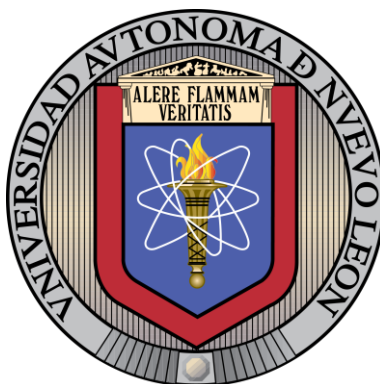


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



**POTENCIAL BIOESTIMULANTE DE EXTRACTOS VEGETALES DE BAJO
PESO MOLECULAR OBTENIDOS A PARTIR DE PLANTAS INVASORAS**

POR

MARIO ALBERTO VALDEZ MARROQUÍN

**CÓMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN CIENCIAS CON ACENTUACIÓN EN MANEJO Y
ADMINISTRACIÓN DE RECURSOS VEGETALES**

2022

**POTENCIAL BIOESTIMULANTE DE EXTRACTOS VEGETALES DE
BAJO PESO MOLECULAR OBTENIDOS A PARTIR DE PLANTAS
INVASORAS**

Comité de Tesis



Dr. Marco Antonio Alvarado Vázquez
Presidente



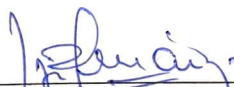
Dra. Alejandra Rocha Estrada
Secretario



Dra. Deyanira Quistán Martínez
Vocal 1



Dr. Sergio Manuel Salcedo Martínez
Vocal 2



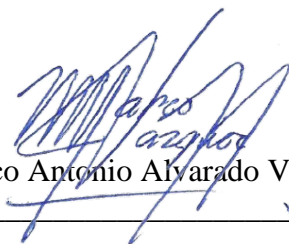
Dr. Jorge Luis Hernández Piñero
Vocal 3



Dra. Kathiushka Arévalo Niño
Subdirectora de Posgrado

**POTENCIAL BIOESTIMULANTE DE EXTRACTOS VEGETALES DE
BAJO PESO MOLECULAR OBTENIDOS A PARTIR DE PLANTAS
INVASORAS**

Dirección de Tesis



Dr. Marco Antonio Alvarado Vázquez

Director

DERECHOS RESERVADOS©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta Tesis está protegido, el uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material contenido que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde se obtuvo mencionando al autor o autores.

DEDICATORIA

A mis padres:
Alberto Valdez Salas
Lilia Marroquin Vega

A mi hija:
Abril Montserrat Valdez García

A mi socio:
D. H. C. Joel Luis García Álvarez

Ars longa, vita brevis

AGRADECIMIENTOS

En primera instancia agradezco al Dr. Marco Alvarado Vázquez por su apoyo para concretar este proyecto, a él y su apreciada familia por su gran apoyo y amistad, así mismo agradezco al Departamento de Botánica de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León por todas las facilidades otorgadas para la realización del presente proyecto, agradezco también a la Subdirección de Posgrado de la Facultad de Ciencias Biológicas por su guía y apoyo.

Agradezco infinitamente el apoyo de todos aquellos que directa e indirectamente fueron parte de este proyecto:

Dra. Alma Paula López Valdez

L. B. G Alondra Aguilar Ramos

Biól. Américo Ibarra Martínez

Biól. Karla Benavides

Biól. Nelly Rodríguez

Sr. Javier Rodríguez Rodríguez

Y por último agradezco a Dios por permitirme una meta más alcanzada.

INDICE

Indice de Tablas.....	i
Indice de Figuras.....	ii
Resumen.....	1
Abstract.....	2
Introducción.....	3
Antecedentes.....	5
Justificación.....	18
Hipótesis	19
Objetivos.....	19
Descripción de las especies en estudio.....	20
Material y Métodos.....	25
Resultados y Discusión.....	29
Conclusiones.....	43
Perspectivas.....	44
Literatura Citada.....	45

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Efecto de los tratamientos aplicados durante seis meses sobre la variable de “altura de planta” en plantas de encino (<i>Q. virginiana</i>).	30
Tabla 2. Efecto de los tratamientos aplicados durante seis meses sobre la variable de “diámetro del tallo” en plantas de encino (<i>Q. virginiana</i>).	32
Tabla 3. Efecto de los tratamientos aplicados durante seis meses sobre la variable de “número de hojas” en plantas de encino (<i>Q. virginiana</i>).	34
Tabla 4. Efecto de los tratamientos aplicados durante seis meses sobre la variable de “altura de la planta” en plantas de cereus (<i>C. peruvianus</i>).	36
Tabla 5. Efecto de los tratamientos aplicados durante seis meses sobre la variable de “diámetro de la planta” en plantas de cereus (<i>C. peruvianus</i>).	38
Tabla 6. Efecto de los tratamientos aplicados durante seis meses sobre la variable de “número de mamilas” en plantas de cereus (<i>C. peruvianus</i>).	40

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Plantas en estudio. a) <i>Ruellia nudiflora</i>, b) <i>Sorghum halepense</i>, c) <i>Vachelia farnesiana</i>, d) <i>Quercus virginiana</i> y e) <i>Cereus peruvianus</i>.	24
Figura 2. Extractos obtenidos a partir de plantas de huizache (<i>Vachelia farnesiana</i>) colectadas en los alrededores del área metropolitana de Monterrey.	26
Figura 3. Extractos obtenidos a partir de plantas de petunia mexicana (<i>Ruellia nudiflora</i>) colectadas en los alrededores del área metropolitana de Monterrey.	27
Figura 4. Plantas de <i>Q. virginiana</i> a los tres meses de edad, al iniciar los tratamientos con los extractos vegetales.	42
Figura 5. Plantas de <i>Q. virginiana</i> a los cinco meses de edad, posterior al inicio de la aplicación de los tratamientos con extractos vegetales.	43

RESUMEN

Se evaluó el potencial biofertilizante de extractos obtenidos de plantas silvestres de las especies *Sorghum halepense* (L.) Pers. (sorgo de Alepo), *Ruellia nudiflora* (Engelm. & A. Gray) Urb. (petunia mexicana) y *Vachellia farnesiana* (L.) Wright et Arn. (huizache). Estas especies son conocidas como malezas, las cuales se caracterizan por presentar un alto potencial reproductivo y una rápida tasa de crecimiento y de incremento en biomasa. Para el estudio se colectaron ejemplares de estas especies en los alrededores del área metropolitana de Monterrey y se preparó un extracto de cada especie, adicionalmente se utilizó un control de agua destilada. Para la obtención de los extractos vegetales se utilizaron las zonas meristemáticas y partes más tiernas de las plantas. Los fragmentos vegetales se maceraron y el producto se filtró en membrana cuya porosidad no permite el paso de cadenas polipeptídicas mayores a 25 KDa. Los extractos de las tres especies y un control de agua destilada se aplicaron durante cuatro meses en plántulas de las especies *Quercus virginiana* Mill. (encino) y *Cereus peruvianus* Engelm & Bigelow (cactus monstruoso). Cada mes se registraron las variables de diámetro del tallo (mm), altura de la planta (cm) y número de hojas por planta/número de mamilas para las especies en estudio. Los resultados para *Quercus virginiana*, mostraron diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$) siendo el tratamiento con extracto de *V. farnesiana* el que mostró mejor respuesta general en las variables de crecimiento de esta especie, particularmente en las variables de diámetro del tallo y número de hojas, en tanto que el tratamiento con extracto de *R. nudiflora* registró la mayor altura promedio de la planta al final del estudio. Por otra parte, en *C. peruvianus* se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos para las variables de estudio ($p < 0.05$), siendo el extracto de *S. halepense* el que registró la mejor respuesta general en las variables de crecimiento a lo largo del estudio. El tratamiento control presentó los menores valores promedio finales en la mayoría de las variables estudiadas en ambas especies. Los resultados del estudio sugieren que la aplicación de extractos de origen vegetal de especies consideradas malezas tienen un efecto positivo en el desarrollo de otras especies, sin embargo, hacen falta estudios más prolongados y con más especies para su confirmación.

ABSTRACT

The biofertilizing potential of low molecular weight extracts obtained from wild plants of the species *Sorghum halepense* (L.) Pers. (Aleppo Sorghum), *Ruellia nudiflora* (Engelm. & A. Gray) Urb. (*Petunia mexicana*) and *Vachellia Farnesiana* (L.) Wright et Arn. (huizache) was evaluated. These species are known as weeds, which are characterized by having a high reproductive potential and a rapid growth rate and increase in biomass. For the study, specimens of these species were collected in the surroundings of the Monterrey metropolitan area and an extract of each species was prepared, additionally a distilled water control was used. To obtain the plant extracts, the meristematic areas and the most tender parts of the plants were used. The plant fragments were macerated and the product was filtered through a membrane whose porosity does not allow the passage of polypeptide chains greater than 25 KDa. The extracts of the three species and a control of distilled water were applied for four months in seedlings of the *Quercus virginiana* Mill. (Oak) and *Cereus peruvianus* Engelm & Bigelow (monstrous cactus). Each month the variables of stem diameter (mm), plant height (cm) and number of leaves /number of tubercles per plant were recorded for the species under study. The results for *Q. virginiana* showed significant differences between the treatments ($p < 0.05$), being the treatment with *V. farnesiana* extract the one that showed the best general response in the growth variables of this species, particularly in the variables of stem diameter and number of leaves, while the treatment with *R. nudiflora* extract recorded the highest average height of the plant at the end of the study. On the other hand, in *C. peruvianus* significant differences were detected between the treatments for the study variables ($p < 0.05$), being the extract of *S. halepense* the one that registered the best general response in the growth variables throughout the study. The control treatment presented the lowest final mean values in most of the variables studied in both species. The results of the study suggest that the application of extracts of plant origin from species considered weeds can have a positive effect on the development of other species, however, longer studies with more species are needed for their confirmation.

INTRODUCCIÓN

En el suelo se pueden encontrar los nutrientes esenciales que los organismos vegetales requieren para cumplir sus funciones biológicas, sin embargo, es común que el suelo no presente la concentración adecuada de nutrientes para el cultivo de grandes extensiones de superficie, por lo que se vuelve necesaria la aplicación externa de nutrientes mediante el uso de fertilizantes.

En un principio, los fertilizantes eran de naturaleza química, lo que eventualmente ocasionaba la contaminación del suelo, agua y aire, causando la pérdida de nutrientes y la baja fertilidad en el suelo, lo que se podía observar en los bajos rendimientos y disminución de calidad de los cultivos. Finalmente, los productos químicos desmejoraban la salud del hombre y su ambiente circundante, afectando flora y fauna (FAO 1985).

Ello llevó a la producción de fertilizantes de origen orgánico, que fueran amigables con el ambiente y dañaran lo menos posible fuentes de agua, suelo y aire y al mismo tiempo favoreciera en la producción de cultivos (CASAFE 2005).

Eventualmente, estos productos fueron denominados biofertilizantes ya que su origen era natural, y de aplicación directa a las semillas, hojas y suelos con la finalidad de tener un efecto a nivel fisiológico en la planta y raíz, mejorando el crecimiento de las plantas al administrarle un suplemento alimenticio de nutrientes (Eghball *et al.* 2004).

Por otra parte, los productos orgánicos elaborados a partir de aminoácidos aportan una alta concentración de nutrientes indispensables para el desarrollo de las plantas y debido a su forma básica química son de fácil asimilación en el tejido vegetal. Influyendo de tal forma, en los ciclos biogeoquímicos de los nutrientes, mejorando el estado de salud de la planta y mejorando la calidad del suelo, promoviendo de esta manera la fertilidad del mismo.

La industria enfocada en el sector agrícola ha realizado esfuerzos importantes para mejorar la naturaleza de los fertilizantes a fin de que causen menos daños al ambiente; un ejemplo de estos productos de origen natural de contenido aminoacídico proviene de

Spirulina platensis, el cual actúa como catalizador en el metabolismo de las plantas. También es importante conocer las características, efecto en las plantas y el suelo, forma de aplicación y cómo se genera y prepara una aplicación de fertilizantes naturales en relación a los ya existentes.

Por lo anterior, el presente trabajo pretende contribuir en la búsqueda de sustancias promotoras de crecimiento y desarrollo vegetal a partir de extractos de bajo peso molecular obtenidos de plantas que se caracterizan por un rápido crecimiento, alta producción de biomasa y eficiencia reproductiva como son las malezas, ya que se espera que esas moléculas promotoras del crecimiento y desarrollo se encuentren en mayor abundancia en este tipo de plantas.

ANTECEDENTES

Crecimiento y desarrollo

Se sabe que el crecimiento de una planta está determinado por el incremento en el número, tamaño y volumen de células. Este crecimiento se da en las células meristemáticas que tienen la capacidad de reproducirse por medio de división celular. Por otra parte, el desarrollo se refiere a todos los cambios que el organismo lleva a cabo durante su vida y está regulado por la información genética en las células, estos cambios son irreversibles y abarcan desde la fecundación del gameto femenino, formación del organismo maduro, reproducción, envejecimiento y muerte celular.

Bloor y Grubb (2003), realizaron un experimento en donde compararon el crecimiento de varias especies de plantas en relación con la disposición de luz, observaron que en las plántulas expuestas a la luz se obtiene mayor altura y biomasa, caso contrario en aquellas especies que crecen con menor disposición de luz. Sin embargo, *Gillbeea adenopetala*, especie de rápido crecimiento, creció más rápidamente al estar expuesta a la luz 10% al día, en el caso de *Cryptocarya murrayi*, creció menos al estar expuesta al tener 0.8% de exposición solar al día.

Kumschick *et al.* (2013), estudiaron el efecto de condiciones bióticas y abióticas en una especie invasora como *Verbascum thapsus*, sugiriendo que las características genéticas de la planta le permiten adaptarse a nuevos hábitats y crecer y desarrollarse mejor que en su hábitat natural. Asimismo, observaron que la planta invasora crece más grande al no presentarse una especie de competencia, sin embargo, el porcentaje de supervivencia en especies nativas fue mayor al presentarse condiciones de competencia y de estrés de nitrógeno. Por otra parte, la proporción tallo-raíz en especies invasoras fue menor con respecto a las especies nativas.

Poorter (1999), evaluó el crecimiento de 15 especies tropicales de plántulas expuestas a diferentes porcentajes de luz solar al día (3, 6, 12, 25, 50 y 100%), registrando que los rangos 25 a 50% son óptimos para el crecimiento de las plántulas, y que a mayor exposición de luz menor es el crecimiento de las mismas. Sin embargo, se apreciaron

cambios importantes a nivel morfológico a menor exposición de luz solar, como es el caso del área foliar de las plantas, caso contrario, a altos niveles de exposición de luz solar las modificaciones se observaron en la fisiología de las plántulas, por ejemplo, en la asimilación de nutrientes.

Shang *et al.* (2014), compararon tres poblaciones nativas de *Spartina alterniflora* originarias de Estados Unidos de Norteamérica, con ocho poblaciones introducidas procedentes de China, los cuales crecieron con las mismas condiciones hídricas y evaluaron el crecimiento, desarrollo fenológico y su plasticidad como respuesta a la disposición de agua. Concluyeron que no existieron diferencias en la altura, sin embargo, si hubo una diferencia en la producción de biomasa, siendo mayor en las especies introducidas que en las nativas, asimismo las especies invasivas mostraron mejor desempeño reproductivo ya que observaron mayor producción de ramas, el desarrollo fenológico se inició mucho antes que las especies nativas y registraron mayor biomasa en los rizomas en comparación de la biomasa en los tallos y hojas.

Algunos autores indican que las condiciones ambientales favorecen el establecimiento de especies invasoras al nuevo hábitat, tal como lo mencionan Erfmeier y Bruelheide (2005), quienes estudiaron a *Rhododendron ponticum* para saber si la información genética interfería en un mayor crecimiento y mayor porcentaje de germinación en el nuevo hábitat. Para esto evaluaron, el efecto de la temperatura en el crecimiento, estudiando especies nativas de España y Georgia y especies invasoras de Irlanda, concluyendo que las especies invasoras presentaban mayor crecimiento y mayor rango de germinación en comparación con las especies nativas y que existe un cambio genético en las especies nativas para adaptarse a las condiciones abióticas.

Weraduwege *et al.* (2015), afirman que la capacidad de captura de luz influye en el crecimiento del área foliar. Sugieren que para que se presente un incremento en la biomasa debe existir una relación entre el crecimiento del área foliar y el crecimiento de la planta, en el cuál la captura de carbono es distribuida en diferentes áreas de la planta así en el área foliar, masa foliar, masa de raíz, reproducción y respiración.

Fenner (1983), trabajó con 24 especies de semillas, a las cuales pesó el embrión, la semilla y a las tres semanas de crecimiento de la plántula, obtuvo el peso de las mismas. Concluyó que existe una relación directamente proporcional respecto al tamaño de la plántula con el peso del embrión, así como el peso de la raíz de la plántula fue igualmente proporcional al peso del embrión; es decir que existe una relación entre el tamaño del embrión y el crecimiento de la plántula. Sugiriendo que el crecimiento de las plántulas pequeñas está limitado por la disposición de nutrientes del sustrato, mientras que en las plántulas grandes el crecimiento está relacionado con la disposición de luz.

McNaughton *et al.* (1983) estudiaron a *Kyllinga nervosa* simulando condiciones abióticas en una cámara climática, para evaluar su altura, concentración de nitrógeno en el medio nutritivo y frecuencia de riego, estimulando el crecimiento de la planta por defoliación, encontrando que una manera de compensar el crecimiento es mediante la activación de los meristemas, lo cual incrementaba la elongación foliar. Concluyendo, que las plantas desarrollan mecanismos para sobrevivir, como el caso de la alta concentración de nitrógeno recurrían a la defoliación, mientras que las plantas que padecían una compensación baja por la carencia de hojas, desarrollaban otros procesos para sobrevivir.

Gollan *et al.* (1992), estudió el efecto de la sequía en el crecimiento de las plantas, observando que el tamaño de la hoja y el estoma disminuía al ser sometida la planta a estrés hídrico.

Fertilizantes

La agricultura es una de las actividades económicas de las que depende el desarrollo de un país, pues su función principal es abastecer a la sociedad de alimentos para cubrir sus necesidades primarias. Sin embargo, las prácticas agrícolas son vulnerables a cambios ambientales que pueden afectar las cosechas. Para mantener altos rendimientos de los cultivos es necesario proveer al suelo de nutrientes que le permitan mejorar su capacidad y calidad productiva, ello con la finalidad de evitar la pérdida de elementos esenciales por erosión o prácticas agrícolas inadecuadas (Labrador 1996).

Con la Revolución verde y el desarrollo de tecnología que permitiera el avance agrícola, se cultivaron grandes superficies de suelo, lo que propició la aparición de enfermedades vegetales y plagas que dañaron los cultivos, con ello se fabricaron pesticidas que eventualmente dañaron el ambiente. El empleo de pesticidas de origen animal, plantas, bacterias y minerales controlaron el ataque de insectos y enfermedades causadas por patógenos. Ello trajo como consecuencia el empleo de fertilizantes, según la CASAFE (2005), un fertilizante no es de origen natural, sin embargo, está formulado para incrementar el rendimiento de los cultivos, proporcionando ya sea al suelo o a las plantas nutrientes necesarios.

Dado que en un principio los fertilizantes eran de naturaleza química, se observó que cumplían las funciones para las cuales fueron elaborados, sin embargo, empezaron a contaminar los mantos freáticos, la capa superficial de suelo y polución en el ambiente, causando la pérdida de nutrientes y baja producción en la cosecha, afectando tanto la vida terrestre como la vida marina (FAO, 1985).

Esto permitió el desarrollo de abonos naturales que aportan materia orgánica, nutrientes y microorganismos que actúan a favor del suelo e incrementan su fertilidad e incorporan nutrientes a los cultivos, sin embargo, la cantidad requerida no era suficiente para satisfacer las necesidades de cosecha y de la tierra (Eghball *et al.* 2004).

Uno de los nutrientes esenciales para las plantas que intervienen tanto en su crecimiento como en su desarrollo es el nitrógeno. Liu *et al.* (2014), investigaron el efecto de fertilizantes ricos en nitrógeno en el crecimiento y desarrollo de lechuga (*Lactuca sativa*) y observaron que existe una relación directamente proporcional al incrementar la dosis de fertilizante con la concentración de nitrógeno total en el suelo y la concentración de nitrato.

Tonfack *et al.* (2008), evaluaron el efecto de fertilizantes orgánicos e inorgánicos en el vigor, producción y composición del fruto de tomate (*Solanum lycopersicum*) en suelo tropical tipo andosol, utilizando como tratamientos minerales, gallinaza, combinación de minerales y gallinaza y fertilización mineral como acostumbra los campesinos. Como resultado obtuvieron que todos los tratamientos mejoraron el

crecimiento de la planta, número de ramas y frutos por planta, incrementando el contenido de nutrientes como fósforo, potasio, calcio y sodio. Concluyendo que la aplicación de fertilizante orgánico en la dosis correcta, en suelo tropical tipo andosol pobre en fósforo y potasio, se incrementa la producción de tomate, así como la aplicación correcta de fertilizante inorgánico.

Liu *et al.* (2011), estudiaron el efecto de un compuesto orgánico y un fertilizante en el crecimiento y desarrollo de estevia (*Stevia rebaudiana*), observaron que el compuesto orgánico favorece el crecimiento radicular después de 40 ddt en comparación con el fertilizante, además encontraron diferencias significativas en el rango de fotosíntesis a los 60 ddt, en donde el compuesto orgánico incrementa favorablemente la fotosíntesis en esta especie.

Adebayo y James (2014), evaluaron el efecto de tres fertilizantes, uno orgánico, otro de origen mineral y un fertilizante químico en la planta de amaranto (*Amaranthus caudatus*), así como los efectos residuales, encontrando que se obtuvo mayor producción al aplicar el fertilizante rico en minerales. Por su parte, Attarde *et al.* (2012), estudiaron el efecto de una mezcla de fertilizante orgánico e inorgánico en el crecimiento y contenido de nutrientes en Quimbombó (*Abelmoschus esculentus*), los parámetros a evaluar fueron altura de planta, número de hojas y circunferencia del tallo en cuatro etapas de crecimiento de esta especie. Según los resultados obtenidos, observaron que la aplicación de fertilizantes inorgánicos mejoraba el crecimiento de la planta, para las tres características fenotípicas evaluadas, sin embargo, al evaluar el contenido de nutrientes encontraron que el tratamiento orgánico con vermicomposta y la mezcla de vermicomposta con estiércol de granja aumentaba el contenido de nutrientes en el cultivo. Concluyendo, que los fertilizantes inorgánicos tenían un efecto benéfico en el crecimiento de la planta, mientras que los fertilizantes orgánicos mejoraban el estado de los nutrientes.

Sowmyamala *et al.* (2012), trabajaron con mezcla de fertilizantes naturales y fertilizantes químicos (NPK), con la finalidad de evaluar el efecto en la altura de la planta, cobertura y diámetro de la flor de Gaillardia (*Gaillardia pulchella*). Encontraron que al

aplicar una dosis del 100% de fertilizante inorgánico con lodo se obtenía mayor altura en la planta, seguido de 75% de fertilizante inorgánico con lodo.

Uka *et al.* (2013), evaluaron el efecto de la aplicación de fertilizantes orgánicos e inorgánicos en el crecimiento de Oca (*Abelmoschus esculentus*). Como fertilizante orgánico emplearon estiércol de vaca y gallinaza y como fertilizante inorgánico (NPK). Observaron que al aplicar gallinaza al cultivo las plantas alcanzaron mayor altura, incrementaron la superficie foliar y el peso fresco, mientras que con el estiércol de vaca se obtuvo el mayor peso seco. Concluyeron, que al aplicar fertilizante orgánico en esta planta se obtiene mejores resultados en los parámetros evaluados en el ensayo, que la aplicación de fertilizantes inorgánicos.

Baque *et al.* (2006), estudiaron el efecto de un fertilizante enriquecido con potasio en la planta de trigo sometido a estrés hídrico, observaron que altos niveles de potasio tuvieron un efecto positivo en la producción de materia seca, asimismo hubo mayor consumo de fósforo, potasio y nitrógeno al existir un aporte adicional de potasio bajo condiciones de estrés hídrico, por lo que este fertilizante mejora el rendimiento de trigo bajo condiciones de escasez de agua.

Torres-Moya *et al.* (2016), realizaron un experimento en el que analizaron el efecto de la combinación de diferentes dosis de un fertilizante orgánico con uno inorgánico en el crecimiento y desarrollo de la avena (*Avena sativa* var. *cayuse*). Observaron, según los resultados obtenidos, que no existen diferencias importantes al aplicar un fertilizante inorgánico puro y al aplicar en diferentes dosis la combinación de un fertilizante orgánico y uno inorgánico respecto a las variables biomasa, producción, área foliar y crecimiento en el cultivo de avena, sin embargo, consideran que la combinación de ambos fertilizantes puede garantizar los elementos nutricionales para este cultivo.

Biofertilizantes

Una de las acciones más importantes en la industria agrícola fue la producción de biofertilizantes para el manejo integrado de nutrientes a las plantas y suelos, con la finalidad de sustituir los fertilizantes y permitir el desarrollo de una agricultura

sustentable, los biofertilizantes están elaborados de microorganismos o caldo de cultivo de células que permiten que las raíces de las plantas adquieran los nutrientes del suelo y los asimilen de manera efectiva. Los biofertilizantes elaborados a partir de aminoácidos regulan el estrés salino e hídrico, haciendo un balance en el suelo de solutos y solventes (Guañua 2010).

Actualmente, la agricultura procura manejar productos de origen orgánico con el objetivo de dañar lo menos posible el ambiente y obtener cultivos de calidad y alto rendimiento, una alternativa es la aplicación de biofertilizantes, con ellos se puede incrementar la calidad de alimentos y mejorar la productividad del suelo, un ejemplo de ello para fijar nitrógeno atmosférico son las leguminosas (Decara, *et al.* 2004; Wong y Jiménez 2009).

Los biofertilizantes al ser compatibles con el ambiente permiten conservar la flora y fauna, de tal forma que no se dañan los recursos bióticos y abióticos y tampoco se causan daños a la salud (Espinoza 2009).

Según Cubero *et al.* (1999), existen biofertilizantes que mejoran el metabolismo, la síntesis de clorofila y hormonas. El uso de los biofertilizantes permite que los frutos maduren rápidamente y que las semillas crezcan homogéneamente, permitiendo la síntesis de mayor cantidad de azúcares, reduciendo los daños a las plantas causados por fríos, heladas y granizo.

Actualmente en el mercado agrícola existen muchos productos manufacturados orgánicamente, uno de ellos es el biofertilizante orgánico elaborado a partir de aminoácidos y péptidos como es el caso de la *Spirulina platensis*, funcionando como catalizador de actividades metabólicas en las plantas, división celular y fertilización de los granos de polen, asegurando de esta manera la producción en los cultivos (Ciferri 1983).

Por otra parte, los extractos elaborados a partir de algas y microalgas son ricas en proteínas, las cuales son importantes en el esqueleto celular, procesos metabólicos y fotosintéticos. Se ha observado un efecto positivo de la acción de los fertilizantes con microalgas favoreciendo el crecimiento, aumento de peso y fenología de la especie (Borowitzka 1994).

Gholami *et al.* (2009), y Mali y Bodhankar (2009) señalan que el efecto de *Azotobacter chroococcum* en plantas es potenciar la germinación y desarrollo radicular, además de evitar que patógenos ataquen las raíces de plantas de interés agrícola.

En un experimento realizado por Dhanasekar y Dhandapani (2012) en *Helianthus annuus* donde emplearon cepas de *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Phosphobacter* y *Rhizobacter*, identificaron que hubo un incremento en la fijación de nitrógeno y un mayor crecimiento del girasol, incrementando el número de hojas, diámetro de tallo y número de semillas. Choudhury y Kennedy (2004), realizaron ensayos con *Azotobacter*, *Azospirillum* y *Rhizobium*, observando una mejoría en el desempeño fisiológico y la morfología de la raíz de plantas de arroz.

Piña Guillen *et al.* (2016), usaron biofertilizantes elaborados a base de bacterias autóctonas de la región, realizando ensayos *in vitro* e *in planta* que demuestran su efecto como promotores de crecimiento vegetal por medio de mecanismos como la fijación biológica de nitrógeno y la producción de reguladores de crecimiento. Se aislaron dos cepas empleando medios de cultivo carentes de nitrógeno, ambas caracterizadas de forma parcial, la primera de ellas pertenece al género *Azospirillum* denominada M1 aislada de raíces de *Jatropha*, la segunda del género *Gluconacetobacter* denominada G1 aislada de raíces de caña de azúcar. En los ensayos realizados en esquejes de pitahaya, plantas de maíz y caña de azúcar tanto *in vitro* como *in planta* se observó que ambas cepas poseen la capacidad de promover la formación de raíces laterales y que el número de estas es mayor en comparación con testigos no inoculados.

Biofertilizantes elaborados con aminoácidos

Betancourt (1997), indica que los biofertilizantes enriquecidos con glicina influyen en la germinación y crecimiento de las plántulas, debido a que este aminoácido tiene un papel importante en la estructura de la clorofila y citocromos. Por otra parte, Morte *et al.* (2004), aseguran que los aminoácidos envasados como biofertilizantes son incorporados a la planta mediante la raíz; o por vía foliar los cuales son filtrados a través del estoma (Barneix y Causin 1996).

Al agregar aminoácidos libres a los cultivos se reduce el gasto de energía ya que la síntesis de macromoléculas importantes para el desarrollo y crecimiento de las plantas implica una actividad metabólica muy dinámica (Aslam 2001).

Caputo y Barneix (1997) estudiaron el efecto de la provisión de nitrógeno de diferentes fuentes en un cultivo de trigo (*Triticum aestivum*) y observaron que al disminuir la administración de nitrógeno disminuía la cantidad de aminoácidos exudados por las hojas de las plantas, asimismo encontraron que la asparagina era el aminoácido más abundante en el tejido foliar (19.2%) y la glutamina fue más abundante en el exudado del floema (15.4%).

De acuerdo a las experiencias obtenidas por Chen *et al.* (1997), al evaluar el efecto de los aminoácidos en plantas, menciona que la glicina y el ácido glutámico son metabolitos fundamentales en la formación de tejido vegetal y en la síntesis de la clorofila. Estos aminoácidos elevan la concentración de clorofila en las plantas que a su vez aumenta la absorción de energía luminosa, la cual conduce a un mayor rendimiento de la fotosíntesis. Además, se sabe que el L-ácido glutámico actúa como un agente osmótico para el citoplasma protector de las células, el cual favorece la apertura de los estomas (Kim 2002).

Liu *et al.* (2005), mencionan que los aminoácidos tienen un efecto quelante en cuanto a los nutrientes. Cuando se aplican en conjunto con microelementos, la absorción y transportación dentro de la planta se simplifica. Esto es originado por la permeabilidad de la quelación y la membrana. Los aminoácidos L- glicina y L- ácido glutámico son reconocidos como agentes quelantes muy efectivos. L-prolina favorece la fertilización del polen. Los ácidos L-lisina, L-metionina, y L-glutámico son esenciales para la polinización, además aumentan la germinación y la longitud del tubo polínico (Winter *et al.* 1992).

Según Oad *et al.* (2004), el ácido L-glutámico y el L-aspártico, a través de la transaminación, favorecen al resto de los aminoácidos. L-prolina e hidroxiprolina actúan principalmente en el balance hídrico de la planta. L-alanina, L-valina, y L-lisina mejoran la calidad de los frutos y L-histidina contribuye a la maduración apropiada de los frutos.

Los aminoácidos libres se incorporan al metabolismo para sintetizar sustancias que se encuentran biológicamente activas como clorofila, indol-3-acético, vitaminas y enzimas (Thomas *et al.* 2009). Por su parte, Limbaña (2011), señala que los suplementos aminoacídicos de carácter natural aplicados a las plantas tienen un efecto positivo en las hormonas vegetales, en la producción de clorofila, auxinas, vitaminas y proteínas de naturaleza enzimática.

Acuña y Simbaña (2010), realizaron un extracto a partir de los aminoácidos de chocho (*Lupinus mutabilis*) cuyo fin era la aplicación de este como fertilizante, observando el aumento del área foliar en la especie de uso. Obtuvieron como resultado 90.49% de materia orgánica, 8.88% de nitrógeno total, 90.49% de nitrógeno total, de un análisis del hidrolizado enzimático de la hoja de *Lupinus mutabilis* y de la separación en unidades de proteínas, obteniendo aminoácidos y péptidos. Además, al caracterizar químicamente el extracto encontraron que era rico en materia orgánica, Nitrógeno total, Calcio y Magnesio.

Peña *et al.* (2017), evaluaron el efecto de un promotor de crecimiento activado molecularmente en el frijol (*Phaseolus vulgaris*) que permita mejorar la actividad biológica y el metabolismo, encontrando que el crecimiento y desarrollo de la planta resultó beneficiada, permitiendo mayor crecimiento de los tallos, incrementando el número de hojas y mayor superficie foliar. Aumentando la etapa fenológica de la planta y mayor rendimiento del cultivo.

Bioestimulantes

Los bioestimulantes contienen sustancias provenientes de una sola fuente de materia prima o combinación de diferentes orígenes pudiendo ser animal o vegetal. La producción de bioestimulantes puede ser muy diversa e incluye el cultivo, extracción, fermentación, procesamiento y purificación, hidrólisis y tratamiento de ruptura celular variando ampliamente el método utilizado dependiendo del fin de la preparación (Oleg *et al.* 2019). En las preparaciones de estimuladores vegetales se da por hecho que se encuentran metabolitos primarios tales como aminoácidos, azúcares, nucleótidos y

lípidos, entre tanto, los metabolitos secundarios como compuestos fenólicos, terpenoides, isoterpenoides, alcaloides y glucosinolatos dependen de la materia prima utilizada como la especie, tejido, y condiciones de crecimiento (Aharoni & Galili 2011).

Existen diferentes estudios en donde se utilizan como materia prima de bioestimulantes partes de las plantas como semillas, hojas y raíces de las familias Amaryllidaceae, Asteraceae, Brassicaceae, Ericaceae, Fabaceae, Fagaceae, Moringaceae, Plantaginaceae, Poaceae, Rosaceae, Solanaceae, Theaceae, Vitaceae, entre otras (Ugolini *et al.* 2015, Kahn *et al.* 2019, Zulfiqar *et al.* 2020)

Recientes estudios han utilizado aminoácidos para promover la calidad, el mejoramiento de cultivos y el desarrollo de la raíz a través de la adición de aminoácidos que aumentan la fijación de nitrógeno e inducir la mejora de las raíces para captación de nutrientes. Khan *et al.* (2019), reportaron que los aminoácidos son estimuladores del crecimiento vegetal. Realizaron un estudio para evaluar el efecto de la aplicación de tres aminoácidos en el crecimiento de la lechuga, teniendo mejores resultados con L-metionina en concentraciones de 0.2 mg/L y 0.02 mg/L en un tratamiento de cuatro semanas.

Existen diversos bioestimuladores del crecimiento vegetal comerciales donde la composición son extractos de plantas tal como AGRISPON (Michalski 2008). Por su parte, Campobenedetto *et al.* (2020), demostraron que KIEM®, un bioestimulante basado en lignina, aminoácidos de plantas y molibdeno, mejoraba el crecimiento, el balance oxidativo y la tasa de germinación en semillas de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo condiciones de estrés por calor. El balance oxidativo no solo fue a través de la reducción del H₂O₂ endógeno si no también mediante la activación de defensas antioxidantes.

En otro estudio, Campobenedetto *et al.* (2021), estudiaron los efectos del bioestimulante VIVEMA TWIN® basado en taninos en el crecimiento de raíces de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) bajo condiciones de estrés salino. Obtuvo un aumento en el peso (24%) y longitud (23%) de la raíz de las plantas bajo el bioestimulante. Además, el análisis del transcriptoma reveló que la aplicación del bioestimulante sobrerregula 285 genes, de los cuales la mayoría están relacionados al desarrollo de raíz y a la tolerancia al

estrés salino. 171 genes fueron desregulados, los cuales estaban principalmente implicados a la toma de nutrientes, probando que los bioestimulantes no solo ayudan a recuperar el crecimiento radicular en suelos salinos, sino que también adecuan a la planta para regular su expresión de factores de transcripción esenciales y genes de respuesta al estrés.

Colla *et al.* (2014), evaluaron la acción bioestimulante de proteínas hidrolizadas derivadas de plantas mediante dos bioensayos en laboratorio: una prueba de tasa de elongación del coleóptilo del maíz (*Zea mays* L.), una prueba de enraizamiento de esquejes de tomate (*Solanum lycopersicum* L.); y dos experimentos en invernadero: una prueba de tasa de crecimiento en arvejas (*Pisum sativum* L.), y una prueba de toma de nitrógeno en tomate (*Solanum lycopersicum* L.). El tratamiento en maíz causó un aumento en la elongación del coleóptilo comparado con el control. El efecto similar a auxinas observado en maíz también fue reportado en el enraizamiento de esquejes de tomate. Tanto el brote, el peso seco, el largo y el área de enraizamiento fueron mucho mayores: 21, 35, 24 y 26% respectivamente comparado a las plantas no tratadas. La aplicación de proteínas hidrolizadas en todas las dosis (0.375, 0.75, 1.5, and 3.0 ml/L) aumentaron significativamente el largo del brote en las arvejas deficientes de giberelinas en un promedio del 33% en comparación al tratamiento control. Aumentando la dosis de 0 a 10ml/L en tomates aumentó la biomasa seca, el contenido de clorofila y el nitrógeno de hojas por 15 y 21.5% respectivamente.

Colla *et al.* (2017), encontraron que las proteínas hidrolizadas tienen un gran potencial para mejorar el rendimiento del cultivo, especialmente bajo condiciones de estrés. Las aplicaciones en raíces mostraron ser benéficas para mejorar la eficiencia del uso de nutrientes, mejorar la disponibilidad de nutrientes, crecimiento de raíces, toma de nutrientes y asimilación en muchos cultivos. Las aplicaciones foliares y radicales exhibieron actividades similares a hormonas ocasionando la estimulación de la germinación de semillas, crecimiento de la planta, alargamiento y conjunto de frutas. Las proteínas no solo aumentaron el rendimiento, también mejoraron parámetros de calidad como el tamaño de la fruta, color de la piel y contenidos antioxidantes.

Ertani *et al.* (2016), utilizaron extractos vegetales con compuestos fenólicos derivados de uva roja, frutos de arándano y hojas de espino como bioestimulantes del crecimiento y la actividad de la fenilalanina amoniaco lipasa (enzima clave de la vía fenilpropanoide) en plantas de *Zea mays*. Determinaron que estos extractos incrementaron la biomasa de las hojas además del contenido de azúcares y clorofila con respecto a las plantas sin tratamiento, así como la inducción de contenidos altos de p-coumarico por los tres extractos a dosis de 1.0 ml/L, mientras que por sí solo el espino mostró la inducción de alto contenido de ácido gallico y p-hydroxybenxoico, sugiriendo que los extractos vegetales contienen más de un grupo de sustancias promovedoras de crecimiento vegetal.

Popko (2018), realizó una mezcla líquida de aminoácidos y péptidos cortos, obtenidos a través de la hidrólisis de plumas (queratina), y enriquecida con algunos nutrientes. Su estudio tuvo efecto positivo en cultivo de trigo y no se presentaron síntomas de fitotoxicidad en las plantas observadas. El vigor de la planta y el color de hojas estuvieron a un nivel óptimo. Hubo un aumento de rendimiento en todos los grupos observados en comparación al grupo de control. También mostró un incremento de nutrientes en los granos, Calcio y Sodio de macronutrientes, y Cobre y Molibdeno de micronutrientes. Mediante un análisis multielemental probó que tenía una mayor cantidad de nutrientes comparado a los estimuladores de crecimiento comerciales.

Do Rosário *et al.* (2021), determinaron la dosis y uso de un bioestimulante a base de ácidos fulvicos y extractos del alga *Ascophyllum nodosum* (L.) en cultivos de soya después de estrés por déficit hídrico. Las plantas tratadas con el bioestimulante produjeron más mecanismos eficientes para disipar el exceso de energía, tasas fotosintéticas elevadas y mayor actividad antioxidante de enzimas.

JUSTIFICACIÓN

Los suelos normalmente presentan los nutrientes esenciales que la planta necesita para su desarrollo y reproducción, sin embargo, en muchos casos las concentraciones de los nutrientes no se encuentran en los requerimientos mínimos que la planta necesita para su desarrollo y así obtener rendimientos adecuados y de buena calidad, por lo que es indispensable incorporar nutrientes a las plantas por medio de fertilizantes. En la actualidad, el cultivo de plantas y la producción agrícola a nivel mundial utilizan principalmente fertilizantes químicos, los cuales desde su aparición han tenido un incremento en su uso, sin considerar las consecuencias de su uso indiscriminado. Lo anterior ha traído una serie de problemas relacionados con el uso de fertilizantes químicos como son: la infertilidad de los suelos, agotamiento de los nutrientes, contaminación de suelo, aire y agua, efectos nocivos en la flora y fauna, así como repercusiones negativas en la salud humana. Sin embargo, sin la aplicación de estos productos, los rendimientos serían menores y se presentarían problemas de desabasto de alimentos.

Una alternativa, es el empleo de biofertilizantes, que sean amigables con el ambiente y tienen efectos positivos en los cultivos. Por ello, el propósito de este trabajo es elaborar un biofertilizante o estimulador del crecimiento vegetal de origen natural, elaborado a partir de extractos de bajo peso molecular o aminoácidos procedentes de malezas, con la finalidad de aprovechar las características de estas especies por su alto potencial reproductivo, rápida tasa de crecimiento e incremento en biomasa y evaluar su efecto en plantas que presentan baja tasa de crecimiento.

HIPÓTESIS

Los extractos vegetales con contenido proteico de bajo peso molecular obtenidos a partir de plantas consideradas malezas como *Sorghum halepense*, *Ruellia nudiflora* y *Vachellia farnesiana* tienen un efecto estimulante en el crecimiento y desarrollo de plantas de lento crecimiento como *Quercus virginiana* y *Cereus peruvianus*.

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar el efecto de tres extractos de malezas de bajo peso molecular en especies de baja tasa de crecimiento y biomasa.

Objetivos particulares

- Obtener un bioestimulante a partir de extractos vegetales de bajo peso molecular que presentan potencial de crecimiento, desarrollo y reproducción (*Sorghum halepense*, *Ruellia nudiflora* y *Vachellia farnesiana*).
- Evaluar el efecto de tres extractos vegetales de bajo peso molecular, obtenidos a partir de brotes jóvenes y zonas meristemáticas, sobre el crecimiento y desarrollo en especies de lento crecimiento como son *Quercus virginiana* y *Cereus peruvianus*.
- Comparar el efecto de la aplicación de extractos de bajo peso molecular obtenidos a partir de brotes jóvenes y zonas meristemáticas sobre el crecimiento y desarrollo en dos especies de lento crecimiento.

DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES EN ESTUDIO

***Ruellia nudiflora* (Engelm. & A. Gray) Urb. ACANTHACEAE**

Descripción. Hierba perenne erecta o difusa hasta de 40 cm de altura; tallos jóvenes cuadrados a cuadrado-sulcados, pubescentes homogéneamente o solo en la parte inferior del dosel; hojas pecioladas, elípticas, ovadas o deltadas, pubescentes o glabras, base truncada a constricto-atenuada, ápice redondeado o agudo; inflorescencias en forma de dicasios, flores de color azul-púrpura (Figura 1a).

Floración. En México florece y fructifica entre abril y octubre (Missouri Botanical Garden 2010).

Distribución. Se distribuye desde el sur de Estados Unidos de América (Arizona, Texas, Louisiana) hasta Centroamérica y las Antillas.

Hábitat. Crece principalmente como vegetación secundaria en lugares perturbados, así como en matorrales xerófilos, bosque tropical caducifolio y subcaducifolio, bosque de galería, bosque de encino y bosque de pino-encino, prosperando en elevaciones desde el nivel del mar en Guatemala y Nicaragua (Nash y Williams, 1974; Missouri Botanical Garden 2010) hasta los 1800 msnm en El Bajío, México, Cuicatlán (Daniel y Acosta-Castellanos 2003).

Importancia. En México, el cultivo de *Ruellia nudiflora* carece de importancia a nivel comercial. En paisajismo, puede emplearse como atrayente para mariposas de las especies *Siproeta stelenes*, *Anartia fatima* y *A. jatrophae*, ya que la planta funciona como hospedero para estos lepidópteros, que ovipositan en sus hojas.

***Sorghum halepense* (L.) Pers. POACEAE**

Descripción. Plantas herbáceas, erguidas y ramificadas en su base. Los floridos son erectos con alturas de 0.4 hasta 2 m además, son lisos y presentan vellos solamente en los nudos quebradizos. Se distribuyen alternamente en el tallo, son estrechas en la base y más anchas en el centro. Sus láminas son planas de 60 cm de largo y de 1 a 3 cm de ancho.

Presentan orillas aserradas y una vena central prominente de color blanquecino. La hoja más joven por lo general es enrollada. Su vaina es más corta que los entrenudos, o sea no logra cubrir el entrenudo del tallo además es lisa y algo aplastada. La lígula es una membrana rígida de color blanco o verde claro de 5 mm de largo; los bordes son finamente dentados. No presenta aurículas y según el lugar la base del limbo puede presentar vellos (Figura 1b).

Floración. La floración se da entre 40 y 55 días y la flor es una panoja abierta de 15-50 cm de largo y de forma piramidal presenta una cubierta de pelos rojizos con ramas racimosas ascendentes y extendidas de 7-8 cm de largo cada una con muchas espiguillas desiguales pareadas. Las espiguillas son estériles, lanceoladas, poco peludas y de 4,5 mm de largo, aristadas y de color pajizo castaño.

Distribución y Hábitat. Es una gramínea perenne, fuerte y erecta de 1 a 2 m de altura originaria de la Costa Mediterránea y adaptada a las regiones tropicales. Sin embargo, se ha desplazado a regiones subtropicales donde se ha adaptado muy bien. Requiere de suelos ricos y profundos y de climas cálidos y húmedos.

Importancia. El sorgo de Alepo es una de las 10 malas hierbas más dañinas a la agricultura mundial, ocupando esta el sexto lugar, localizándose en áreas templadas, subtropicales y tropicales del sur de Estados Unidos, México, Centro y Sudamérica, Mediterráneo de Europa, África, India y Australia.

***Vachellia farnesiana* (L.) Wight et Arn. FABACEAE**

Descripción. Arbusto o árbol espinoso de 1 hasta 8 m de altura, subcaducifolio, de copa redondeada; hojas bipinnadas, alternas y con 2 a 7 pares de folíolos primarios opuestos y 10 a 15 folíolos secundarios. El tronco es corto y delgado, las ramas ascendentes con espinas de 6 a 25 mm de longitud. La corteza externa es lisa en ramas jóvenes y al madurar se vuelve fisurada, grisácea; con abundantes lenticelas dispuestas en líneas transversales. Las flores en cabezuelas son de color amarillo, naciendo de las axilas de las espinas, solitarias o en grupos de 2 o 3. Los frutos son vainas rojizas, semiduras, solitarias o agrupadas en las axilas de las espinas. Son de 2 a 10 cm de largo,

con la punta aguda y las valvas coriáceas. Permanecen en el árbol después de madurar, y su dehiscencia es tardía (Figura 1c).

Floración. Florece durante todo el año, especialmente de (noviembre) diciembre a mayo. En Chamela, Jalisco, florece de diciembre a marzo; en Guerrero de julio a marzo.

Distribución. Su área de distribución es heterogénea. En la vertiente Pacífica desde el sur de Sonora hasta Chiapas y de manera discontinua en la vertiente Atlántica, a una altitud de 36 a 1,500 (2,500) m (Allendorf y Lundquist 2003).

Hábitat. Por lo general se desarrolla a orilla de caminos, arroyos, parcelas abandonadas, terrenos con disturbio, terrenos sucesionales (acahuales), sitios ruderales. Se le encuentra donde predominan climas cálidos (Aw) y semicálidos A(C), en regiones que tienen hasta 900 mm de precipitación anual y temperaturas que varían de 5 a 30°C. Prospera en una gran variedad de suelos desde muy arcillosos hasta muy arenosos. Suelos de rendzina, xegorendzina, vertisol, arenoso, húmedo, caliza, yeso, lutita y aluvión

Importancia. Especie secundaria. Elemento importante de la vegetación secundaria que sucede al bosque tropical caducifolio. Forma asociaciones densas llamadas “huizachales”. Indicadora de sitios perturbados. El huizache tiene potencial para ocupar un rango de distribución más amplio que el actual. En Morelos es un componente facultativo del estrato superior de los mezquiales o bosques de *Prosopis*. En el suroeste de Puebla un matorral denso de *V. farnesiana* se establece como comunidad secundaria en los suelos profundos, cuyo clímax corresponde al bosque de *Prosopis* y *Pithecellobium*.

***Quercus virginiana* Mill. FAGACEAE**

Descripción. Árbol de hojas persistentes de hasta 20 m de altura, con la corteza de color marrón rojizo, rugosa y profundamente agrietada. La base del tronco presenta unos contrafuertes; la copa es redondeada, ancha, densa y las ramas extendidas más o menos horizontalmente. Brotes jóvenes con pelos blanquecinos. Yemas pequeñas, de alrededor de 4 mm de longitud, globosas. Hojas gruesas, de elípticas a oblongas, de 3-12x1-5 cm, con pecíolo de 4-6 mm de longitud; tienen los márgenes enteros o con pocos dientes

obtusos, el ápice es redondeado y la base atenuada; son glabras y de color verde oscuro brillante por el haz y densamente blanco-pelosas por el envés. Bellota ovoidea de hasta 2,5 cm de longitud, con la cuarta parte inferior cubierta por una cúpula, que tiene en la parte superior escamas pelosas, estrechamente imbricadas; las bellotas están dispuestas sobre largos pedúnculos en grupos de 3 a 5 (Figura 1d).

Floración. Los árboles crecen cuando las hojas están creciendo en la primavera. El polen se dispersa por el aire en las dos primeras semanas de abril. Las bellotas maduran el siguiente otoño, de septiembre hasta antes de diciembre.

Distribución. Virginia, Texas, Oklahoma, Florida, Carolina del Norte, carolina del Sur, Mississippi, Noreste de México

Hábitat. Crece en suelos ácidos, neutros o alcalinos, planos y con pendientes pronunciadas, es tolerante a la sal por lo que puede dominar en climas forestales costeros (Harms 1990).

Importancia. Dentro del ecosistema alberga a muchas especies de pájaros y mamíferos. Se utiliza en la construcción de barcos, para carbón vegetal y en la construcción.

***Cereus peruvianus* Engelm & Bigelow) CACTACEAE**

Descripción. Cactus columnar recto, que se ramifica al llegar a cierta altura. Hay ejemplares que llegan a los 15 metros de alto. El tronco es retorcido y ramificado, con costillas desiguales y tortuosas que le dan su aspecto característico. El color es verde oscuro, a veces azulado (glauco). Las espinas aparecen en grupos de 3 a 10 en cada areola. Se reproduce por hijuelos y esqueje. Es una especie que crece bastante rápido (Figura 1e).

Floración. Florecen a partir de los 5 años. Las flores son blancas por dentro y pardas por fuera. El cacto candelabro florece en verano.

Distribución. América del Sur, Brasil, Antillas y Argentina.

Hábitat. Se desarrolla bien en áreas soleadas y suelos bien drenados

Importancia. Ornamental



Figura 1. Plantas en estudio. a) *Ruellia nudiflora*, b) *Sorghum halepense*, c) *Vachelia farnesiana*, d) *Quercus virginiana* y e) *Cereus peruvianus*.

MATERIAL Y MÉTODOS

Material Vegetal

Las especies de maleza que se utilizaron para obtener extractos vegetales se colectaron en áreas silvestres cercanas al área metropolitana de Monterrey durante la estación de primavera, estas especies son *Ruellia nudiflora*, *Sorghum halepense* y *Vachelia farnesiana*.

Respecto a las especies a evaluar para determinar el efecto de los extractos vegetales, se seleccionaron ejemplares con características muy similares en cuanto a edad, tamaño y biomasa. Las especies seleccionadas son *Quercus virginiana* y *Cereus peruvianus*, las cuales se caracterizan además por presentar baja tasa de crecimiento.

Obtención de los extractos

1. **Colecta de material vegetal en campo.** La colecta se realizó durante la primavera, época en que las plantas muestran mayor actividad de crecimiento y desarrollo activo. La colecta se hizo en zonas rurales de los alrededores del área metropolitana de Monterrey, particularmente en áreas perturbadas o ruderales donde es común encontrar las especies de interés. En las especies seleccionadas se colectó una muestra de tallos germinales y brotes tiernos. Las muestras colectadas se conservaron en bolsas de plástico y se colocaron en recipientes con hielo herméticamente cerrados para su conservación y fueron trasladados al laboratorio de Anatomía y Fisiología Vegetal de la FCB, UANL.
2. **Limpieza del material.** Las muestras colectadas se limpiaron de manera manual con cepillo de cerdas blandas para eliminar impurezas de las muestras, posteriormente se lavaron con agua corriente durante cinco minutos.
3. **Fragmentación del material vegetal.** El material vegetal se fragmentó en trozos pequeños para facilitar su posterior maceración.
4. **Maceración del material vegetal.** Se procedió a macerar las muestras en una licuadora y con agua destilada para facilitar el proceso. Las muestras se mantuvieron a una temperatura de 4°C para mantener la actividad metabólica

disminuida al mínimo y lograr con esto una mejor calidad de cadenas polipeptídicas y aminoácidos presentes.

5. **Diálisis.** Se realizó diálisis al producto macerado, utilizando una membrana con poros de 25 KDa a 4°C durante 24 horas, con la finalidad de obtener un extracto dializado de naturaleza aminoacídica, cuyas moléculas no tuviesen un peso molecular mayor a 25 KDa, de esta manera se obtuvieron cadenas polipeptídicas cuya forma estructural fuera nativa, permitiendo que los productos obtenidos a través de la diálisis sean biológicamente activos.
6. **Conservación del extracto.** Se obtuvieron tres extractos, uno de cada especie (*Ruellia nudiflora*, *Sorghum halepense* y *Vachelia farnesiana*). Estos se envasaron en recipientes de plástico con tapa hermética y se conservaron en refrigeración a 4°C, hasta su aplicación en los bioensayos (Figuras 2 y 3).



Figura 2. Extractos obtenidos a partir de plantas de huizache (*Vachelia farnesiana*) colectadas en los alrededores del área metropolitana de Monterrey.

Aplicación de los extractos y evaluación del desarrollo

Para evaluar el efecto del extracto se procedió a la aplicación de una dosis de 10 ml sin diluir de los extractos mencionados anteriormente a plántulas de *Q. virginiana* y *C. peruvianus*.

Se realizaron cuatro tratamientos que corresponden a cada uno de los extractos obtenidos y un control (agua destilada). En cada tratamiento se utilizaron cinco unidades experimentales formadas por 10 ejemplares (plántulas). De acuerdo a lo anterior, para cada especie a evaluar (*Q. virginiana* y *C. peruvianus*) se tuvieron 50 plantas por tratamiento, para un total de 200 plantas por especie, incluyendo el tratamiento control.

Estas plantas fueron tratadas cada semana con el extracto correspondiente durante un período de 6 meses, durante los cuales se evaluó el crecimiento y desarrollo. Entre los parámetros evaluados están la altura de la planta, grosor del tallo y número de hojas. Lo anterior se realizó en cámaras bioclimáticas para mantener condiciones ambientales bajo control.



Figura 3. Extractos obtenidos a partir de plantas de petunia mexicana (*Ruellia nudiflora*) colectadas en los alrededores del área metropolitana de Monterrey.

Análisis estadístico

Se utilizó un diseño factorial completamente al azar con tres tratamientos y un testigo. Los factores de evaluación corresponden a las dos especies de plantas a evaluar y las partes de la planta (dos) usadas para la obtención del extracto. Los tratamientos fueron los extractos a emplear y la evaluación de los tratamientos se hizo considerando el registro mensual de las variables respuesta como son la altura de planta, grosor del tallo y número de hojas. Para el análisis de información se utilizó una prueba de ANOVA factorial y una prueba de Tukey para determinar si existen diferencias entre los extractos y/o entre las especies evaluadas. Los análisis se realizaron en el programa estadístico SPSS V 19.0.

RESULTADOS Y DISCUSION

Se obtuvieron tres extractos provenientes de las especies *Vachelia farnesiana* (T1), *Ruellia nudiflora* (T2), *Sorghum halepense* (T3) y un tratamiento control de agua destilada (T4).

Las plantas sobre las que se aplicaron los extractos son 50 ejemplares jóvenes de *Quercus virginiana* (encino) y 50 de *Cereus peruvianus* (cereus) para cada tratamiento y una cantidad igual para el control. En total se utilizaron 200 ejemplares por especie.

Las evaluaciones se realizaron durante los meses de agosto a enero para *Quercus virginiana* y de febrero a julio para *Cereus peruvianus*. Para lo anterior se midieron mensualmente tres variables en cada especie: 1) altura de la planta (cm), 2) diámetro del tallo (mm) y 3) número de hojas (*Q. virginiana*) o número de mamilas (*C. peruvianus*) en 50 ejemplares para cada tratamiento.

Efecto de los extractos sobre plantas de encino (*Quercus virginiana*)

Altura de la planta

En la Tabla 1 se muestran los resultados obtenidos con la aplicación de los tratamientos sobre la variable altura de la planta en ejemplares de *Q. virginiana*. En general se mostró un crecimiento proporcional en las plantas de los tres tratamientos y el testigo a lo largo del tiempo, y en todos ellos se apreció un incremento significativo en altura entre las fechas 4 y 5 (T3 y T4). La mayor altura promedio final se observó en las plantas con el tratamiento con extracto de *R. nudiflora* (67.68 cm), seguido de cerca por el tratamiento con extracto de *V. farnesiana* (66.28 cm), en tanto que los tratamientos con extracto de *S. halepense* y control registraron alturas promedio finales de 62.66 y 50.7 cm respectivamente. El análisis estadístico mostró diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.01$) a lo largo del periodo de estudio, y la comparación de medias reportó tres subconjuntos de homogeneidad, donde el primero y con la menor altura promedio final incluyó solo al tratamiento control (50.7 cm); el segundo subgrupo mostró

similitud estadística entre los tratamientos con extracto de *S. halepense* (altura final promedio de 62.66 mm) y *R. nudiflora* (67.68 cm), en tanto que el tercer subgrupo mostró similitud estadística para esta variable entre los tratamientos con extractos de *R. nudiflora* y *V. farnesiana* (66.28 cm).

En términos porcentuales el mayor incremento promedio en la variable de altura se registró en las plantas que presentaron menor altura final, que son el tratamiento control (136.92 %), y el tratamiento con extracto de *S. halepense* (115.18 %), en tanto que los tratamientos con mayor altura final fueron los que presentaron el menor incremento porcentual, estos son *R. nudiflora* (112.83 %) y *V. farnesiana* (99.52 %). Es importante mencionar que las alturas promedio de las plantas de los tratamientos control y *S. halepense* corresponden a las plantas con menor altura promedio inicial. El mayor crecimiento porcentual observado en estos tratamientos puede ser debido tal vez no a la aplicación del tratamiento, sino a que estas plantas al ser de menor tamaño, o más jóvenes, es posible que fisiológica y fenológicamente se encuentren en una etapa con mayor crecimiento en altura, en tanto que las plantas con mayor altura inicial posiblemente están en una etapa fisiológica diferente.

Tabla 1. Efecto de los tratamientos aplicados durante seis meses sobre la variable de “altura de planta” (cm) en plantas de encino (*Q. virginiana*).

Tiempo	Tratamientos (Extractos)			
	<i>V. farnesiana</i> (VF)	<i>R. nudiflora</i> (RN)	<i>S. halepense</i> (SH)	Control (CT)
Altura de la planta (cm)				
T 0	33.22 ± 8.14	31.8 ± 8.85	29.12 ± 6.92	21.4 ± 6.51
T 1	36.32 ± 8.38	33.6 ± 11.28	32.68 ± 8.15	23.6 ± 7.88
T 2	37.04 ± 9.09	34.98 ± 10.54	33.8 ± 8.36	24.86 ± 7.85
T 3	37.72 ± 9.03	35.26 ± 10.46	34.8 ± 8.36	25.44 ± 7.35
T 4	65.98 ± 12.03	63.56 ± 16.19	59.02 ± 12.02	46.76 ± 13.30
T 5	66.28 ± 13.17	67.68 ± 15.37	62.66 ± 10.97	50.7 ± 13.06

T0 = Fecha inicial, T1=mes 1, T2=mes 2, T3=mes 3, T4=mes 4 y T5=mes 5.

Diámetro del tallo

En la Tabla 2 se presentan los resultados obtenidos con la aplicación de los tratamientos sobre la variable diámetro del tallo en plantas de *Q. virginiana*. Estos resultados muestran una relación proporcional entre el diámetro inicial y el diámetro final en todos los tratamientos a lo largo del tiempo, siendo el tratamiento con mayor valor inicial promedio el que alcanza el mayor valor final promedio y así sucesivamente. Es importante señalar que en esta variable, al igual que en la variable de altura, se observó un mayor incremento en el diámetro del tallo entre las fechas 4 y 5 (T3 y T4) y solo en el tratamiento control este incremento fue menos notorio.

El tratamiento con extracto de *V. farnesiana* es el que alcanzó la mayor altura promedio al final del experimento (5.95 mm), seguido por los tratamientos con *R. nudiflora* y *S. halepense* (5.72 y 5.15 mm respectivamente) y el tratamiento con menor diámetro de tallo fue el control con un diámetro promedio final de 4.3 mm. Al igual que para la altura de la planta, la prueba de ANOVA mostró diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.01$) a lo largo del periodo de estudio, y la comparación de medias reportó también tres subconjuntos de homogeneidad, en el primero está el tratamiento control, en el segundo subgrupo esta el tratamiento con *S. halepense* y en el tercero se incluyen los tratamientos con *R. nudiflora* y *V. farnesiana* que son los que presentaron mayor diámetro al final del experimento y estadísticamente no son diferentes ($p > 0.05$).

Por otra parte, en términos porcentuales el tratamiento que presentó un mayor incremento en el diámetro del tallo a lo largo del periodo de estudio fue el extracto de *R. nudiflora* que mostró un aumento de 130.65 % entre el diámetro inicial y final, seguido por los tratamientos de *V. farnesiana* y *S. halepense* con incrementos de 127.10 y 120.09 % respectivamente; el tratamiento control presentó un incremento de 117.17 % en el diámetro del tallo respecto al valor inicial. Es importante señalar que los tratamientos con mayor incremento porcentual en el diámetro del tallo fueron los que a su vez presentaron menor incremento porcentual en la variable de altura de la planta (*R. nudiflora* y *V. farnesiana*).

Tabla 2. Efecto de los tratamientos aplicados durante seis meses sobre la variable de “diámetro del tallo” (mm) en plantas de encino (*Q. virginiana*).

Tiempo	Tratamientos			
	<i>V. farnesiana</i> (VF)	<i>R. nudiflora</i> (RN)	<i>S. halepense</i> (SH)	Control (CT)
	Diámetro del tallo (mm)			
T 0	2.62 ± 0.70	2.48 ± 0.61	2.34 ± 0.52	1.98 ± 0.14
T 1	3.58 ± 0.78	3.4 ± 0.73	2.94 ± 0.59	2.58 ± 0.50
T 2	3.86 ± 0.93	3.78 ± 0.89	3.42 ± 0.54	3.2 ± 0.45
T 3	4.02 ± 0.91	3.96 ± 0.83	3.5 ± 0.65	3.36 ± 0.52
T 4	5.84 ± 1.08	5.6 ± 1.21	5.0 ± 0.99	4.16 ± 1.11
T 5	5.95 ± 0.98	5.72 ± 0.89	5.15 ± 0.87	4.3 ± 0.91

T0 = Fecha inicial, T1=mes 1, T2=mes 2, T3=mes 3, T4=mes 4 y T5=mes 5.

Número de hojas

En la Tabla 3 se presentan los resultados de la aplicación de los tratamientos sobre la variable “número de hojas” en plantas de *Q. virginiana*. En esta variable se observó una menor relación proporcional entre los valores iniciales y finales de los tratamientos a lo largo del tiempo, particularmente en el tratamiento con extracto de *V. farnesiana*, en donde el número de hojas es significativamente mayor al resto de los tratamientos al final del periodo de estudio. También se observó que al igual que en las variables de altura y diámetro del tallo, el número de hojas se incrementó significativamente en todos los tratamientos entre las fechas 4 y 5 (T3 y T4).

Los resultados muestran que el tratamiento control fue el de menor valor promedio inicial en esta variable (15.96 hojas) y menor valor promedio final (61.06 hojas); seguido por el extracto de *S. halepense* (23.22 y 70.76, número promedio de hojas inicial y final respectivamente); sin embargo, el tratamiento con *V. farnesiana* presentó un menor valor inicial que *R. nudiflora* (25.22 y 26.48 respectivamente), pero el valor promedio final fue

mayor en *V. farnesiana* (94.28 hojas) respecto a *R. nudiflora* (78,12 hojas). El análisis de ANOVA mostró diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.01$) y la prueba de Tukey muestra que el tratamiento control es diferente al resto de los tratamientos, y el tratamiento con *R. nudiflora* es estadísticamente similar a *V. farnesiana* y *S. halepense*, pero *S. halepense* y *V. farnesiana* son diferentes ($p < 0.05$).

Es importante señalar también que en términos porcentuales, el tratamiento control es el que mostró un mayor incremento en el número de hojas al final del estudio con 282.58 %, seguido por el tratamiento con extracto de *V. farnesiana* (273.83 %). Los tratamientos con extracto de *S. halepense* y *R. nudiflora* mostraron incrementos menores en porcentaje con valores de 204.74 y 195.02 % respectivamente. Lo anterior, puede estar relacionado con la altura de la planta ya que en esa variable, el tratamiento control fue también el que presentó mayor incremento porcentual y esto posiblemente está relacionado con el número de nudos del tallo y por consecuencia el número de hojas. El tratamiento con *R. nudiflora* (menor incremento porcentual en número de hojas) es también el que presentó menor incremento porcentual en altura.

Tabla 3. Efecto de los tratamientos aplicados durante seis meses sobre la variable de “número de hojas” en plantas de encino (*Q. virginiana*).

Tiempo	Tratamientos			
	<i>V. farnesiana</i> (VF)	<i>R. nudiflora</i> (RN)	<i>S. halepense</i> (SH)	Control (CT)
Número de hojas				
T 0	25.22 ± 9.03	26.48 ± 13.37	23.22 ± 7.64	15.96 ± 7.14
T 1	28.32 ± 11.95	30.64 ± 15.56	27.42 ± 10.79	17.46 ± 8.13
T 2	30.7 ± 13.92	30.96 ± 16.24	28.48 ± 11.03	18.84 ± 8.57
T 3	31.7 ± 13.92	32.06 ± 15.70	29.92 ± 9.31	19.72 ± 7.60
T 4	87.78 ± 34.33	75.54 ± 38.01	65.38 ± 25.16	55.68 ± 28.41
T 5	94.28 ± 32.13	78.12 ± 36.24	70.76 ± 24.89	61.06 ± 28.96

T0 = Fecha inicial, T1=mes 1, T2=mes 2, T3=mes 3, T4=mes 4 y T5=mes 5.

Efecto de los extractos sobre plantas de cereus (*Cereus peruvianus*)

Altura de la planta

En la Tabla 4 se muestran los resultados obtenidos con la aplicación de los tratamientos sobre la variable altura de la planta en plantas de *C. peruvianus*. En general se observó una tendencia constante de crecimiento en las plantas de los tres tratamientos y el testigo a lo largo del tiempo, y el análisis estadístico de ANOVA factorial mostró diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.01$), las fechas ($p < 0.01$) y la interacción entre estos factores. Por otra parte, La comparación de medias reportó tres subconjuntos de homogeneidad en los tratamientos, donde el primero y con la menor altura promedio final incluyó al tratamiento control (236.25 mm) y el tratamiento con extracto de *S. halepense* (247.23 mm); el segundo subgrupo mostró similitud estadística entre los tratamientos con extracto de *S. halepense* (altura final promedio de 247.23 mm) y *R. nudiflora* (254.18 mm), en tanto que el tercer subgrupo esta integrado por los tratamientos que reportaron mayor altura promedio y que son los extractos de *R. nudiflora* (254.18 mm) y *V. farnesiana* (263.68 cm).

Tabla 4. Efecto de los tratamientos aplicados durante seis meses sobre la variable de “altura de la planta” (mm) en plantas de cereus (*C. peruvianus*).

Tiempo	Tratamientos			
	<i>V. farnesiana</i> (VF)	<i>R. nudiflora</i> (RN)	<i>S. halepense</i> (SH)	Control (CT)
Altura de la planta (mm)				
T 0	137.08 ± 20.57	137.13 ± 19.85	123.28 ± 25.53	134.7 ± 18.91
T 1	163.73 ± 29.67	163.05 ± 28.64	163.45 ± 27.54	164.55 ± 26.98
T 2	199.85 ± 23.01	203.18 ± 23.26	206.25 ± 23.19	205.28 ± 24.97
T 3	221.4 ± 14.65	220.35 ± 7.73	223.6 ± 10.80	217.03 ± 7.43
T 4	247.73 ± 10.80	242.03 ± 6.86	235.53 ± 6.73	228.3 ± 5.16
T 5	263.68 ± 8.93	254.18 ± 7.74	247.23 ± 7.18	236.25 ± 4.91

T0 = Fecha inicial, T1=mes 1, T2=mes 2, T3=mes 3, T4=mes 4 y T5=mes 5.

Es importante mencionar que el tratamiento con extracto de *V. farnesiana* presentó un efecto discreto en el crecimiento de las plantas durante los primeros meses, sin embargo, a partir del tercer mes se observó un mayor crecimiento que con el resto de los tratamientos, alcanzando la mayor altura al final del estudio (Figura 7). También es importante mencionar que el tratamiento con extracto de *S. halepense* fue el que presentó la menor altura inicial (123.28 mm), sin embargo, alcanzó una altura final de 247.23 mm, mayor a la del tratamiento control que fue el que reportó la menor altura final con 236.25 mm, a pesar de que tuvo una altura inicial de 134.7 mm. Por otra parte, el crecimiento porcentual observado en el tratamiento con extracto de *S. halepense* a lo largo del periodo de estudio fue de un 100.54 %, lo cual es mayor al tratamiento con *V. farnesiana* (tratamiento con mayor altura promedio final), el cual registró en términos porcentuales un crecimiento de solo 92.35 % a lo largo del periodo de estudio. Por su parte, los tratamientos con extracto de *R. nudiflora* y control registraron un incremento en la altura promedio de 85.36 % y 75.39 % respectivamente a lo largo del periodo de estudio.

Diámetro del tallo

En la Tabla 5 se presentan los resultados obtenidos con la aplicación de los tratamientos sobre la variable diámetro del tallo en plantas de *C. peruvianus*. Los resultados muestran que el diámetro promedio inicial (T0) de las plantas era muy similar en todos los tratamientos, no detectándose diferencias estadísticas ($p > 0.05$). El crecimiento en todos los tratamientos fue particularmente notorio entre las fechas 2 y 3 (T1 y T2), pero sin diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0.05$), posteriormente el crecimiento fue más discreto en todos los tratamientos. En las fechas 5 y 6 (T4 y T5) se observaron las mayores diferencias entre tratamientos ($p < 0.01$) para esta variable.

El tratamiento con extracto de *S. halepense* alcanzó el mayor diámetro de planta promedio al final del experimento (86.85 mm), seguido por los tratamientos con *R. nudiflora* y *V. farnesiana* (86.53 y 83.05 mm respectivamente) y el tratamiento con menor diámetro promedio fue el control 78.33 mm. Al igual que para la altura de la planta, la

prueba de ANOVA mostró diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.01$) a lo largo del periodo de estudio, y la comparación de medias reportó dos subconjuntos de homogeneidad, en el primero están los tratamientos control y extracto de *V. farnesiana* con los menores valores promedio finales de ancho de planta (78.33 y 83.05 mm respectivamente); en el segundo subgrupo y por tanto estadísticamente similares están los tratamientos con extracto de *R. nudiflora* y *S. halepense* (86.53 y 86.85 mm respectivamente) que son los que presentaron mayor diámetro al final del experimento.

Tabla 5. Efecto de los tratamientos aplicados durante seis meses sobre la variable de “diámetro del tallo” (mm) en plantas de cereus (*C. peruvianus*).

Tiempo	Tratamientos			
	<i>V. farnesiana</i> (VF)	<i>R. nudiflora</i> (RN)	<i>S. halepense</i> (SH)	Control (CT)
Diámetro del tallo (mm)				
T 0	25.55 ± 2.35	25.45 ± 2.70	24.43 ± 2.87	25.63 ± 2.80
T 1	35.68 ± 8.59	35.9 ± 9.18	34.95 ± 9.57	35.9 ± 9.01
T 2	65.03 ± 9.46	68.23 ± 9.46	68.2 ± 9.33	67.33 ± 10.37
T 3	68.83 ± 6.51	74.9 ± 4.96	75.55 ± 4.04	71.18 ± 5.39
T 4	76.28 ± 5.85	82.23 ± 6.70	83.68 ± 5.27	75.63 ± 5.18
T 5	83.05 ± 2.81	86.53 ± 4.50	86.85 ± 4.42	78.33 ± 5.38

T0 = Fecha inicial, T1=mes 1, T2=mes 2, T3=mes 3, T4=mes 4 y T5=mes 5.

En términos porcentuales el mayor aumento en el diámetro promedio de las plantas de *C. peruvianus* a lo largo del estudio se observó en el tratamiento con extracto de *S. halepense* con un 255.51 % y el menor aumento se registró en el tratamiento control

205.62 %. Por su parte, los tratamientos con extracto de *R. nudiflora* y *V. farnesiana* registraron un aumento de 240 y 225.05 % respectivamente.

Número de mamilas

En la Tabla 6 se presentan los resultados de la aplicación de los tratamientos sobre la variable “número de mamilas” en plantas de *C. peruvianus*. Los resultados para esta variable muestran en términos generales que hay semejanza entre los tratamientos y el control a lo largo del periodo de estudio, observándose también que el periodo entre las fechas 2 y 3 (T1 y T2) es donde se presentó el mayor aumento en los valores promedio de esta variable. El análisis de varianza factorial muestra que no hay diferencias entre los tratamientos ($p>0.05$), pero si entre las fechas ($p<0.01$).

Los valores promedio iniciales (T0) para esta variable muestran que las plantas del tratamiento con extracto de *V. farnesiana* presentaron el menor número promedio de mamilas con 6.3, en tanto que el mayor número promedio se observó en las plantas del tratamiento con *V. farnesiana* con 7.7. No se observaron diferencias estadísticas entre tratamientos en esta fecha ($p>0.05$). En las fechas 2, 3 y 5 (T1, T2 y T4) tampoco se detectaron diferencias estadísticas ($p<0.05$) entre los tratamientos respecto al número de mamilas en las plantas de *C. peruvianus*. Sin embargo, las fechas 4 y 6 (T3 y T5) si mostraron diferencias estadísticas respecto a esta variable ($p<0.05$), y la prueba de Tukey ($p<0.05$) reportó la formación de dos subgrupos en ambas fechas. En la fecha 4 ambos subgrupos incluyen tres tratamientos, siendo los tratamientos diferentes *V. farnesiana* y *S. halepense* con 33.65 y 35.83 mamilas en promedio respectivamente. En la fecha 6 los tratamientos diferentes son *V. farnesiana* y *R. nudiflora* (38.38 y 41.08 mamilas en promedio respectivamente).

En términos porcentuales el tratamiento con extracto de *V. farnesiana* presentó el menor aumento en el número de mamilas con 398.44 % a lo largo del periodo de estudio, en tanto que el tratamiento con extracto de *S. halepense* mostró el mayor aumento promedio con 517.46 %. Los tratamientos control y extracto de *R. nudiflora* presentaron

aumentos en el número promedio de mamilas a lo largo del periodo de estudio de 422.01 % y 460.44 % respectivamente.

Tabla 6. Efecto de los tratamientos aplicados durante seis meses sobre la variable de “número de mamilas” en plantas de cereus (*C. peruvianus*).

Tiempo	Tratamientos			
	<i>V. farnesiana</i> (VF)	<i>R. nudiflora</i> (RN)	<i>S. halepense</i> (SH)	Control (CT)
Número de mamilas				
T 0	7.7 ± 2.78	7.33 ± 2.89	6.3 ± 2.37	7.63 ± 2.62
T 1	12.48 ± 3.14	11.83 ± 3.12	11.63 ± 3.39	11.63 ± 3.39
T 2	28.03 ± 6.05	29.03 ± 6.70	30.0 ± 6.95	29.78 ± 6.97
T 3	33.65 ± 2.64	34.65 ± 4.03	35.83 ± 2.67	34.15 ± 4.30
T 4	36.98 ± 2.84	38.45 ± 4.28	37.58 ± 3.27	38.5 ± 3.45
T 5	38.38 ± 2.68	41.08 ± 3.64	38.9 ± 4.29	39.83 ± 5.02

T0 = Fecha inicial, T1=mes 1, T2=mes 2, T3=mes 3, T4=mes 4 y T5=mes 5.

De acuerdo a los resultados obtenidos en este estudio la aplicación de bioestimulantes mejoró el crecimiento en las plantas de encino (Figuras 4 y 5) como se pudo observar en las variables estudiadas de altura de la planta, diámetro del tallo y número de hojas. Lo anterior parece indicar que estos biofertilizantes pueden ser más efectivos que los fertilizantes químicos en el crecimiento de las plantas, por ejemplo, Peña et al. (2017), evaluaron el efecto de un promotor de crecimiento en plantas de frijol, encontrando un efecto positivo en el crecimiento y desarrollo de la planta, propiciando un mayor crecimiento de los tallos, incremento en el número de hojas y mayor superficie foliar; también aumentó la etapa fenológica de la planta y mayor rendimiento del cultivo.

Al respecto se sabe que los aminoácidos presentes en los biofertilizantes tienen un papel importante en la biosíntesis de compuestos metabólicos secundarios (Adedirán y Akande, 2005). Por su parte, González (2017) menciona que los bioestimulantes son sustancias orgánicas que se utilizan para potenciar el crecimiento y desarrollo de las plantas y entregar mayor resistencia a las condiciones de estrés bióticos y abióticos, tales como temperaturas extremas, estrés hídrico por déficit o exceso de humedad, salinidad, toxicidad, incidencia de plagas y/o enfermedades. Thomas et al. (2009), reporta que los aminoácidos libres se incorporan al metabolismo para sintetizar sustancias que se encuentran biológicamente activas como clorofila, indol-3-acético, vitaminas y enzimas. Eghball et al. (2004), mencionan que los aminoácidos están íntimamente relacionados con la nutrición, el crecimiento y desarrollo vegetal, tanto con las sustancias nitrogenadas imprescindibles para la formación de compuestos estructurales funcionales o especiales, como también por su relación directa o indirecta con los mecanismos de regulación de crecimiento y desarrollo de la planta.



Figura 4. Plantas de *Q. virginiana* a los tres meses de edad, al iniciar los tratamientos con los extractos vegetales.



Figura 5. Plantas de *Q. virginiana* a los cinco meses de edad, posterior al inicio de la aplicación de los tratamientos con extractos vegetales.

El extracto de *V. farnesiana* aplicado a las plantas de encino registró los valores más altos en las variables de diámetro del tallo y número de hojas y solo en la variable de altura de la planta, el extracto de *R. nudiflora* alcanzó un valor ligeramente mayor que el de *V. farnesiana*. La aplicación del extracto de *S. halepense* mostró valores finales inferiores a los de *V. farnesiana* y *R. nudiflora* en las tres variables estudiadas en plantas de *Q. virginiana*, en tanto que el tratamiento control registró los valores promedio finales más bajos en todas las variables del estudio. Lo anterior es congruente con el efecto esperado de los extractos o biofertilizantes, tal como lo mencionan Colla *et al.* (2017), quienes indican que las proteínas tienen un gran potencial para mejorar el rendimiento del cultivo, en este caso en *Q. virginiana*. Popko (2018) realizó una mezcla líquida de aminoácidos y péptidos cortos donde el vigor de la planta alcanzó un nivel óptimo; según sus resultados se mostró un incremento mediante el uso de extractos vegetales de bajo peso molecular. Por su parte, Limbaña (2011), señala que los suplementos aminoacídicos de carácter natural aplicados a las plantas tienen un efecto positivo en la producción de

hormonas vegetales, en la producción de clorofila, auxinas, vitaminas y proteínas de naturaleza enzimática. Sin embargo, es importante mencionar que en el presente trabajo las plantas no tenían las mismas medidas promedio iniciales en las variables de estudio, por lo que debemos tomar con reserva los resultados obtenidos.

El Manual para la propagación de *Quercus* (Rodríguez-Acosta y Coombes, 2020) indica que una correcta fertilización consiste en que durante el período de germinación las plántulas satisfacen sus demandas energéticas de las reservas que ellas mismas poseen. Cuando inicia su crecimiento vegetativo demanda altas cantidades de nutrientes mismos que deben ser suministrados mediante la fertilización mineral. En este estudio, es posible que el uso de los bioestimulantes obtenidos a partir de extractos vegetales aportaron los nutrientes que requerían las plántulas para mejorar su rendimiento, aumentar su tasa de crecimiento y les proporcionaron los elementos necesarios para obtener plántulas más resistentes a plagas y enfermedades, ayudando al buen crecimiento de los encinos. Aslam (2001) indica que al agregar aminoácidos libres a los cultivos se reduce el gasto de energía ya que la síntesis de macromoléculas importantes para el desarrollo y crecimiento de las plantas implica una alta actividad metabólica. Por otra parte, Samudio-Cardozo (2020) indica que la utilización de bioestimulantes puede promover un aumento en la productividad de los cultivos mediante la mejora en la absorción y asimilación de nutrientes.

En el caso de las plantas de *C. peruvianus*, que es un cactus y los cuales en general se caracterizan por un crecimiento lento, se observó al igual que en las plántulas de *Q. virginiana*, un efecto positivo de los tratamientos con extractos de *V. farnesiana*, *R. nudiflora* y *S. halepense*. Esto fue particularmente notorio en las variables de altura promedio de las plantas y diámetro del tallo, en las cuales estos tratamientos presentaron valores promedio finales significativamente mayores al tratamiento control. Sin embargo, el efecto de los tratamientos no fue el mismo en ambas variables ya que en la variable de altura de planta, el tratamiento que registró mayor crecimiento promedio fue el extracto de *V. farnesiana*, seguido por *R. nudiflora* y *S. halepense*, en tanto que, en la variable de diámetro de la planta la tendencia observada fue inversa ya que el tratamiento con extracto

de *S. halepense* mostró el mayor valor promedio final, seguido muy de cerca por los extractos de *R. nudiflora* y *V. farnesiana*.

Un aspecto relevante que se observó en las variables de crecimiento estudiadas fue que en *Q. virginiana*, el mayor crecimiento se presentó entre las fechas 4 y 5 (T3 y T4) que corresponde principalmente al mes de noviembre, en tanto que en *C. peruvianus* el periodo de mayor crecimiento en las variables estudiadas correspondió a las fechas 2 y 3 (T1 y T2) que corresponden al periodo marzo-abril. Lo anterior podría estar relacionado con la diferente fecha en que se realizó cada uno de los experimentos, ya que el experimento con *Q. virginiana* se desarrolló de agosto a enero, en tanto que el experimento con *C. peruvianus* fue de febrero a julio. Es posible que en el caso de las plántulas de *Q. virginiana* por razones fisiológicas hayan iniciado su mayor desarrollo en el otoño (octubre-noviembre) y este desarrollo disminuyó significativamente en diciembre-enero (figuras 4, 5 y 6), periodo que coincide con la época de temperaturas más bajas. Por otra parte, en el experimento con *C. peruvianus* es posible que el mayor crecimiento observado en las variables estudiadas durante el periodo marzo-abril esté relacionado con las mejores condiciones ambientales de ese periodo.

CONCLUSIONES

- Los tratamientos con extractos de plantas de rápido crecimiento, conocidas como malezas, tales como *Vachelia farnesiana*, *Ruellia nudiflora* y *Sorghum halepense* utilizadas en este estudio, presentaron una respuesta positiva en las variables de crecimiento estudiadas en plantas de *Quercus virginiana* y *Cereus peruvianus*.
- El tratamiento control presentó los menores valores promedio finales en la mayoría de las variables estudiadas en las plantas de *Quercus virginiana* y *Cereus peruvianus*.
- El tratamiento con extracto de *Vachellia farnesiana* es el que mostró mejor respuesta general en las variables de crecimiento de *Quercus virginiana*.
- El tratamiento con extracto de *Sorghum halepense* mostró la mayor respuesta general de crecimiento en las variables estudiadas en *Cereus peruvianus*.
- El tratamiento con extracto de *V. farnesiana* mostró un mayor efecto en el crecimiento de las plantas de *Quercus virginiana* en las variables de diámetro del tallo y número de hojas al final del estudio.
- El tratamiento con extracto de *R. nudiflora* presentó un mayor efecto en la variable de altura de la planta en ejemplares de *Quercus virginiana* al final del estudio.
- El tratamiento con extracto de *V. farnesiana* mostró el mayor promedio final en la variable de altura de la planta en *Cereus peruvianus*.
- El tratamiento con extracto de *Sorghum halepense* mostró el mayor promedio final en la variable de diámetro del tallo en plantas de *Cereus peruvianus*.
- El tratamiento con extracto de *Ruellia nudiflora* presentó el mayor promedio final en la variable de número de mamilas en plantas de *Cereus peruvianus*.
- El mayor periodo de crecimiento se observó en el mes de noviembre para *Quercus virginiana* y marzo-abril para *Cereus peruvianus*.

PERSPECTIVAS

El uso de extractos vegetales de bajo peso molecular como el realizado en este y otros estudios parece ser prometedor para la estimulación del crecimiento y desarrollo de las plantas. Además de que por su origen presenta múltiples beneficios en términos económicos y principalmente ambientales.

Por otra parte, en este estudio se utilizaron plantas consideradas como malezas o invasoras para la obtención de los extractos, lo cual representa un beneficio adicional ya que permite dar un uso o aprovechamiento a este tipo de plantas y adicionalmente, es posible que al utilizar extractos de malezas o plantas invasoras con adaptaciones que les permiten un rápido crecimiento y sobrevivir en condiciones ambientales que parecen poco propicias para otras especies, se pudiera estimular el desarrollo de esas características en especies interés para el ser humano (alimenticias, medicinales, ornamentales, etc.).

Los resultados obtenidos en el presente estudio muestran una tendencia que parece indicar que los extractos de las plantas conocidas como malezas pueden estimular de manera significativa el crecimiento y desarrollo de otras especies vegetales, sin embargo, es necesario realizar estudios más amplios que permitan responder preguntas tales como: ¿los extractos de todas las malezas tienen el mismo efecto?, ¿la respuesta observada se mantiene a lo largo del tiempo?, ¿el uso de estos extractos presenta algún efecto secundario o nocivo en las plantas?, ¿estos extractos se pueden aplicar en cualquier tipo de planta?, ¿que procesos bioquímicos y/o fisiológicos son el blanco de estas sustancias?, entre muchas otras preguntas. Para esto habrá que realizar estudios que cubran aspectos tales como: a) periodos de estudio mayores para conocer la respuesta de la aplicación de estos extractos a largo plazo, b) evaluar extractos de más especies, invasoras y de otros tipos y c) probar estos extractos sobre una mayor diversidad de tipos de plantas con diferentes ciclos biológicos (anuales, bianuales, perennes) y diferentes formas biológicas (hierbas, arbustos, árboles, etc.). Adicionalmente es importante caracterizar el contenido molecular de los extractos para conocer las moléculas responsables de esta respuesta y en estudios de fisiología vegetal determinar el papel bioquímico y fisiológico que cumplen estas sustancias en la planta.

LITERATURA CONSULTADA

Acuña O, Simbaña C. 2010. Estudio de las propiedades físicas y funcionales de un hidrolizado enzimático de proteína de chocho a escala piloto y su aplicación como fertilizante. *Revista Politécnica*, 29(1).

Adediran JA, Akande MO. 2005. Effect of organic root plus (biostimulant) on nutrient content, growth and yield of tomato. *NigerJ Soil Sci* 15:26-36.

Adebayo AO, Adebayo JO. 2014. Effect of fertilizer types on the growth and yield of *Amaranthus caudatus* in Ilorin, Southern Guinea, Savanna Zone of Nigeria. *Advances in Agriculture*, 2014.

Aharoni A, Galili G. 2011. Metabolic engineering of the plant primary–secondary metabolism interface. *Curr. Opin. Biotechnol.* 22: 239–244. doi:10.1016/j.copbio.2010.11.004

Allendorf FW, Lundquist LL. 2003. Introduction: Population Biology, Evolution, and Control of Invasive Species. *Conservation Biology* 17: 24-30.

Aslam M, Travis RL, Rains DW. 2001. Differential effect of amino acids on nitrate uptake and reduction systems in barley roots. *Plant Sci* 160: 219-228.

Attarde, SB, Narkhede SD, Patil RP, Ingle ST. 2012. Effect of organic and inorganic fertilizers on growth and nutrient content of [*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench], 4(10): 137-140.

Barneix AJ, Causin HF. 1996. The central role of amino acids on nitrogen utilization and plant growth. *J Plant Physiol* 149: 358-362.

Baque MA, Karim MA, Hamid A, Tetsushi H. 2006. Effects of fertilizer potassium on growth, yield and nutrient uptake of wheat (*Triticum aestivum*) under water stress conditions. *South Pacific Studies*, 27(1): 25-35.

Betancourt L. 1997. Producción, purificación y caracterización de la ficocianina de Biofertilizantes de última generación. Feria de calidad ambiental y Ecoeficiencia. Murcia, España.

Bloor JM, Grubb PJ. 2003. Crecimiento y mortalidad en condiciones de luz alta y baja: tendencias entre 15 especies de árboles de la selva tropical tolerantes a la sombra. *Revista de ecología*, 91 (1), 77-85.

Borowitzka MA. 1994. Microalgae as sources of pharmaceutical and other biologically active compounds. In Lee Y. K. (ed.) , *Algal biotechnology : Trends and oportunities* (J. Appl. Phycol. 7/1-2: 3-5).

Campobenedetto C, Mannino G, Beekwilder J, Contartese V, Karlova R, Berteza CM. 2021. The application of a biostimulant based on tannins affects root architecture and improves tolerance to salinity in tomato plants. *Scientific reports*, 11(1), 354. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-79770-5>

Campobenedetto C, Grange E, Mannino G, van Arkel J, Beekwilder J, Karlova R, Garabello C, Contartese V, Berteza C M. 2020. A Biostimulant Seed Treatment Improved Heat Stress Tolerance During Cucumber Seed Germination by Acting on the Antioxidant System and Glyoxylate Cycle. *Frontiers in plant science*, 11, 836. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00836>

Caputo C, Barneix AJ. 1997. Export of amino acids to the phloem in relation to N supply in wheat. *Physiol Plant* 101: 853-860.

CASAFE. 2005. Fertilizantes. Argentina: <http://www.casafe.org>

Chen Z, Huang J, He J, Cai K. 1997. Influence of L-tryptophan applied to soil on yield and nutrient uptake of cabbage (Chinese). *Acta Ped Sinica* 34:200-205.

Choudhury ATMA, Kennedy IR. 2004. Prospects and potentials for systems of biological nitrogen fixation in sustainable rice production. *Biology and Fertility of Soils*, 39(4), 219-227.

Ciferri O. 1983. *Spirulina*, the Edible Microorganism. Microbiological Reviews. Department of Genetics and Microbiology, University of Pavia. Italia.

Colla G, Rouphael Y, Canaguier R, Svecova E, Cardarelli M. 2014. Biostimulant action of a plant-derived protein hydrolysate produced through enzymatic hydrolysis. *Frontiers in Plant Science*, 5, 448. <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00448>

Colla G, Hoagland L, Ruzzi M, Cardarelli M, Bonini P, Canaguier R, Rouphael Y. 2017. Biostimulant Action of Protein Hydrolysates: Unraveling Their Effects on Plant Physiology and Microbiome. *Frontiers in Plant Science*, 8, 2202. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.02202>.

Cubero D, Vieira M. 1999. Abonos orgánicos y fertilizantes químicos ¿Son compatibles con la agricultura? XI Congreso Nacional Agronómico /III Congreso Nacional de Suelos.

Daniel TF, Acosta-Castellanos S. 2003. Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Fascículo 117. Acanthaceae. 173 pp.

Decara L, Sandoval G, Funes C. 2004. El uso de biodigestores en sistemas caprinos de la provincia de Córdoba. Tecnologías que mejoren la actividad ganadera, favoreciendo el cuidado ambiental. 27 Congreso Argentino de Producción Animal.

Dhanasekar R, Dhandapani R. 2012. Effect of biofertilizers on the growth of *Helianthus annuus*. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Science* 2(4): 143-147.

do Rosário Rosa V, Farias Dos Santos AL, Alves da Silva A, Peduti Vicentini Sab M, Germino GH, Barcellos Cardoso F, de Almeida Silva M. 2021. Increased soybean tolerance to water deficiency through biostimulant based on fulvic acids and *Ascophyllum nodosum* (L.) seaweed extract. *Plant Physiol Biochem.* Jan;158:228-243. doi: 10.1016/j.plaphy.2020.11.008.

Erfmeier A, Bruelheide H. 2005. Invasive and native *Rhododendron ponticum* populations: is there evidence for genotypic differences in germination and growth?. *Ecography*, 28(4), 417-428.

Ertani A, Pizzeghello D, Francioso O, Tinti A, Nardi S. 2016. Biological Activity of Vegetal Extracts Containing Phenols on Plant Metabolism. *Molecules* (Basel, Switzerland), 21(2), 205. <https://doi.org/10.3390/molecules21020205>

Eghball B, Ginting D, Gilley JE. 2004. Residual effects of manure and compost applications on corn production and soil properties. *Agron J* 96:442-447.

Espinoza Y. 2009. Efecto de la alimentación animal sobre la calidad microbiológica de estiércoles usados como fertilizantes. *Zootecnia Tropical* 27:151-161.

FAO. 1985. Manual on fertilizer distribution. FAO Fertilizer and plant nutrition bulletin 8. Rome, Italy.

Fenner M. 1983. Relationships between seed weight, ash content and seedling growth in twenty-four species of Compositae. *New Phytologist*, 95(4), 697-706.

Gawronaka H. 2008. Biostimulators in modern agriculture (general aspects). Arysta Life Science. Published by the editorial House WiesJutra, Limited. Warsaw 7: 25-89.

Gollan T, Schurr U, Schulze ED. 1992. Stomatal response to drying soil in relation to changes in the xylem sap composition of *Helianthus annuus*. I. The concentration of cations, anions, amino acids in, and pH of, the xylem sap. *Plant, Cell & Environment*, 15(5), 551-559.

Gholami A, Shahsavani S, Nezarat S. 2009. The effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on germination, seedling growth and yield of maize. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 49, 19-24.

Glinicki R, Sas-Paszt L, Jadczyk-Tobjasz E. 2010. The effect of plant stimulant/fertilizer "Resistim" on growth and development of strawberry plant. *J Fruit Ornam Plant Res* 18(1):111-124.

González A, Riquelme JS, France IA, Uribe CH, Robledo MP, Morales CG, Hirzel CJ, Pedreros LA, Defilippi BB, Becerra CC. 2017. Uso de bioestimulantes. Manual de manejo agronómico del arándano 6, 43-47.

Guañua C. 2010. Fertilizantes para todo tipo de cultivos. Agroquímicos del Ecuador. Quito, Ecuador.

Harms WR. 1990. *Quercus virginiana* Mill. Live oak. In: Burns, R. M., B. H. Honkala. Technical coordinators. Silvics of North America. Vol. 2 Hardwood. Agric. Handb. 654. Washington, DC. U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 751-754 pp.

Khan S, Yu H, Li Q, Gao Y, Sallam BN, Wang H, Liu P. 2019. Exogenous Application of Amino Acids Improves the Growth and Yield of Lettuce by Enhancing Photosynthetic Assimilation and Nutrient Availability. *Agronomy*, 9(5), 266. MDPI AG. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.3390/agronomy9050266>

Kim YS. 2002. The effect of mixed amino acid on nitrate uptake in rice, pea, cucumber and red pepper. Master of Agriculture Degree Thesis, Department of Agricultural Chemistry, College of Agriculture and Biotechnology, Chungnam National University, Daejeon, Korea.

Kumschick S, Hufbauer RA, Alba C, Blumenthal DM. 2013. Evolución de fenotipos de crecimiento rápido y más resistentes en gordolobo común introducido (*Verbascum thapsus*). *Revista de Ecología* 101 (2), 378-387.

Labrador MJ. 1996. La Materia Orgánica en los Agrosistemas. Primera Edición. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Mundi-Prensa. Madrid. 193 p.

Lavergne S, Molofsky J. 2007. Increased genetic variation and evolutionary potential drive the success of an invasive grass. *Proc Natl Acad Sci USA* 104(10):3883-3888.

Liu XQ, Kim YS, Lee KS. 2005. The effect of mixed amino acids on nitrate uptake and nitrate assimilation in leafy radish. *Kor. J. Environ. Agr.* 24:245-252.

Liu X, Ren G, Shi Y. 2011. The effect of organic manure and chemical fertilizer on growth and development of *Stevia rebaudiana* Bertoni. *Energy Procedia*, 5, 1200-1204.

Mali GV, Bodhankar MG. 2009. Antifungal and phytohormone production potential of *Azotobacter chroococcum* isolates from Groundnut (*Arachis hypogea* L.) rhizosphere. *Asian J Exp Sci*, 23(1), 293-7.

McNaughton SJ, Wallace LL, Coughenour MB. 1983. Plant adaptation in an ecosystem context: effects of defoliation, nitrogen, and water on growth of an African C4 sedge. *Ecology*, 64(2), 307-318.

Michalski T. 2008. Possibilities of maize production increase using non- conventional technologies,”in *Monographs series: Biostimulators in Modern Agriculture. General Aspects*, ed H. Gawrońska (Warsaw: Wie’s Jutra) ,30–53.

Missouri Botanical Garden. 2010. *Ruellia nudiflora*. In: *Flora de Nicaragua*. <http://www.tropicos.org/Name/100966?projectid=7>. Consultado el 29 de octubre de 2020.

Motz RW. 1997. Acorn collection, storage, sorting, and planting for the establishment of native oaks without supplemental irrigation. In: *Symposium on oak woodlands: Ecology, management and urban Inetrface Issues*. Marzo 19’22. 1996. San Luis Obispo, California.

Morte A, Gutiérrez A, Dreyer B, Torrente P, Honrubia M. 2004. Biofertilizantes de última generación. *Feria de calidad ambiental y Ecoeficiencia*. Murcia, España. Junio 1-2.

Nash DG, Williams LO. 1974. *Flora of Guatemala. Acanthaceae*. *Fieldiana: Botany*. Volume 24 (3 y 4): 436-437.

Oad FCV, Buriro A, Agla SK. 2004. Effect of organic and inorganic fertilizer application maize fodder production. *Asian J. Plant Sci*. 3:375-377.

Piña-Guillen J, García Meneses G, Herrera López H, Flores Torres JA. 2016. Valoración de cepas silvestres de *Azospirillum* sp y *Gluconacetobacter* sp como promotoras de crecimiento vegetal. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 7(28): 1613-1623.

Popko M, Michalak I, Wilk R, Gramza M, Chojnacka K., Górecki H. 2018. Effect of the New Plant Growth Biostimulants Based on Amino Acids on Yield and Grain Quality of Winter Wheat. *Molecules* (Basel, Switzerland), 23(2), 470. <https://doi.org/10.3390/molecules23020470>

Poorter L. 1999. Growth responses of fifteen rain forest tree species to a light gradient : the relative importance of morphological and physiological traits. *Functional Ecology*. 13. 10.1046/j.1365-2435.1999.00332.x.

Peña Calzada K, Carlos Rodríguez J, Olivera D, León Orellana N, Lugones Y. 2017. Efecto de un promotor del crecimiento en el comportamiento productivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Avances en investigación agropecuaria*, 21(1).

Rodríguez-Acosta M, Coombes AJ. 2020. Manual para la propagación de *Quercus*: una guía fácil y rápida para cultivar encinos en México y América Central. Puebla, México

Samudio-Cardozo GR. 2020. Influencia de bioestimulantes sobre características agronómicas de la soja (*Glycine max* (L.) Merrill). San Lorenzo, Paraguay.

Shang L, Qiu S, Huang J, Li B. 2014. Invasion of *Spartina alterniflora* in China is greatly facilitated by increased growth and clonality: a comparative study of native and introduced populations. *Biol. Invasions*, 17 (5): 1327-1339

Sowmyamala BV, Kumar RV, Nagaraj HT, Kulkarni BS, Hiremath JB, Turamari RM. 2012. Effect of organic and inorganic fertilizers on plant height, spread and flower diameter of gaillardia (*Gaillardia pulchella*). *Inter J Applied Biol Pharma Technol*, 3, 53-57.

Tonfack LB, Bernadac A, Youmbi E, Mbouapouognigni VP, Ngueguim M, Akoa A. 2009. Impact of organic and inorganic fertilizers on tomato vigor, yield and fruit composition under tropical andosol soil conditions. *Fruits*, 64(3), 167-177.

Torres-Moya E, Ariza-Suárez D, Baena-Aristizabal CD, Cortés-Gómez S, Becerra-Mutis L, Riaño-Hernández CA. 2016. Efecto de la fertilización en el crecimiento y desarrollo del cultivo de la avena (*Avena sativa*). Pastos y forrajes, 39(2).

Thomas J, Mandal A, Kumar R, Chordia A. 2009. Role of biologically active amino acid formulations on quality and crop productivity of tea (*Camellia* sp.). Int. J. Agric. Res. 4:228-36.

Ugolini L, Cinti S, Righetti L, Stefan A, Matteo R, D'Avino L, Lazzeri L. 2015. Production of an enzymatic protein hydrolyzate from defatted sunflowerseed meal for potential application as a plant biostimulant. Industrial Crops and Products, 75, 15–23. doi:10.1016/j.indcrop.2014.11.026

Uka UN, Chukwuka KS, Iwuagwu M. 2013. Relative effect of organic and inorganic fertilizers on the growth of okra [*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench]. Journal of Agricultural Sciences, Belgrade, 58(3), 159-166.

Weraduwege SM, Chen J, Anozie FC, Morales A, Weise SE, Sharkey TD. 2015. The relationship between leaf area growth and biomass accumulation in *Arabidopsis thaliana*. Frontiers in Plant Science, 6, 167.

Winter H, Lohaus G, Heldt HW. 1992. Phloem transport of amino acids in relation to their cytosolic levels in barley leaves. Plant Physiol 99:996-1004.

Wong M, Jiménez E. 2009. Comparación del efecto de 2 biofertilizantes líquidos a base de estiércol caprino y vacuno sobre parámetros de crecimiento de algarrobo (*Prosopis juliflora* (Sw.)). 1-7. <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/509/1/998.pdf>

Zulfiqar F, Casadesús A, Brockman H, Munné-Bosch S. 2020. An overview of plant-based natural biostimulants for sustainable horticulture with a particular focus on moringa leaf extracts. Plant Science: an International Journal of Experimental Plant Biology, 295, 110194. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2019.110194>