un estudio realizado en la Facultad de Ciencias de Agricultura, Universidad de Sibiu, Rumania, reporta una notoria variación de características fenotípicas, como número y tamaño de hojas e inflorescencias, en diferentes variedades de *E. purpurea* (L.) Moench desarrolladas en invernadero, en macetas de 16 cm de diámetro con una mezcla de peatmoss y suelo, aplicando riego por 3 semanas y trasplantadas a parcelas de 1.5m x 1m cuando tenían 5-6 hojas. Recomendando usar variedades adaptadas a la condición del clima de área de cultivo.

De igual manera, Smith (2005), de la Universidad del Estado de North Dakota sugiere iniciar las plantas en invernadero y luego trasplantar a campo, pues la siembra directa en campo tiende a producir una emergencia reducida y plantas con diferentes etapas de desarrollo, lo que dificulta la maniobra de cosecha.

En otra investigación, para evaluar las prácticas de manejo agronómico, rendimiento y calidad del producto obtenido de *E. purpurea* (L.) Moench realizado en Costa Rica, Loaiza *et al.*, (2005) reportan una alta producción de follaje y raíz, utilizando siembra en almácigo y después trasplantando las plántulas a campo, en suelo arcillo-arenoso de alta fertilidad, donde aplicaron 3 fertilizaciones: primero, 1 tonelada por hectárea de gallinaza, en la segunda, 2.4 toneladas por hectárea de lombricomposta a los seis meses del trasplante y por último, veinte aplicaciones de fertilizante foliar.

En un estudio realizado en la Universidad del Estado de Iowa, Romero *et al.*, (2006) refieren que un sistema de siembra con malla protectora mejoró el desarrollo de plantas de *Echinacea purpurea* (L.) Moench en campo a diferencia de la siembra libre, durante los dos primeros años, sin influir la fuente de la semilla, y ya en el tercer año ni la fuente ni el sistema utilizado afectó su crecimiento.

Igbokwe *et al.*, (2002) mencionan en su estudio de evaluación del cultivo de Echinacea en Mississippi que la fertilización orgánica al suelo como manejo agronómico antes de la siembra, aumentó la altura de la planta, diámetro de tallo y número de hojas y ramas. Los fertilizantes orgánicos empleados fueron composta, harina de alfalfa, harina de hueso, semilla de algodón y estiércol deshidratado. Además, se aplicó un extracto de algas marinas mezclando 1 parte del extracto en 500 partes de agua a una tasa de 0.24 litros por planta una semana después para mejorar la absorción de la harina de hueso.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación de Área de Estudio

El trabajo se realizó en el Laboratorio de Ensayos de semillas del Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología en Granos y Semillas (CCDTGS), y en invernadero del Departamento de Suelos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, que se encuentra ubicada a los 25° 22' de latitud Norte y 100° 00' de longitud Oeste, con una altitud de 1742 msnm; presenta una temperatura media anual de 19.8°C y precipitación anual promedio de 298.5 mm, en Buenavista, Saltillo Coahuila, México.

Material en estudio

Se utilizó semilla orgánica de *Echinacea purpurea* (L.) Moench cosechada en el año 2008 en Horizon Herbs del Estado de Oregón, E. U. A., recibida como materia prima, por lo que se realizó una limpieza con un soplador South Dakota para eliminar impurezas, a una abertura de 1 cm, evaluando su calidad fisiológica inicial de germinación dada en 28-30 %.

Ensayo preliminar para selección de tratamientos

Se evaluaron tres bioestimulantes Algaenzims, Turboenzims y Ácido giberélico en condiciones de laboratorio, con la finalidad de obtener las mejores respuestas para promover la germinación de la semilla utilizando diferentes dosis en cada producto: En

Algaenzims y Turboenzims se estudiaron 6 dosis dadas a 20, 35, 50, 65, 80 y 100 % respectivamente; así mismo en Ácido giberélico 6 dosis aplicadas a 2.5, 5, 10, 20, 40 y 80 ppm.

Metodología

Se utilizaron 100 semillas por cada tratamiento y dosis, generando 4 repeticiones para cada uno; y sembrando 25 semillas por repetición en una caja Petri de vidrio de 25 X 50 mL conteniendo un papel filtro Whatman No. 1 humedecido de cada tratamiento y dosis; además de tener un testigo absoluto humedeciendo el papel con agua destilada. Una vez establecidas las siembras, se colocaron las cajas en una Cámara de germinación Marca LAB-LINE BIOTRONETTE, a una temperatura de 25 ± 1 °C con 8 hrs luz y 16 oscuridad; a los 14 días después de la siembra se procedió a realizar la evaluación de selección de tratamientos mediante el porcentaje de germinación.

Resultados de selección de tratamientos para la siembra

Dados los resultados de germinación del ensayo preliminar, se seleccionaron dos bioestimulantes, Turboenzims y Algaenzims por obtener porcentajes por arriba del 65 %, donde Turboenzims a 50 y a 65 % obtuvieron un 85 y 78 % respectivamente; así como Algaenzims a 50, a 65 y a 80% resultaron con 72, 80 y 75 % de germinación; mientras que el testigo con agua solo llegó a 60 %. El resto de las dosis y el Ácido giberélico produjeron una germinación menor al 25 %, por lo que fueron descartados. Este ensayo preliminar permitió aproximarse a las dosis óptimas a las cuales pueden responder como

mejor tratamiento, y así poder tener una selección más acertada entre las dosis permitiendo un uso óptimo de los materiales, tiempo y recursos.

Tratamientos

Una vez generada la información de los promotores estudiados, se determinaron 6 tratamientos totales, dados por Turboenzims a 50 y 65 % y Algaenzims 50, 65 y 80 % y un testigo con agua destilada; procediendo a llevar cabo los objetivos general y específico establecidos del presente estudio, planteando para su desarrollo dos etapas:

- Etapa I: Evaluación de las características fenológicas de la planta de *Echinacea purpurea* (L.) Moench en condiciones de invernadero.
- Etapa II: Evaluación de las características fisiológicas de la semillas obtenidas de *Echinacea purpurea* (L.) Moench en pruebas de laboratorio.

Etapa I (Invernadero)

Siembra

Las semillas se llevaron a remojo en cajas de Petri por un tiempo de una hora y media, aplicando cada uno de los tratamientos seleccionados del bioensayo, posteriormente se sembraron dos semillas con su cubierta, a una profundidad de 0.5 cm por cavidad en charolas de poliestireno de 200 cavidades conteniendo peatmoss como sustrato, y sembrando 2 charolas por tratamiento, colocadas en el invernadero a una temperatura de 25-30 °C, humedad relativa del 60 % constante y la luz captada por el invernadero.

Trasplante

A los 30 días después de la siembra, cuando las plántulas emergidas presentaron dos pares de hojas verdaderas, fueron trasplantadas a vasos de poliestireno de 250 mL de capacidad utilizando nuevamente peatmoss como sustrato, para continuar con su desarrollo.

A los 45 días después de la siembra, del total de plántulas generadas y establecidas se eligieron al azar 120 de ellas, para ser trasplantadas a bolsas de plástico negro de 3 Kg de capacidad (diámetro de 15 cm) cada una, empleando peatmoss como sustrato conforme a la técnica utilizada por Bonomelli *et al.*, (2005); teniendo 20 plántulas por tratamiento.

Posteriormente, a los 30 días o cuando las plantas presentaron 3 ó 4 pares de hojas, se eligieron nuevamente al azar 96 de ellas, incluyendo 12 plantas del testigo y se trasplantaron a bolsas de 15 Kg de capacidad (diámetro de 30 cm) con 50 % peatmoss y 50% tierra arcillo-arenosa como sustrato.

Continuando con su desarrollo, se aplicaron riegos dos veces por semana y fertilizaciones al sustrato con lombricomposta líquida al 10 % cada 15 días; a los 7 y 8 meses del establecimiento después de la siembra se realizaron las evaluaciones de las características fenológicas correspondientes de las plantas.

Etapa II (Laboratorio)

Cosecha de semilla

A los diez meses después de la siembra, el tiempo exacto de colecta o cosecha de la semilla se determinó por la condición de los conos, los cuales deben mostrar sus semillas bien maduras. Esto sucede cuando la coloración se vuelve café y al tacto son ásperas y empiezan a desprenderse del capítulo, cuyo pedicelo también se encuentra seco. Además, con una ligera presión de los dedos puede separarse la cubierta de la semilla, siendo esto otra señal de su madurez, por lo que se llevó a cabo la cosecha de semilla en forma manual, sacudiendo la inflorescencia sobre una bolsa abierta de plástico previamente etiquetada por cada tratamiento.

Calidad Fisiológica

Una vez cosechada la semilla se llevó a una limpieza manual con el apoyo de una lupa, pinzas y aguja, separando las impurezas de la semilla limpia, y se evaluó la calidad fisiológica de la semilla producida de cada uno de los tratamientos en condiciones de laboratorio.

Variables evaluadas

Etapa I (Invernadero)

Altura de la planta (AP)

Se determinó a los 7 meses a partir de su siembra cuando la planta se encontraba en bolsa plástica negra de 15 kg, midiendo cinco plantas al azar por repetición en cada tratamiento,

con ayuda de una cinta métrica, registrada en centímetros considerando la altura desde ras del suelo hasta la parte superior de la planta.

Número de hojas por planta (NHP)

Se determinó a los 7 meses a partir de su siembra, considerando el número de hojas de cuatro plantas al azar por repetición de cada tratamiento, contabilizando doce plantas de las tres repeticiones en cada tratamiento.

Longitud de hojas (LH)

Se obtuvo igualmente, a los 7 meses desde su siembra, midiendo la longitud en centímetros desde la base en su pedicelo (sin considerar éste) hasta su ápice o punta, en cinco hojas de cuatro plantas al azar por repetición por tratamiento.

Número de flores por planta (NFP)

Esta variable se determinó a los 8 meses desde su siembra, cuando las flores presentaron bien definidas sus partes: cáliz con sus sépalos y corola con pétalos formados y de un color rosa fuerte; contando la cantidad de flores maduras por planta de cuatro plantas al azar por repetición en cada tratamiento.

Diámetro de flores (DF)

Se determinó también a los 8 meses a partir de su siembra, midiendo en centímetros el diámetro floral de cuatro plantas con flor al azar por repetición en cada tratamiento; con ayuda de una cinta métrica.

Etapa II (Laboratorio)

Semillas por capítulo (SC)

Esta variable se realizó a los diez meses a partir de su siembra, al momento de la cosecha sacudiendo cuidadosamente sobre una bolsa de plástico abierta etiquetada y determinando el número de semillas contenidas en cada flor de cuatro plantas al azar por repetición por tratamiento contabilizando con ayuda de un microscopio estereoscópico, aguja y pinzas en el laboratorio.

Capacidad de germinación

Se sembraron 20 semillas con su cubierta, de cada tratamiento con 3 repeticiones en cajas de Petri sobre papel filtro Whatman No.1 humedecido con agua destilada, colocando las cajas en una Cámara de germinación Marca LAB-LINE BIOTRONETTE a una temperatura de 25 ± 1 °C con 8 hrs luz y 16 oscuridad; a los 14 días después de la siembra se procedió a la evaluación del porcentaje de plántulas normales y semillas sin germinar; así como su vigor mediante longitud media de radícula y longitud media de hipocotilo (ISTA 2004).

Plántulas Normales (PN %). Se considera como una plántula normal, cuando ésta presenta bien desarrolladas sus estructuras esenciales, es decir, sus cotiledones bien formados y de un color verde, y una radícula e hipocotilo de una longitud tres veces el tamaño de la semilla hacia abajo y hacia arriba, respectivamente. Se determinó su porcentaje contando el número de PN con estas características de cinco plantas al azar por repetición por tratamiento (ISTA 1996).

Semillas Sin Germinar (SSG %). Considerando aquellas semillas que al final de la prueba de germinación no mostraron signos de desarrollo y además presentaron señales de flaccidez y así como presencia de hongos (ISTA 1996).

Vigor

Longitud Media de Radícula (LMR). Evaluación dada a los catorce días después de la siembra, midiendo cinco plántulas al azar por repetición en cada tratamiento, con la ayuda de cinta métrica, registrando en milímetros.

Longitud Media de Hipocotilo (LMH). Al igual que la longitud media de radícula, se evaluaron cinco plántulas al azar por repetición en cada tratamiento a los catorce días después de la siembra, midiendo desde la parte donde inicia la radícula hacia arriba al punto inicial de los cotiledones, registrando el resultado en milímetros.

Análisis estadístico

La información que se obtuvo de las variables estudiadas en la investigación se analizó mediante un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones, con el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

Y_{ij} = Variable observada.

μ = Efecto de la media general.

T_i = Efecto de tratamiento.

E_{ij} = Error experimental.

$i = 1, 2, \dots, n$ tratamientos

$j = 1, 2, \dots, n$ repeticiones

Los análisis de varianza y las pruebas de medias se realizaron mediante el paquete estadístico SAS Versión 9.0, (2002). Las medias se compararon con la prueba de Tukey al 0.05 %.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a los análisis realizados del presente trabajo de investigación, se presentan a continuación los resultados en los siguientes Cuadros.

Etapa I Invernadero.

El resultado del ANOVA (Análisis de Varianza) para las características, Diámetro Floral (DF) y Longitud de Hojas (LH) muestra un valor altamente significativo al 0.01 %, lo que significa que más de uno de los tratamientos utilizados tuvo un efecto positivo, dando un CV de 5.27 para DF y de 5.60 para LH.

Para la característica Altura de la Planta (AP), se obtuvo un valor significativo al 0.05 %, lo que quiere decir que al menos uno de los tratamientos empleados produjo un efecto positivo, con CV de 10.50; mientras que para las características Número de Hojas por Planta (NHP) y Número de Flores por Planta (NFP) no se encontró significancia entre los tratamientos estudiados, teniendo un CV de 4.50 para NHP y 18.89 para NFP, mostrado en el Cuadro 4.1.

Cuadro 4.1 Análisis de varianza en las características fenotípicas de la planta de *Echinacea purpurea* (L.) Moench con la aplicación de 6 tratamientos con bioestimulantes.

Fuentes de variación	Grados de libertad	AP (cm)	NHP	LH (cm)	NFP	DF (cm)
Tratamiento	5	34.81 *	1.94 NS	11.24 **	1.84 NS	6.01**
Error	18	12.28	0.73	1.23	0.81	0.36
Coefficiente de variación (%)		10.50	4.50	5.60	18.89	5.27

*,** = Niveles de significancia al 0.05 y 0.01, respectivamente; NS = No significativo; AP= Altura de la Planta, NHP= Número de Hojas por Planta, LH= Longitud de Hojas, NFP= Número de Flores por Planta, DF= Diámetro floral.

Prueba de comparación de medias

En la prueba de comparación de medias para la característica AP, se encontraron dos grupos estadísticos, donde los tratamientos T2, T3, T4, T5 y T6 formaron el primer grupo con un rango de altura desde 36.62 cm dado por T6 hasta 32.25 cm por T4; mientras que el segundo grupo lo conformaron nuevamente T2, T3, T4 y T5 (Cuadro 4.2), incluyendo en este grupo con menor altura a T1 28.25 cm que por ser el testigo con agua resultó ser el tratamiento con menor respuesta en la altura de la planta, que a diferencia del efecto positivo que se presentó con la aplicación de los bioestimulantes, coincide con Whitman *et al.*, (2007), quienes evaluaron variedades de *Echinacea* con fertilización, reportando alturas de 30 a 42 cm a las 14 semanas de la siembra en invernadero; por lo que se puede mencionar que la aplicación de productos fertilizantes estimulan su crecimiento y desarrollo de la planta como encontró Janke (2004) en los datos obtenidos de altura de

Planta en *E. angustifolia* D.C. que fue de 11.5 cm y en *E. purpurea* (L.) Moench de 39.8 cm tan solo en primer año de la siembra.

Cuadro 4.2. Comparación de medias de las características AP, NHP y LH en *Echinacea purpurea* (L.) Moench tratada con bioestimulantes de la Etapa I bajo condiciones de invernadero.

Tratamientos	AP (cm)	NHP	LH (cm)
T1	28.25b	17.75 a	17.05 c
T2	33.00 ab	19.25 a	18.50 bc
T3	35.00 ab	19.50 a	20.87 ab
T4	32.25 ab	19.50 a	20.62 ab
T5	35.00 ab	19.50 a	20.50 ab
T6	36.62 a	18.75 a	21.37 a
Media	33.35	19.04	19.82
Tukey	7.87	1.92	2.49

T1= Testigo, T2= Turboenzims 50%, T3= Turboenzims 65%, T4=Algaenzims 50%, T5=Algaenzims 65%, T6= Algaenzims 80%. Valores con la misma letra de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey α 0.05 %); AP= Altura de la Planta, NHP= Número de Hojas por Planta, LH= Longitud de Hojas.

En la característica NHP y de acuerdo a los resultados del Cuadro 4.2, se observa un solo grupo estadístico (a), donde los tratamientos T3, T4 y T5 presentan una media de 19.50, el T2 con 19.25, luego T6 con 18.75 y por último el T1 con 17.75, es decir, que fueron favorables para el aumento del número de hojas. Esto coincide con Nielsen *et al.*, (1998) que mencionan el uso del biofertilizante composta líquida al 10% como un efecto positivo en el incremento del número foliar de plantas de equinacea sembradas en condiciones de

invernadero, adicionándole materia orgánica. Así mismo, con Pill y Haynes (1996) que destacan que un pre tratamiento de ácido giberélico a 1 mg/L aplicado a *E. purpurea* (L.) Moench mejoró las longitudes del peciolo y lámina de las primeras hojas verdaderas, así como el número de las mismas; y con Bonomelli *et al.*, (2005) que aplicando distintas dosis de nitrógeno reportan un aumento de 35 % en la proporción de hojas de las plantas fertilizadas comparado con un 29 % de las no fertilizadas.

En la característica LH, se observan tres grupos de significancia, el primero donde se incluye el T6 con la mayor longitud de hojas 21.37 cm, y los T3, T4 y T5 con rangos desde 20.87 hasta 20.50 cm; el segundo grupo que comprende de nuevo los T3, T4, T5, junto a T2 de 18.50 cm, y por último el de T2 que incluye al T1 con 17.05 cm, siendo la menor longitud. Esto concuerda con Zheng *et al.*, (2006) que destacan en su estudio sobre producción de *E. purpurea* (L.) Moench y *E. angustifolia* D.C. en invernadero usando diferentes medios de crecimiento, que el empleo de nitratos produjo un aumento en la longitud de las hojas de estas especies. Así mismo, Radu (2010) refiere en un estudio de variabilidad fenotípica de diferentes especies de Equinacea, que el empleo de fertilizantes nitrogenados hidrosolubles produjo diferentes tamaños de las hojas, coincidiendo con este trabajo. Estos resultados demuestran el efecto positivo de los fertilizantes a base de nitrógeno en el desarrollo foliar de esta especie, siendo el caso del bioestimulante Algaenzims principalmente por el alto contenido de nitrógeno, y otros elementos como potasio, sodio, magnesio y fósforo.

Cuadro 4.3 Comparación de medias de las características NFP y DF en *Echinacea purpurea* (L.) Moench tratada con bioestimulantes de la Etapa I bajo condiciones de invernadero.

Tratamientos	NFP	DF (cm)
T1	3.50 a	9.25 c
T2	4.75 a	10.87 b
T3	5.00 a	11.87 ab
T4	5.00 a	12.00 ab
T5	5.50 a	11.87 ab
T6	5.00 a	12.75 a
Media	4.79	11.43
Tukey	2.03	1.35

T1= Testigo, T2= Turboenzims 50%, T3= Turboenzims 65%, T4=Algaenzims 50%, T5= Algaenzims 65 %, T6= Algaenzims 80 %.Valores con la misma letra de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey α 0.05 %); NFP= Número de Flores por Planta, DF= Diámetro floral.

En relación a la característica NFP (Cuadro 4.3), los resultados de los tratamientos muestran un solo grupo estadístico, donde numéricamente todos los tratamientos, desde T2 con 4.75 hasta el T5 con 5.50 flores por planta son superiores al testigo T1, con 3.50 flores por planta. Estos resultados demuestran el efecto positivo de los tratamientos y son similares a los reportados por Chen *et al.*, (2011), en su estudio sobre requerimientos de nutrientes de herbáceas perennes, en el cual se destaca que *E. purpurea* (L.) Moench produjo un aumento en número de flores (promediando 6 por planta) con la aplicación de 2 tabletas del fertilizante Osmocote plus 16-8-12 por planta. Igualmente, Radu (2010),

Menciona el uso de fertilizantes nitrogenados hidrosolubles (50-100 ppm) en la obtención de mayor número de flores en cultivos de *E. purpurea* (L.) Moench y *E. angustifolia* D.C.

En el diámetro floral (DF), resultaron tres grupos: el primero, que lo forman los tratamientos T6, T4, T3 y T5 con rango desde 12.75 hasta 11.87 cm; el segundo, que incluye los T4, T3 y T5, y el T2 con 10.87 cm, y el tercer grupo correspondiente a T1, con 9.25 cm, siendo estos resultados similares a los de otros autores como Balge (2002), que reporta en variedades de *E. purpurea* (L.) Moench diámetros florales de 10-13 cm, con el uso de fertilizantes nitrogenados; y con el trabajo de Pill y Haynes (1996), que destacan un aumento significativo en el diámetro floral de esta especie con el uso de ácido giberélico a 1 mg/L., siendo comparable a Turboenzims cuyo contenido de giberelinas es de 201 ppm por litro de producto.

Etapas II Laboratorio. Análisis de Varianza (ANOVA)

Los resultados encontrados en el análisis de varianza muestran valores altamente significativos en las cinco variables analizadas, a un nivel de significancia al 0.01 %, lo que muestra que más de uno de los tratamientos tuvo un efecto positivo, resultando los coeficientes de variación para SC, LMR, PN y LMH con valores desde 4.71 hasta 3.68, y para SSG un valor de 26.92, debido al bajo porcentaje de semillas sin germinar, según se muestra en el Cuadro 4.4.

Cuadro 4.4 Análisis de varianza en las características fisiológicas de la planta de *Echinacea purpurea* (L.) Moench.

Fuentes de variación	Grados de libertad	LMR (mm)	LMH (mm)	PN (%)	SSG (%)
Tratamiento	5 26**	2.71 **	0.90**	91.34 **	91.34 **
Error	181.44	8.18	0.10	11.40	11.40
Coefficiente de variación (%)	4.71	3.90	3.68	3.86	26.92

*, ** = Niveles de significancia al 0.05 y 0.01, respectivamente; NS = No significativo; SC = Semillas por Capítulo, LMR = Longitud media de radícula; LMH = Longitud media de hipocotilo; PN = Plántulas normales; SSG = Semillas sin germinar.

Comparación de Medias.

En el Cuadro 4.5, se muestra que en la característica SC, la media fue de 25.5 semillas por capítulo, resultando dos grupos, siendo el primero el de los tratamientos T6, T5 y T4 con un rango de medias desde 28.25 hasta 27.25 semillas, y el otro, que corresponde a los T2, T3 y T1 con rangos desde 24.25 al más bajo que es del testigo, siendo de 21.75. Dichos valores encontrados en este estudio son ligeramente inferiores a los reportados por Radu (2010), que menciona un promedio de 30 semillas por capítulo para una variedad de *Echinacea* sp, al emplear fertilizantes nitrogenados hidrosolubles, pudiendo deberse esta diferencia al contenido de minerales de Algaenzims, que además de nitrógeno, incluye potasio, sodio, magnesio, fósforo y calcio, entre otros, y aún así se observa el efecto de los tratamientos, cuando se comparan con el testigo.

Cuadro 4.5 Comparación de medias de las características SC, LMR, LMH, PN y SSG en *Echinacea purpurea* (L.) Moench de la Etapa II bajo condiciones de laboratorio.

Tratamiento	SC	LMR (mm)	LMH (mm)	PN (%)	SSG (%)
T1	21.75 b	16.12 b	8.12 b	88.25 ab	11.75 bc
T2	24.25 b	17.17 ab	9.27 a	80.00 c	20.00 a
T3	24.00 b	18.05 a	8.77 ab	90.00 ab	10.00 bc
T4	27.25 a	16.42 b	8.12 b	83.75 bc	16.25 ab
T5	27.50 a	18.07 a	8.82 ab	93.25 a	6.75 c
T6	28.25 a	17.60 ab	9.05 a	89.50 ab	10.50 bc
Media	25.50	17.24	8.69	87.45	12.54
Tukey	2.70	1.51	0.71	7.58	7.58

T1= Testigo, T2= Turboenzims 50%, T3= Turboenzims 65%, T4=Algaenzims 50%, T5= Algaenzims 65%, T6= Algaenzims 80%. Valores con la misma letra de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey α 0.05 %); SC= Semillas por Capítulo, LMR= Longitud Media de Radícula, LMH= Longitud Media de Hipocotilo, PN= Plántulas Normales, SSG= Semillas Sin Germinar.

En la característica LMR se encontraron dos grupos, el primero corresponde a los tratamientos T5, T3, T6 y T2 con rangos desde 18.07 hasta 17.07 milímetros, y el segundo que corresponde a T6, T2, T4, e incluye al testigo T1 con sus medias de 17.60 a 16.12 mm respectivamente, Cuadro 4.5. Estos resultados difieren con los que reporta Ortiz (2001) que al aplicar etefón (un fitorregulador de crecimiento) a la semilla, resultó una disminución en la longitud inicial de radícula para una especie similar estudiada, *Echinacea angustifolia* D.C., lo cual podría deberse a un efecto de las giberelinas, auxinas y minerales presentes en Turboenzims y Algaenzims utilizados aquí. Otra posible causa de esta diferencia es que se trata de distintas especies, y por el hecho de que en el trabajo de Ortiz

(2001) se estratificaron en húmedo las semillas de *E. angustifolia* D.C. antes de aplicar el regulador y en este estudio se germinaron directamente.

En la longitud media de hipocotilo (LMH) las medias muestran dos grupos, como se aprecia en el Cuadro 4.5: el grupo del T2, T6, T5 y T3, con medias desde 9.27 hasta 8.77 milímetros, y el de los tratamientos T5, T3, T4 y T1, con un rango desde 8.82 hasta 8.12 mm. Estos resultados difieren en parte con lo mencionado por Chi-Won y Sung-Woo (2010), que refieren plántulas más cortas con hipocotilos más gruesos comparados al control para *Echinacea angustifolia* D.C. tratando sus semillas con una combinación de hipoclorito de sodio (0.525 %) y etefón (1mg/L), cabe destacar sin embargo, como en el caso de la radícula, la diferencia puede deberse al hecho de ser dos especies distintas (*E. angustifolia* y *E. purpurea*), teniendo efectos diferentes, siendo notorio el efecto de los T2 y T6 sobre la longitud de hipocotilo en este estudio, comparados al control o testigo.

Respecto a la característica PN, resultaron tres grupos, el primero lo conforman los tratamientos T5, T3, T6 y T1 con rangos desde 93.25 a 88.21 %, luego el de T3, T6, T1 y T4, con rangos de 90 hasta 83.75 %, y por último el grupo de T4 y T2, siendo éste tratamiento el de valor más bajo, con 80 %, destacando que el testigo (T1) supera a los tratamientos T2 y T4. Estos datos coinciden con el trabajo de Ortiz (2001), en el que reporta un aumento en el porcentaje de germinación y de plántulas normales en *Echinacea angustifolia* D.C., desde 85 a 87 % al aplicar el regulador etefón, cuyos efectos, entre otros, están los de ayudar a romper latencia y promover la germinación en semillas, por contener etileno.

En la característica semillas sin germinar (SSG), los resultados muestran tres grupos de significancia, siendo el primero el de T2 y T4, con 20 y 16.25 % respectivamente, luego el grupo de T4, T1, T6 y T3, con rangos de 16.25 a 10 %, y por último el grupo de T1, T6, T3 y T5 que van desde 11.75 hasta 6.75 %, sobresaliendo éste como el mejor por ser el que obtuvo el porcentaje más bajo de semillas sin germinar, y corresponde a turboenzims a 65 %.

V. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos y a las condiciones en las cuales se realizó esta investigación, se concluye lo siguiente:

- El uso de productos orgánicos, como el Turboenzims en una dosis de 65 % fué efectivo para promover el desarrollo de altura de la planta (AP), número de hojas por planta (NHP), longitud de hojas (LH), número de flores por planta (NFP) y diámetro floral (DF) y en una dosis de 50 % promueve en forma efectiva el número de las semillas por capítulo (SC) en *Echinacea purpurea* (L.) Moench, en condiciones controladas de invernadero. El producto Algaenzims, en dosis de 80% promueve el desarrollo de las seis variables estudiadas, excepto para número de hojas por planta (NHP) cuya dosis efectiva fue de 65 %, concluyendo con esto que sí hay un efecto positivo utilizando estas dosis y que usualmente existe una tendencia notoria de mayor efecto a mayor dosis aplicada.
- Los tratamientos T2, T3, T5 y T6 reflejaron los mejores valores de calidad fisiológica en su germinación y vigor de las semillas mediante longitud media de radícula (LMR) y longitud media de hipocotilo (LMH) y porcentaje de plántulas normales (PN %) en condiciones de laboratorio.

- Para complementar el conocimiento agronómico de la *Echinacea purpurea* (L.) Moench y los efectos de estos bioestimulantes se recomienda además de los evaluados en el presente estudio, determinar el peso fresco y peso seco por planta, ramificación del tallo entre otros; con la finalidad de obtener mayor información sobre esta especie.

VI. LITERATURA CITADA

- Balge, R. 2002. Production of Purple coneflower as a cut flower, University of Maryland, USA. Fact. Sheet 731.
- Baskin, C. C. and J.M. Baskin. 2000 Seeds, ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination. San Diego Academic Press. Annals of Botany 86: 705-708.
- Bishnoi, U. R., J. E. Willis, and S. RaoMentreddy. 2010. Methods to improve seed germination of purple coneflower (*Echinacea purpurea* (L.) Moench. Agriculture and biological journal of North America ISSN Print: 2151- 517, ISSN On line: 2151-7525©2010, Science Huß, <http://www.scihub.org/ABJNA> Dep. of Nat. Res. and Envir. Sci. Alabama A &M Univ. USA.
- Bonomelli, C., D. Cisterna y C. Reciné. 2005. Efecto de la Fertilización Nitrogenada sobre la composición mineral de *E. purpurea*. Cien. Inv. Agr.32 (2)105-112.
- Chen, Y., R. P. Bracy, A. D. Owings and J. P. Quebedeaux. 2011. Controlled-release Fertilizer Type and Rate Affect Landscape Establishment of Seven Herbaceous Perennials, Hort Technology, June 2011, Vol. 21. No. 3 pp. 336-342.
- Chi-Won L. and Sung-Woo, 2010. Enhanced Germination of *Echinacea angustifolia* DC Seed with Ethephon and Sodium Hypochlorite Treatment. Dept. of Sciences, North Dakota State University, Journal of Agriculture & Life Sciences 44(3) pp.1-6.
- Chuanren, D., W. Bochu, L. Wanqian, and Ch. Jing. 2004. Effect of chemical and physical factors to improve the germination rate of *Echinacea angustifolia* D. C. seeds.

- Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, Vol. 37, Issues 3-4, pages 101-105. Key Laboratory for Biomechanics and Tissue Engineering, Chongqing University, PR China.
- Coleman, C., S. Shah, S. Sander, M. White, and M. Rinaldi, 2007. Evaluation of Echinacea for the prevention and treatment of the common cold: a meta-analysis. *The Lancet Infectious Diseases*, Volume 7, Issue 7, Pages 473 - 480, July 2007. University of Connecticut School of Pharmacy, Storrs, CT, USA.
- Gavi. R. F. 2000. Uso de Fertilizantes. SAGARPA. Colegio de Postgraduados, Edo. de México, 11 pp.
- Igbokwe, P. E., L. Huam, M. Dagher, L. Anderson, and Ch. Burandt. 2002. Echinacea cultivar evaluation in southwest Mississippi. *Journal of the Mississippi Academy of Sciences*, Oct, 2002. pp 191-196.
- International Seed Testing Association.(ISTA) 1996. International Rules for Seed Testing. Rules 1996. *Seed Sci. Tech.* 24:1-336
- International Seed Testing Association.(ISTA) 2004. International Rules for Seed Testing. P. O. BOX 308, 8303 Basserdorf, CH-Switzerland. Chapter 8.
- Janke, R.. 2004. Farming a Few Acres of Herbs: Purple coneflower. Kansas State University, USA. pp 1-4.
- Jelacic, S., D. Beatovic, and N. Lakic. 2007. Effects of natural biostimulators and slow-release fertilizers on the seedling quality of *Echinacea angustifolia* D.C. *Journal of Scientific Agricultural Research* Vol. 68 (3) p. 65-78 AGRIS. Serbia.
- Karimian, Z. F., M. Azizi and S. Noori. 2011. Seed Germination and Dormancy Breaking Techniques for *Echinacea purpurea*(L.) Moench *J. BIOL. ENVIRON.SCI.*,

- 2011, 5(13), 7-10 Department of Horticulture, Ferdowsi University of Mashhad, IRAN.
- Kindscher, K. 2006. The Conservation Status of Echinacea Species. Kansas Biological Survey University of Kansas, USA. 247 pp.
- Korkmaz, A., M. Nuri and N. Ozbay. 2004. Inclusion of Ethylene Precursor into Priming Solution Improves Germination and Emergence of Narrow-leafed Purple coneflower Seeds. HortTechnology 14:525-528. Imam University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, Kahramanmaras, Turkey.
- Koroch, A., H. R. Juliana, J. Kapteyn and J. E. Simon. 2002. In vitro regeneration of *E. pallida* from leaf explant. Biology Plant Vol. 39, Num. 4, 414-418 Rutgers University, N.J.
- Li P., Wu H., Geng S., Wang X., Lu W., Yang Y., Shultz L., Tang T., and Zhang N. 2007. Germination and dormancy of seeds in *Echinacea purpurea* (L.) Moench. (Asteraceae). : Seed Science and Technology, Volume 35, Number 1, pp. 9-20 (12).
- Loaiza, J., R. Valverde, V. Cartin y L. Gómez. 2005. Producción de *Echinacea purpurea* (L.) Moench en tres localidades de Costa Rica. Agronomía Costarricense 29 (3):59-66.
- Macchia, M., L. G. Angelini, and L. Ceccarini. 2001. Methods to overcome seed dormancy in *Echinacea angustifolia* DC. Scientia Horticulturae, Volume 89, Issue 4, 30 July 2001, Pages 317–324. Department of Agriculture and Agro-Ecosystem Management Laboratory of Research and Analysis on Seed, University of Pisa, Via del Borghetto 80, 56100 Pisa, Italy.

- Morales, I. M. 2007. Los biofertilizantes. Una alternativa productiva, económica y Sustentable. Escuela Nacional de Agricultura, UNAM, México. 23 pp.
- Nielsen, G. H. 1998. National Compost Trials: British Columbia Use of Organic Compost in Horticultural Production Systems. Summerland and Oliver, Agassiz B. Col. Canada. pp 217-225.
- Ortiz, H. C. M. 2001. Germinación de semillas y elongación radicular de *Echinacea angustifolia* DC. Tratadas con compuestos químicos y reguladores de crecimiento. Tesis (Ing. Agr.) Universidad de Concepción, Chile, 30 p.
- Pill, W. G. and J. G. Haynes. 1996. Gibberellic acid during priming of *Echinacea purpurea* L. seed improves perform after seed storage. J. Hort. Sci. 71:287-295.
- Pilon, P. 2005. *Echinacea purpurea* “Little Giant” (dwarf coneflower). Greenhouse Product News, June, vol.15, no.6. Sawyer Nursery, Hudsonville, Mich.
- Qu, L., X. Wang, E. Hood, and R. Scalzo. 2004. Ethephon Promotes Germination of *Echinacea angustifolia* D,C. and *E. pallida* Nutt. in Darkness Hort Science. 2004. August; 39(5): 1101–1103. Gaia Herbs, Inc., 108 Island Ford Road, Brevard, NC 28712.
- Radu, M. 2010. Characters with multiple usages phenotypic: variability analysis at *Echinacea purpurea* (L.) Moench species. University of Sibiu, Faculty of Agricultural Sciences, Sibiu, Romania. Tom XVII, Issue 2, pp 329-331.
- Ramírez, A. M., E. S. Osuna, C. A. Limón, y V. Volke. 2010. Validación de la respuesta del trigo y cebada a zeolita-fertilización nitrogenada en Tlaxcala, México. Sitio Experimental Tlaxcala. 11 pp.
- Reyna, S. G. 2004. Cultivo de Echinacea. www.herbotecnia.com.ar/aut-echinacea.html. Phytother 2 (5), 166-178. México.

- Romero, F. R. *et al.* 2006. Effect of Seed Source and Organic Management of Agronomic Performance of Three Species of *Echinacea*, Iowa State University, USA, Hort Science, vol.41 (4).
- Salgado, G. S., D. J. Palma-López, R. Núñez y L. C. Lagunes. 2006. Manejo de fertilizantes y abonos orgánicos. Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco, V. Hermosa Tabasco, México, pp. 3-18.
- Sari A. O., M. Morales and J. A. Simon. 2001. Ethephon Can Overcome Seed Dormancy and Improve Seed Germination in Purple Coneflower Species *Echinacea angustifolia* D.C. and *E. pallida* Nutt. Hort Technology April-June 2001 11:202-205. Center for New Use Agriculture and Natural Plant Products, Rutgers University, Cook College, Foran Hall, 59 Dudley Road, New Brunswick, N.J. 08901-8520.
- SAS. Littell, R. C., W.W. Stroup and R.J. Freund SAS for Linear Models, Fourth Edition, copyright 2002, SAS Institute Inc. , Cary, North Caroline USA.
- Shalaby, A.S., S.E. El-Gengaihi, A.A. Agina, A.S. El-Khayat and S.F. Hendawy. 2008. Growth and Yield of *Echinacea purpurea* L. as Influenced by Planting Density and Fertilization. Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants. pp 69-76.
- Siow-Leng Cover, (2011). Germination issues in the cultivation of *Echinacea angustifolia* D.C. in Tasmania. PhD thesis, University of Tasmania. 190 pages.
- Smith, R. C. 2005. Growing Medicinal Herbs and Species for Market, NDSU, North Dakota State University, Fargo, North Dakota, USA.
- Wagenius, S. and S. P. Lyon, 2010. Reproduction of *Echinacea angustifolia* DC in fragmented prairie is pollen-limited but not pollinator limited Ecology Vol.91 Issue 3, 733-742, Division of Plant Biology and Conservation, Glencoe, Illinois, USA.

- Whitman, C., S. Padhye, A. Cameron, E. Runkle and N. DuRussel, 2007. Evaluating New *Echinacea* Cultivars. Michigan State University, East Lansing Mich. Greenhouse Product News, June. Vol.17.No.6.pp 54-57.
- Woelkart K. and R. Bauer. 2007. The Role of Alkilamides as an Active Principle of *Echinacea*. *PlantaMedica* 2007; 73(7) 615-623, Franzens Univ., Graz, Austria.
- Wood, L.A., S. Kester , and R.L. Geneve. 2006. Germination of *Echinacea* Species Is Enhanced by ACC. *Hort Science* July 2006. Vol.41 no. 4 1069.
- Wood, L.A. 2007. Relationship between ethylene and seed dormancy release in *Echinacea* species. Thesis of Master Science in the College of Agriculture of Kentucky, USA 77 pages.
- Zheng Y., M. Dixon and P. Saxena. 2006. Greenhouse production of *Echinacea purpurea*(L.) Moench and *E. angustifolia* DC using different growing media, NO₃/NO₄ ratios and watering regimes. Dep. of Plant Agriculture, University of Guelph, Ontario, Canada. pp 809-815.
- Zinati, G. M., H. H. Bryan, Y. C. Li 2001. Stratification enhances germination of purple coneflower (*Echinacea angustifolia* D.C.) and St. John's wort (*Hypericum perforatum*) seeds. Journal article: Proceedings of the Florida State Horticultural Society 2000, Publ. 2001 Vol. 113 pp. 172-174.